

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
Programa de Pós-Graduação Profissional em Ensino de Física**

**ABORDAGEM DA TERMODINÂMICA A PARTIR DE TEMAS
SOCIOCIENTÍFICOS: CONTRIBUIÇÃO PARA O APRIMORAMENTO DA
CAPACIDADE ARGUMENTATIVA DE ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO**

LUCAS CARVALHO DA CONCEIÇÃO

**São Cristóvão – SE
Maio/2022**

LUCAS CARVALHO DA CONCEIÇÃO

**ABORDAGEM DA TERMODINÂMICA A PARTIR DE TEMAS
SOCIOCIENTÍFICOS: CONTRIBUIÇÃO PARA O APRIMORAMENTO DA
CAPACIDADE ARGUMENTATIVA DE ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO**

LUCAS CARVALHO DA CONCEIÇÃO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de Sergipe, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física, sob a orientação da Profa. Dra. Divanizia do Nascimento Souza.

**São Cristóvão – SE
Maio/2022**

LUCAS CARVALHO DA CONCEIÇÃO

ABORDAGEM DA TERMODINÂMICA A PARTIR DE TEMAS SOCIOCIENTÍFICOS: CONTRIBUIÇÃO PARA O APRIMORAMENTO DA CAPACIDADE ARGUMENTATIVA DE ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO

Essa dissertação foi julgada e aprovada para obtenção do título de Mestre em Física, no Programa de Pós-Graduação Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de Sergipe.

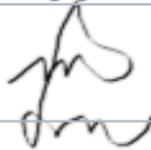
13 de Maio de 2022 - São Cristóvão – SE

Prof. Dr. Tiago Nery Ribeiro

Coordenador do Programa

Banca Examinadora:


Prof.^a Dr.^a DIVANIZIA DO NASCIMENTO SOUZA
(Universidade Federal de Sergipe - UFS - Presidente)


Prof. Dr. MARCELO TADEU MOTOKANE
(Universidade de São Paulo - USP)


Prof.^a Dr.^a MÁRCIA REGINA PEREIRA ATTIE
(Universidade Federal de Sergipe - UFS)

“A ciência e consciência de que a educação é uma importante forma de atuação no mundo mostra-nos, a cada dia, a necessidade de que ensinemos não porque é uma obrigação do professor face aos documentos curriculares, mas porque ensinar permite educar; e educar permite participar do mundo, como sujeito transformador e em transformação”

Lúcia Helena Sasseron (2020, p.46)

Agradecimentos

É importante sempre agradecer a Deus por nos conceder o dom da vida, e com ela ter momentos plenos em nossa rápida existência.

À orientadora Prof.^a Diviniza do Nascimento Souza, meus sinceros agradecimentos por juntos termos construído este trabalho.

À família, pela imensa colaboração e apoio nos momentos difíceis, especialmente minha mãe Josimary, minha esposa Deyse e meu filho Jonas, o qual nasceu no início do mestrado e acompanhou toda minha evolução no curso, assim como eu acompanho também a dele em seu início de vida.

Não esquecer de duas grandes amigas que conheci no mestrado e construí um bom relacionamento, Erika e Carla, boas pessoas que me ajudaram a continuar firme no projeto.

Por fim, à CAPES, à SBF, ao MNPEF e à UFS pela oportunidade de realizar esse mestrado.

ABORDAGEM DA TERMODINÂMICA A PARTIR DE TEMAS SOCIOCIENTÍFICOS: CONTRIBUIÇÃO PARA O APRIMORAMENTO DA CAPACIDADE ARGUMENTATIVA DE ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO

RESUMO

Na Educação Básica, a abordagem de temas sociocientíficos auxilia na promoção de prática da argumentação dos alunos, repercutindo positivamente na formação plena desses. Enquanto os temas sociocientíficos envolvem questões relevantes da vida cotidiana e futura dos alunos, a prática argumentativa promove a externalização daquilo que foi aprendido por eles. A análise dos argumentos dos alunos nos auxilia no entendimento daquilo que é aprendido por eles ao longo da abordagem dos assuntos que compõem os componentes curriculares. Partindo desses pressupostos, este trabalho tem como objetivo apresentar um produto educacional para professores de Física composto por atividades experimentais sobre temas sociocientíficos relacionados com efeito estufa e aquecimento global, com foco no ensino de termodinâmica. As atividades, em uma sequência de ensino investigativa (SEI), foram organizadas de modo a fomentar a prática de avaliação da aprendizagem por meio da análise das habilidades argumentativas de estudantes da Educação Básica. A SEI foi organizada com base no ciclo investigativo proposto por Pedaste *et al.* (2005), que se constitui pelas fases de orientação, conceitualização, investigação, conclusão e discussão sobre o tema de interesse. A experimentação do produto foi realizada em uma turma da segunda série do Ensino Médio de uma escola pública, ao longo de seis aulas. O produto educacional contribuiu como ferramenta para a argumentação dos alunos acerca de efeito estufa e aquecimento global com aporte de conceitos de termodinâmica. No entanto, para que os estudantes possam argumentar de forma mais ampla é preciso fomentar a inserção de momentos de discussão nas atividades escolares e abordar mais rotineiramente temas sociocientíficos, proporcionando espaços de diálogo em sala de aula.

Palavras-Chave: Aprendizagem de Física; Argumentação; Termodinâmica; Temas Sociocientíficos; Investigação.

**APPROACH TO THERMODYNAMICS FROM SOCIO-SCIENTIFIC
THEMES: CONTRIBUTION TO THE IMPROVEMENT OF
ARGUMENTATIVE SKILLS IN HIGH SCHOOL STUDENTS**

ABSTRACT

In Elementary Education, the addressing of socio-scientific themes assists in promoting the practice of argumentation by students, which in turn affects positively their thorough formation. While socio -scientific themes involve relevant issues of students' daily and future life, argumentative practice promotes the externalization of what was learned by them. The analysis of students' arguments helps us in understanding what is learned by them through the studying of the subjects that make up the curriculum components. Based on these assumptions, this work aims to present an educational product for Physics teachers composed of experimental activities on socio-scientific topics related to the Greenhouse Effect and Global Warming, focusing on teaching thermodynamics. The activities, in a Sequence of Investigative Teaching (SIT), were organized to foster the habit of learning assessment by analyzing the argumentative skills of students of the Elementary Education. The SIT was organized based on the investigative cycle proposed by PEDASTE et al. (2005), which is constituted by the phases of orientation, conceptualization, investigation, conclusion and discussion on the theme of interest. The experimentation of the product was performed in a class of the second year of High School in a public institution, through six lectures. The educational product contributed as a tool for the students' debate about the Greenhouse Effect and Global Warming with thermodynamic concepts. However, in order for students to argue more broadly, it is necessary to foster the insertion of moments of discussion in school activities and more routinely addressing socio-scientific themes, providing opportunities for dialogue in the classroom.

Keywords: Physics learning; Argumentation; Thermodynamic; Socio-Scientific Themes; Investigation

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	9
2. ENSINO POR INVESTIGAÇÃO E ARGUMENTAÇÃO	13
2.1. Ensino por Investigação	13
2.2 Temas Sociocientíficos.....	17
2.3. Argumentação no Ensino de Ciências.....	19
2.4. Estudos com Interesse em Argumentação de Estudantes.....	24
3. CONCEITOS TERMODINÂMICOS	29
3.1 Breve Histórico sobre Termodinâmica.....	29
3.2 O Ensino de Termodinâmica.....	30
3.3 Definição de Calor, Temperatura e Equilíbrio Térmico.....	33
3.4 Transmissão de Calor.....	36
4. MATERIAIS E MÉTODOS	41
4.1 Etapas da Sequência de Ensino Investigativa.....	41
4.3 Análise dos Dados.....	44
4.4 Materiais Empregados nos Experimentos.....	44
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	45
5.1 Aula 1- Orientação	46
5.2 Aula 2 - Conceitualização	51
5.3 Aula 3 e 4 - Investigação	54
5.4 Aula 5 – Conclusão	60
5.5 Aula 6 – Discussão	63
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	66
REFERÊNCIAS	68
APÊNDICE – Material a ser Utilizado pelos Alunos na SEI	73

1. INTRODUÇÃO

A argumentação é um ato inerente ao ser humano; durante diálogos uma pessoa expõe suas opiniões esperando que o ouvinte seja convencido. Nessa ação, ela apresenta informações com o intuito de fortalecer os seus argumentos. Esse processo se desenvolve naturalmente em meio às relações sociais. Da mesma forma, durante os processos de ensino, o professor se utiliza de argumentos para mostrar que as informações apresentadas por ele em sala de aula são importantes para a vida do aluno, e esse concorda com as novas informações ou as refuta. Na dinâmica do ensino o ato de argumentar é inerente e ocorre em todos os momentos, até mesmo naqueles em que não há comunicação verbal e direta (BARBISAN, 2007).

No processo educacional, a motivação para a argumentação contribui para desenvolver a capacidade de raciocínio dos estudantes e promover a participação deles em discussões sobre temas envolvendo questões sociocientíficas e na resolução de problemáticas do cotidiano (BRITO; SÁ, 2010).

As questões sociocientíficas geram discussões em torno de um acontecimento, em que são levantadas hipóteses de resolução da problemática em questão e são apresentados argumentos sobre essas hipóteses ou propostas. Entre os envolvidos em uma discussão, um tenta convencer o outro sobre sua fala; dessa forma, também são construídas refutações sobre o que foi dito para contrapor a ideia inicial e sustentar uma nova informação (MARTÍNEZ PÉREZ, 2012).

Segundo Silva e Souza (2020), a oportunidade de argumentar e ouvir os argumentos de seus colegas contribui para os alunos compreenderem que as explicações que são apresentadas pelos professores foram construídas e se modificam de acordo com contextos econômicos, culturais e sociais. Ainda, de acordo com as autoras, a prática argumentativa promove a troca de informações entre os alunos, favorecendo assim a ideia de construção da ciência. Com isso, os alunos sentem que podem contribuir com o desenvolvimento dos assuntos abordados nas disciplinas, superando a ideia de que a ciência é concebida individualmente.

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para o Ensino Médio (BRASIL, 2018) orienta para a formação de estudantes críticos e conscientes, capazes de intervir em

questões relacionadas ao seu meio social, que sejam atuantes e conscientes das mudanças e interferências do homem sobre a sociedade. Esse documento traz dez competências essenciais a serem desenvolvidas ao longo da vida estudantil; a sétima competência a ser desenvolvida é a capacidade de argumentação, de defesa de ideias e pontos de vista, com objetivo de promover a capacidade crítica para discussão sobre situações que envolvam temas socioambientais, com o intuito de melhorar a consciência nas relações da sociedade com o meio ambiente, a ética e o cuidado com a preservação dos recursos naturais.

Considerando especificamente esta sétima competência apresentada pela BNCC, a ser desenvolvida com os alunos, é que se percebe a necessidade de construir o ensino voltado para as práticas argumentativas, que possibilitem aos estudantes desenvolver a capacidade de criar, validar e rever conceitos abordados na disciplina Física. Tendo em vista o que já afirmava Matthews (1995), para que se possa desenvolver a prática da argumentação durante as aulas, o ponto de partida pode ser definido pelo professor, ao mostrar para os alunos que a ciência não é um produto acabado, fruto apenas da grandiosidade de mentes brilhantes do passado, mas sim que o conhecimento está em constante transformação, e que eles próprios podem contribuir para o desenvolvimento da ciência.

Antes mesmo do que foi publicado na BNCC, sobre a atuação dos alunos no meio social em que estão inseridos, Carvalho *et al.* 2011, em seus estudos, já afirmavam que:

“[...] importância cada vez maior vem sendo dada à necessidade de se prepararem os estudantes para um futuro sustentável. Assim, espera-se que eles sejam capazes de perceber que as ações de cada um de nós podem refletir na sociedade e no meio ambiente” (CARVALHO *et al.*, 2011, p. 4).

Com isso, o ensino deve estar voltado para a aplicação dos conhecimentos aprendidos. Os alunos precisam perceber que os assuntos estudados fazem sentido em seus contextos diários. No que tange à disciplina Física, por exemplo, cabe ao professor inserir nas atividades pedagógicas, desenvolvidas durante as aulas, problemáticas vivenciadas pelos aprendizes e, com isso, mostrar que eles podem intervir em seu contexto social. Concordando com esta ideia, Ricardo (2005, p. 216-217) nos diz que “Mostrar que a ciência é capaz desse empreendimento de apreensão da realidade deveria ser um dos objetivos da educação científica.

O efeito estufa e o aquecimento global são exemplos de temas que podem ser abordados no Ensino Médio, por serem parte do cotidiano e por possibilitarem a discussão de conceitos de Física, Química e Biologia. Em Física, discussões sobre questões sociocientíficas relacionadas a esses temas podem ser embasadas em conceitos de termodinâmica, por exemplo (NEVES; CHARRET; CARVALHO, 2017; JUNGES *et al.*, 2018).

Os alunos da Educação Básica, frequentemente, têm ainda conhecimentos limitados sobre efeito estufa e aquecimento global (JUNGES *et al.*, 2018). Isso porque, provavelmente, a base de informações deles, em geral, é composta por informações apresentadas em jornais televisivos, sites ou redes sociais. Entende-se que, o conhecimento conceitual insuficiente pode levar à incompreensão das notícias divulgadas pela imprensa; além disso, não é incomum observar nos noticiários a divulgação de justificativas errôneas ou erros conceituais sobre esses fenômenos.

Este trabalho visa contribuir para a promoção de conhecimentos sobre as causas desses fenômenos e para o entendimento de maneiras de se evitar o agravamento dos seus impactos ambientais, assim como levar os alunos a compreenderem sobre conceitos de termodinâmica e suas aplicações no que envolver esses fenômenos. Para isso, é proposto neste trabalho um Produto Educacional, na forma de Sequência de Ensino Investigativa, que tem por título “Contextualização no Ensino de Termodinâmica: abordagem sobre Aquecimento Global e Efeito Estufa na Educação Básica”. A sequência visa discussão sobre Aquecimento Global e Efeito Estufa, considerando os fatores que provocam e atenuam tais fenômenos e como eles provocam mudanças na dinâmica da vida na Terra. O intuito deste produto é contribuir para a formação de cidadãos críticos, capazes de argumentar sobre temas que tenham efeitos práticos em suas vidas, munindo os estudantes do Ensino Médio de conhecimentos sobre conceitos físicos relacionados à termodinâmica.

As sequências de ensino investigativas, também denominadas como sequências de ensino por investigação, são metodologias de ensino que agregam “determinados procedimentos conexos, que permitem aos sujeitos envolvidos a atuação ativa nas atividades propostas para a aprendizagem” (HILÁRIO; SOUZA, 2018, p. 6).

A validação do Produto foi realizada por meio da vivência das atividades propostas na Sequência de Ensino Investigativa em uma turma da segunda série do Ensino Médio

de uma escola pública, em Aracaju, SE, ao longo de 6 aulas da disciplina Física. Durante essas aulas, foram promovidas discussões e realizados experimentos com a finalidade de produzir resposta à questão central desta sequência.

Esta dissertação está apresentada em 6 capítulos. Assim, além desta introdução, que apresenta a motivação para a realização deste estudo e os seus objetivos, tem-se o segundo capítulo, com fundamentos teóricos sobre ensino por investigação, temas sociocientíficos e argumentação no ensino de ciências, além da apresentação de alguns trabalhos de outros autores que relatam sobre estudos realizados com estudantes em que se buscou promover a argumentação sobre temas sociocientíficos. No terceiro capítulo são informadas definições dos conceitos de termodinâmica considerados importantes para esta dissertação e sobre os fenômenos efeito estufa e aquecimento global. No quarto capítulo são apresentados os materiais e métodos relacionados a este estudo, o que inclui a Sequência de Ensino Investigativa que foi desenvolvida. No quinto capítulo são discutidos os resultados referentes ao desenvolvimento do produto educacional e à vivência da Sequência de Ensino Investigativa na turma da vivência da sequência. Ao final, no último capítulo, são apresentadas as considerações finais sobre este estudo.

2. ENSINO POR INVESTIGAÇÃO E ARGUMENTAÇÃO

2.1. Ensino por Investigação

Um importante fator motivador para o estudo de ciências pelos alunos da Educação Básica é a curiosidade para o entendimento do que está ao seu redor. Eles observam o mundo ao seu redor, fazem perguntas e desejam respostas sobre fatos cotidianos. Essa busca encontra resultados na ciência, que sendo guiada pelo professor, produzirá excelentes resultados no campo educacional. Os seres humanos, especificamente os que tem idade na faixa etária compreendida na educação básica, se motivam através da investigação, que aliada à curiosidade, produzem um efeito positivo para estes aprendizes. Então, a curiosidade e a investigação são elementos fundamentais para o estudo da ciência (RODRIGUES; BORGES, 2008).

No ensino por investigação, outro fator importante é o papel do professor, que deve aproveitar a motivação do aluno para entender sobre temas relevantes em seu contexto e colocá-lo no como protagonista de sua aprendizagem. Para isso, a metodologia do trabalho pedagógico deve sofrer mudanças em comparação com a do ensino tradicional; o que, segundo Solino, Ferraz e Sasseron (2015), “exige um esforço contínuo na prática do professor que, ao contrário de ser o responsável apenas pela apresentação dos conteúdos, se torna o promotor das interações e o orientador de todo o processo didático-pedagógico” (SOLINO; FERRAZ; SASSERON, 2015, p. 5). Assim, o docente necessita de novas metodologias de trabalho para abandonar as velhas práticas tradicionais que traziam a centralidade do ensino no conteúdo ou no professor e conceber o ensino como um processo dialógico.

É pertinente salientar que a abordagem do ensino sobre o viés investigativo deve promover a discussão e interação dos alunos na resolução de questões experimentais e teóricas, visto que a maioria das áreas da ciência se baseia principalmente na ideia de teoria e experimento. O docente precisa incluir no planejamento de sua aula situações que produzam debates, revisando os textos conceituais, leis e princípios científicos, como também, a abordagem de situações práticas ou experimentais relatadas na literatura, podendo utilizar dados coletados em tabelas, figuras e gráficos. O ambiente escolar, para alguns alunos, é o único local onde eles terão contato com o conhecimento produzido

pelos cientistas; portanto, o ensino nesse ambiente deve contemplar tanto a teoria como a experimentação (SOLINO; FERRAZ; SASSERON, 2015).

O ensino por investigação possibilita que o aluno construa a resolução de problemas propostos, envolvendo-se em todos os estágios de produção da solução. Segundo Solino, Ferraz e Sasseron (2015, p.1), o ensino por investigação é “uma forma de aproximar a cultura científica da cultura escolar, permitindo o estabelecimento de uma cultura própria da sala de aula de ciências”. Ainda segundo essas autoras, para que isto ocorra é preciso aproximar os sujeitos da prática científica, fazendo com os discentes se sintam sujeitos ativos na construção da aprendizagem, de maneira que eles tragam suas experiências e se apropriem de novos conceitos e significados do mundo natural.

A promoção desta prática pedagógica, segundo DeBoer (2006), faz com que os alunos desenvolvam sua própria maneira de buscar o conhecimento, cabendo a escola promover um ambiente que favoreça o desenvolvimento de competências como: raciocínio, pensamento e comparação. Aos professores cabe elaborar questões que oriente os alunos em suas descobertas. Esse autor entende que a investigação nada mais é do que uma descoberta orientada, cabendo ao estudante resolver questões sobre as quais não consegue, não obtendo as respostas todas sozinho, mas sob tutela do professor (DEBOER, 2006).

A investigação é um processo aberto, onde os alunos participam da construção do seu próprio entendimento sobre os conteúdos, resolvem e incorporam os conceitos trabalhados em cada etapa da solução do problema. Os temas abordados são discutidos e trabalhados junto a eles e não apenas entregue como um produto acabado, demonstrando que não existe mais nenhuma contribuição que se possa oferecer, deixando o aluno como mero executor, fugindo do sentido prático da ciência. Desta forma, cabe ao professor orientar o desencadeamento das atividades, fazendo com que as informações trazidas pelos alunos se alinhem àquelas descritas pela ciência e pôr em debate as informações trazidas pelos aprendizes, contrapondo o que diz na literatura com o que ele argumenta ser coerente (SASSERON, 2013).

Além de identificar os conhecimentos prévios dos alunos e utilizar temas contextualizados, faz-se necessário que o professor, ao aplicar uma proposta de ensino por investigação, aborde problemas abertos como ponto de partida para a compreensão de conceitos discutidos durante as aulas. A partir disso, os aprendizes conseguirão expor

suas ideias, promovendo assim um ambiente inicial de aprendizagem. (AZEVEDO, 2004).

A utilização dos problemas abertos permite que o professor estimule a capacidade dos alunos de elaborar perguntas. As Orientações Curriculares para o Ensino Médio fomentam essa prática quando afirmam que: “Muito frequentemente ensinam-se as respostas sem formular as perguntas! E há um aspecto para o qual os professores devem se voltar com especial atenção, relacionado com a característica fundamental da ciência: a sua dimensão investigativa, dificilmente trabalhada na escola nem solicitada nas provas de vestibulares” (BRASIL, 2006, p. 45).

Para que o aluno consiga fazer a relação entre suas informações com as descritas na literatura e consiga entender como a ciência é feita, é necessário propor temas e discussões que propiciem ao aluno o entendimento do que é proposto como certo pela ciência. O professor em seu planejamento deve ter como objetivo mostrar para os alunos a forma como se desenvolve a ciência, não simplificando demais, para que os alunos pensem que a ciência é apenas uma observação da natureza, como também não deve mostrá-la como acessível somente a um grupo de pessoas. Diante disto, Chinn e Malhotra (2002) afirmam que as “atividades de investigação simples podem não apenas ajudar os alunos a aprender a raciocinar cientificamente, podem também favorecer uma epistemologia de acordo com a qual o raciocínio científico é visto como simples” (CHINN; MALHOTRA, 2002, p. 190).

O ensino por investigação tem um importante papel de promover a aproximação entre a ciência e a escola, estabelecendo assim uma cultura mista. Esta proposta de ensino favorece na transmissão de como a ciência foi construída e como ela tem se desenvolvido, integrando o estudante neste contexto (SOLINO; FERRAZ; SASSERON, 2015). Para que isto ocorra, de acordo com Rodrigues e Borges (2008, p.10) é necessário considerar alguns pontos importantes no planejamento e aplicação dos temas propostos para discussão: (i) levantar as concepções prévias dos alunos; (ii) propor situações que provocassem conflito cognitivo; (iii) explicar o conflito, contrapondo-o com a concepção científica aceita, e (iv) aplicar a concepção científica em conceitos diversificados”.

A prática do ensino por investigação se consolida a partir do momento em que os alunos começam a construir argumentações científicas com seus colegas de classe, tendo em vista os contextos discutidos em sala de aula. Diante disso, Sasseron (2020, p.43),

afirma que “não se constrói planos de ações, mas os executa, não se analisa dados sem argumentar com os pares; de mesmo modo, não se constrói modelos explicativos, que possibilitem a predição de fatos, sem investigar contextos, situações e informações”.

O desenvolvimento de uma sequência de ensino investigativa (SEI) implica na organização de situações pedagógicas pertinentes para o contexto vivenciado pelo aluno, de modo a produzir modelos de resultados auxiliados pelo conhecimento científico, que, espera-se, ao final da SEI estarão incorporados, somando-se ou aprimorando os conhecimentos prévios dos alunos, formando um novo contexto de aprendizagem.

Para que se possa realizar o ensino por investigação é necessário seguir algumas etapas investigativas. Neste trabalho, considerou-se as etapas definidas por Pedaste *et al.* (2005), que ao estudar as publicações sobre investigação em aulas de ciências, verificaram que existe um ciclo investigativo, com as seguintes fases: orientação; conceitualização; investigação; conclusão e discussão.

Na orientação, os alunos são estimulados à curiosidade para um tema, que neste estudo cunha sociocientífico; a partir daí é levantado um problema que servirá como desafio de aprendizagem. O objetivo desta fase é motivar os alunos acerca do tema a ser abordado, sendo verificado, também, o conhecimento prévio, para que se tenha noção daquilo que eles já conhecem. A conceitualização é o momento em que se constroem questões ou hipóteses a partir da teoria estudada. Nesse momento são apresentados conceitos que serão utilizados para responder a problemática que norteará a investigação na próxima fase. Nesta fase há uma discussão para que se chegue na questão central da SEI.

Depois da conceitualização temos a fase de investigação, que é quando os alunos realizam experimentos que produzem dados que são analisados com o intuito de gerar um momento de discussão. A partir disso, os alunos coletarão informações para auxiliar na resolução da questão central.

Após o momento de investigação os alunos são solicitados a produzir uma conclusão a partir das ideias desenvolvidas durante a SEI. Nesta fase são produzidos argumentos que respondem à questão central proposta no início, com base nos dados obtidos na investigação e nas informações construídas ao longo da sequência didática. Os argumentos produzidos são articulados com o conhecimento adquirido e apresentam

dados, inferências e garantias, além de outros elementos que constituem o Modelo de Toulmin (2006).

Por fim, após a conclusão, na fase de discussão, os alunos têm a oportunidade de rever suas afirmações, perceber se as respostas dadas para a resolução da questão central são coerentes, enxergar seu desenvolvimento conceitual e as ideias produzidas ao longo da SEI, além de ter um momento de análise de viabilidade das soluções apresentadas. Neste momento os alunos podem analisar seus argumentos produzidos para justificar suas conclusões. Esta fase pode ser desenvolvida ao longo da sequência de ensino ou em algum momento específico.

2.2 Temas Sociocientíficos

As questões sociocientíficas, conforme definição apresentado por Simonneaux (2008), geralmente configuram problemas controversos que apresentam grande potencial de produção de argumentos relacionados a diversos modos de resolução, sendo necessário esforços conjuntos de diferentes campos das ciências para resolvê-las. Tais questões, segundo Hmelo-Silver (2004), precisam ter características específicas para que produzam o efeito desejado, tais como: nível complexo, devem ser abertas, mais que uma solução e serem discutíveis.

O nível complexo das questões é necessário, pois demandam mais tempo e raciocínio dos alunos, não cabendo respostas curtas ou pré-prontas. A característica aberta e discutível se justifica pelo intuito de abranger diferentes modos de interpretar e resolver os problemas, fazendo com que os alunos possam produzir múltiplas percepções. Os problemas insuficientemente elaborados indicam que se pode ter diversas possibilidades de resolução e sua solução não é evidente, desta forma haverá uma promoção na discussão da questão proposta.

Como já comentado, os temas sociocientíficos, por abrangerem situações relacionadas ao cotidiano do aluno, por poderem ser perceptíveis a ele, promovem motivação para que o aprendiz consiga entender que os assuntos estudados podem fazer parte de sua vida. Cabe ao professor promover esta motivação por meio da abordagem de temas sociocientíficos, utilizando-se de recursos e planejamento de aulas, que vão além do que é proposto pelos livros didáticos e documentos normativos. Com isso, o professor

conseguirá vencer um dos primeiros obstáculos para a aprendizagem, que é a falta de motivação dos alunos.

Corroborando com isto BIANCHI 2011, nos diz que:

Entende-se então que a motivação na aprendizagem é extremamente necessária e deve ser trabalhada no contexto em que os alunos estão. Assim, o professor que está disposto a assumir de fato as responsabilidades da sala de aula, indo além de matérias e currículo, mas pensando na relação estabelecida com o aluno, conseguirá mudar essa realidade encontrada nos dias de hoje que é a desmotivação. (BIANCHI,2011, p. 22).

Para que se tenha uma atividade que fomente a argumentação é necessário inserir temas que possam ser discutidos pelos alunos. Segundo Sá (2010, p.15), “[...] a percepção de uma ideia como discutível é a primeira condição para que se gere a argumentação em torno dela” (SÁ, 2010, p.15). Os temas precisam ser bem planejados e delineados havendo uma sequência lógica que proporcione o desenvolvimento de capacidades cognitivas, favorecendo assim a argumentação. Para que se atinja os resultados esperados, é necessário estruturar a aula, delineando os procedimentos e metodologias que serão empregadas.

A inserção de temas sociocientíficos no currículo é primordial para o desenvolvimento de atitudes racionais, que visam a melhor alternativa na resolução de problemáticas reais. Discutir tais temas com os alunos corrobora para a sua tomada de decisão, avaliando as opções e os meios utilizados para julgamento dos contextos atuais e dos termos empregados na divulgação de temas relacionados à ciência e tecnologia, assim como a seus valores econômicos e morais (KORTLAND, 1996). O ensino de ciência deve promover discussões, pois os alunos aprendem também por meio de debates a levantar hipóteses e a propor soluções. Esse tipo de interação os auxilia a perceber que também podem contribuir para a ciência, e conseqüentemente, entendem que podem aplicar e solucionar problemas cotidianos com o uso das informações obtidas durante a aprendizagem (MUNFORD; LIMA 2007)

Segundo Munford e Lima 2007,

[...] o ensino de ciências tem se realizado por meio de proposições científicas, apresentadas na forma de definições, leis e princípios e tomados como verdades de fato, sem maior problematização e sem que se promova um diálogo mais estreito entre teorias e evidências do mundo real. Em tal modelo de ensino, poucas são as oportunidades de se realizar investigações e de argumentar acerca dos temas e fenômenos em estudo. O resultado é que estudantes não aprendem conteúdos das Ciências e constroem representações

inadequadas sobre a ciência como empreendimento cultural e social. (MUNFORD; LIMA 2007, p.90)

Esta afirmação demonstra que o ensino desenvolvido de forma unilateral, em que o conteúdo é somente transportado do professor para o aluno, não permitindo que o aprendiz contribua com o que se está sendo apresentado, proporciona uma visão engessada e ineficiente, fazendo com que o potencial de aprendizado seja reduzido, ocasionando interpretações erradas e limitadas da ciência. O diálogo constante entre o docente, aluno e ciência contribui para o entendimento de que os temas abordados durante a aula podem ser utilizados na resolução de questões práticas.

De acordo com Nascimento e Alveti (2007),

[...] a Ciência esteve e está presente em decisões socialmente significativas, legitimando discursos. Se não temos esses conhecimentos, no mínimo como ferramenta para negociações, não podemos sequer questionar ou nos posicionar acerca de importantes decisões que nos envolvem. (NASCIMENTO; ALVETTI, 2007, p.29).

Percebe-se nesta afirmação a importância de inserir temas relevantes durante as aulas, fazendo uso de contextos diários, para que o aluno consiga entender a relevância do conteúdo estudado para sua vida. Os discentes, com isso, farão ligações entre o que é estudado e as consequências de ações exercidas pelo homem na natureza. Os alunos conseguirão tomar posicionamento correto sobre temas que produziram efeitos sobre suas vidas, e ainda terão embasamento para refutar ideias errôneas, que induzem suas atitudes e pensamentos.

Diante destes aspectos, considerou-se que a temática proposta aplicada no ambiente escolar pode contribuir para uma abordagem interdisciplinar. De acordo com Favarão e Araújo (2004), a interdisciplinaridade surge a partir da compreensão de que o ensino traz em si um debate epistemológico, sendo capaz de desenvolver a compreensão de temas mais complexos, no qual o ensino deve ser visto mais além do que um problema pedagógico. Também, Santos (2008), defende que a contextualização deve ser abordada de forma crítica, sendo seu objetivo a capacitação dos alunos para o julgamento, análise, questionamento e avaliação de impactos provenientes do desenvolvimento e aplicação da ciência e tecnologia na sociedade.

2.3. Argumentação no Ensino de Ciências

A argumentação pode ser entendida como a expressão das razões do que pensamos ou fazemos (SCARPA, 2015). A prática argumentativa está presente na maioria das atitudes que uma pessoa toma ao longo da vida. Algumas vezes, a argumentação é entendida como justificativa, pois é esta que valida as ações humanas. Quando se quer tomar decisões na vida, as pessoas constroem argumentos para poder embasar seus atos, e quando a ação já foi produzida, utilizam novamente a argumentação para explicar o que foi feito ou se fazerem entendidas.

De acordo com Scarpa (2015), “compreender a argumentação é importante tanto para formularmos boas razões para as armações proferidas, quanto para avaliarmos as razões fornecidas por outros sobre suas ideias e ações” (SCARPA, 2015 p. 18). Diante disso, a autora enfatiza que a argumentação também é importante para avaliar as ações dos outros, pois para estabelecer um parâmetro no que se julga é necessário produzir argumentos. Além de saber argumentar é necessário saber avaliar argumentos; embora a construção dos argumentos seja uma ação elementar para a vida social. A autora em seu mesmo trabalho afirma que:

Saber argumentar e avaliar argumentos são, então, habilidades importantes em várias esferas de circulação humana. Se, por um lado, argumentar contribui para o indivíduo organizar seu pensamento e expressar a sua vontade; por outro, é por meio da prática pública da argumentação que comunidades comunicacionais são forjadas e que se torna possível estabelecer os consensos necessários a uma vida em sociedade (SCARPA, 2015 p. 18).

Também, a prática de atividades que fomente a argumentação entre os alunos promove a “[...] habilidade argumentativa dos alunos para expor suas ideias, compreender ideias diferentes ou complementares e construir contra-argumentos.” (MOTOKANE, 2020, p.20).

A partir do que afirma esses autores, a promoção destas práticas favorece a construção de argumentos, pois as ideias são postas em debate, o que contribui para que sejam refutadas ou complementadas. Essa prática favorece a construção e validação das conclusões produzidas pelos alunos.

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio - PCNEM (BRASIL, 2000), a educação tinha como base o ensino tradicional, com características de descontextualização das informações transmitidas, compartimentalização das disciplinas e assuntos. Nesse contexto, a escola era vista como lugar onde ocorria apenas o acúmulo

de informações. Diante disto, esse documento sugeria atribuir significado ao conhecimento escolar a partir da contextualização e interdisciplinaridade, a fim de incentivar o raciocínio do estudante. Essa proposta dos PCNEM trouxe à tona a discussão sobre o papel da escola em meio a mudanças constantes e incorporadas em uma sociedade cada vez mais tecnológica.

Os PCNEM propunham para o Ensino Médio uma nova forma de desenvolvimento das habilidades do aluno para pesquisar, buscar e analisar as informações que permeiam seu meio social, possibilitando desenvolver sua capacidade de manipular, criar e formular soluções para questões que abrangem o exercício da cidadania. Tais propostas mudam o paradigma educacional do aluno, de não apenas acumular informações considerando a simples memorização. Com isso, retira a centralidade do conhecimento das instituições e dos profissionais, compartilhando com os alunos, dando voz a esses que serão protagonistas na sociedade.

A promoção das habilidades argumentativas, mesmo não estando explícita nos PCNEM, é percebida no texto desse documento “[...] a capacidade de abstração, do desenvolvimento sistêmico, [...] da capacidade de pensar múltiplas alternativas para a solução de um problema, [...] desenvolvimento do pensamento crítico” (BRASIL, 2000, p.12 e 13). Estas capacidades mencionadas são condições para que o estudante consiga exercer sua cidadania em um contexto democrático. Corroborando com essa proposta, Costa (2008) nos diz que a escola deve estimular os alunos ao uso da racionalidade crítica, como também a prática argumentativa, visando o alcance bons resultados no processo de aprendizagem.

Avaliar argumentos exige que o professor esteja atento às respostas ou demais falas dos alunos, pois eles as expressam baseados nos modelos intuitivos, muitas vezes fundamentados em seus conhecimentos prévios, pouco embasados cientificamente. Da mesma forma, é necessário que o professor perceba a dificuldade que os alunos têm de compreender e apropriar-se de conceitos científicos apresentados em sala de aula, geralmente diferentes do que o senso comum estabelece como correto. Conforme consta nos PCNEM, “o aprendizado da ciência é um processo de transição da visão intuitiva, de senso comum ou de auto elaboração, pela visão de caráter científico construída pelo aluno, como produto do embate de visões” (BRASIL, 2000, p. 37).

Segundo a BNCC (BRASIL, 2018), o ensino deve estar voltado para a resolução de problemáticas que podem ser vivenciadas pelos educandos da Escola Básica, contribuindo com informações úteis e necessárias para serem utilizadas ao longo da vida. Nesse documento é afirmado que os estudantes devem “[...] aplicar conhecimentos para resolver problemas, ter autonomia para tomar decisões, ser proativo para identificar os dados de uma situação e buscar soluções” (BRASIL 2018, p.14). Outro fator importante evidenciado na BNCC é a necessidade de se identificar as demandas trazidas pelos alunos; a escola deve dialogar com os discentes para verificar suas necessidades, possibilidade e interesses.

Na BNCC é afirmado que é necessário:

Contextualizar os conteúdos dos componentes curriculares, identificando estratégias para apresentá-los, representá-los, exemplificá-los, conectá-los e torná-los significativos, com base na realidade do lugar e do tempo nos quais as aprendizagens estão situadas. (BRASIL 2018, p.16)

Desta forma, a proposta pedagógica a ser implementada na educação básica deve estar atenta aos contextos, considerando as condições de aprendizagem dos alunos, pois os fatores externos à escola interferem nos resultados dessa aprendizagem. Além disso, é de extrema importância perceber os ritmos diferenciados de aprendizagem dos alunos, considerando os seus desenvolvimentos cognitivos e as condições sociais.

Contrapondo os PCNEM e a BNCC, é perceptível que esse último documento tem uma abordagem mais clara no que se diz respeito ao desenvolvimento da capacidade argumentativa dos alunos, pois o seu texto explicita as competências e o que é necessário introduzir, nas propostas pedagógicas para fomentar a argumentação. Por outro lado, os PCNEM dão ênfase aos aspectos de aplicação dos conteúdos nas práticas sociais, considera que os conteúdos precisam ser relevantes para a vida do aluno, mostrando assim a importância de um ensino voltado para a aplicabilidade do que é aprendido pelos estudantes, não deixando claro que a argumentação promove tal finalidade.

Diante disso, mostra-se evidente a necessidade de mecanismos de ensino voltados para a construção do conhecimento, sendo os professores motivadores dos alunos na busca de conclusões não apenas apresentadas pelo livro didático, mas também as demonstradas e validadas pelos aprendizes. Outro fator importante para que se alcance o desenvolvimento das habilidades e capacidades mencionadas no PCNEM e as competências da BNCC é a promoção de avaliações que busquem não somente constatar

a aprendizagem do que é ensinado de maneira tradicional, mas, também que sejam utilizados mecanismos que fomentem o uso de novas práticas de percepção do que foi aprendido. Tais práticas podem ser empregadas na construção e reconstrução de argumentos, tanto oralmente como na forma de produto textual, sendo incorporadas nas metodologias de ensino.

Para Jiménez-Aleixandre e Dias de Bustamante (2003), a argumentação é a habilidade de fazer a relação entre dados e uma conclusão, avaliando os enunciados teóricos, que são apresentados através das informações postas como base do argumento, à medida que se obtém dados empíricos. Um argumento pode ser contestado por quem se quer convencer, produzindo assim um novo argumento ou sendo expandido com novas alegações ou informações, ou refutado pelo próprio autor ou devido contra argumentações, descartando sua hipótese inicial (LEITÃO, 2000).

Segundo SÁ 2010,

[...] ajudar o aluno a melhorar a sua argumentação possibilita desenvolver a sua capacidade de análise na escolha confiante entre as diferentes alternativas, a partir das várias fontes de informações e dos vários modelos explicativos para o processo envolvido (SÁ 2010, p. 8).

Diante disso, é necessário perceber de que forma os alunos constroem seus argumentos, para que se possa alinhar suas informações com as que estão sendo estudadas, não descartando seus saberes historicamente construídos, mas levando-o a compreender que suas construções são incompletas ou limitadas. Portanto, para que isso ocorra é necessário que os educadores incluam em seus roteiros de aula um espaço para ouvir aquilo que os discentes pensam sobre o que se está estudando.

Corroborando com isto, Sadler (2006) afirma que a educação em ciências requisita a participação ativa do estudante em práticas de investigação científica, além do engajamento em questões discursivas, que servem para que eles apliquem as resoluções encontradas no ambiente escolar em suas decisões cotidianas relacionadas à ciência. Dessa forma os alunos estarão aptos para contribuir ativamente na sociedade, externando seus pontos de vista e argumentando para defendê-los.

A partir do que afirma Sadler (2006), Motokane (2020) contribui nos dizendo que: “O tempo dedicado ao trabalho com a argumentação irá promover a oportunidade para o aluno utilizar o conhecimento científico na tomada de decisões responsáveis frente aos problemas que a sociedade necessita enfrentar (MOTOKANE, 2020, p. 28)”. Portanto,

os docentes devem perceber a necessidade da promoção de práticas investigativas no contexto escolar, visto que esta atividade produz interações dialógicas, fazendo com que os alunos consigam perceber a importância do conhecimento científico na tomada de decisões.

Corroborando com Motokane (2020), Pezarini e Maciel (2019) afirmam que:

[...] a argumentação no ensino de ciências deve ser uma prática metodológica comum no âmbito escolar, uma vez que, para além de externalizar o conhecimento específico, ela promove àqueles que são detentores desta habilidade a capacidade de extrair conclusões que, de forma apropriada, tendo sido construídas a partir de fatos, fenômenos e dados, possa ser capaz de construir argumentos com coerência ao mesmo tempo que sejam suficientes para com a temática ou dado e, para além desta ação criticar os argumentos de outros, tendo como elemento norteador os fatos para que se possa ou não refutar o mesmo (p.29).

2.4. Estudos com Interesse em Argumentação de Estudantes

Pesquisas vêm sendo desenvolvidas com o intuito de promover e analisar a argumentação dos alunos durante a resolução problemas relacionados à física e outras ciências na Educação Básica, a exemplo dos que serão comentados a seguir.

Em um artigo, Colombo *et al.* (2016) analisaram como alunos do 3º ano do Ensino Fundamental, com idades entre 8 e 10 anos, constroem a resolução de um problema de conhecimento físico fazendo uso de explicações coletivas sobre fenômenos observados durante um experimento desenvolvido na sala de aula. Esses pesquisadores, a partir das respostas dos alunos, realizaram uma análise da qualidade dos argumentos apresentados por eles empregando o Padrão de Argumento de Toulmin – TAP (TOULMIN, 2006). Os autores constataram que o uso de experimentos estimula a capacidade de argumentação dos alunos, promovendo um ambiente favorável de aprendizagem sobre ciência.

Jesus e Silva (2017) discutiram os principais resultados da aplicação de uma sequência didática nas aulas de Química no 3º ano do ensino médio. A sequência didática foi elaborada na perspectiva ciência-tecnologia-sociedade (CTS) e na da pedagogia de Paulo Freire, tendo como tema “Alimentos”, para discussão sobre contextos relativos aos corantes e outros aditivos químicos presentes nos alimentos industrializados. Essas pesquisadoras tiveram como objetivo avaliar a capacidade de argumentação dos alunos, aliando as concepções científicas a contexto social e econômico. As autoras perceberam que a perspectiva CTS favorece a elaboração em conjunto de argumentos em diferentes

níveis de qualidade, como também o aumento da autonomia dos alunos durante as discussões. Juntamente com os elementos fundamentais da Pedagogia de Paulo Freire, o ensino com base na abordagem CTS favorece a elaboração de justificativas e habilidades que serão aplicadas pelos alunos em situações práticas do cotidiano.

Com intuito de promover uma aprendizagem significativa, os pesquisadores Neves, Charret e Carvalho (2017) utilizaram uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) com o objetivo de discutir o conceito de energia em duas turmas do 9º ano do ensino fundamental em uma escola da rede privada. Os conceitos abordados durante as aulas foram referentes a calor, temperatura e propagação do calor. A unidade de ensino foi baseada no uso de laboratório virtual, disponibilizado pelo “Physics Education Technology” (PhET). Por meio do Método de Análise de Conteúdo, os autores concluíram que os alunos compreenderam o efeito estufa e a sua influência na temperatura do planeta, tendo percebido como os conceitos estão relacionados ao fenômeno estudado. As UEPS são sequências didáticas fundamentadas em princípios teóricos da Teoria da Aprendizagem Significativa, proposta por David Ausubel.

A ideia central da teoria de Ausubel está alicerçada no fato de que a retenção e aquisição de conhecimentos se dá por meio de um processo interativo que ocorre entre o material instrucional e os conhecimentos prévios sobre o conteúdo que estão na estrutura cognitiva daquele que aprende, levando-o a criar novos significados relevantes sobre aquilo que está aprendendo (RIBEIRO; SOUZA, MOREIRA, 2018).

Puhl e Marchi (2019) realizaram um estudo sobre atividades investigativas no ensino de Física, cujo foco principal do trabalho foi relacionar a termodinâmica aos processos energéticos do corpo humano. As autoras desenvolveram seus trabalhos com uma turma do 2º ano do Ensino Médio da rede pública de ensino, empregando metodologias ativas. Os alunos foram incentivados a buscar informações na internet para que entender a relação entre quantidade de alimentos ingeridos e a quantidade de calorias fornecidas ao corpo humano derivadas dessa ingestão. As pesquisadoras incentivaram os alunos a produzir mapas conceituais, para que eles apresentassem seus conhecimentos prévios; os mapas serviram também para as autoras avaliarem os esses conhecimentos dos alunos. Ao final, as autoras concluíram que o uso de metodologias ativas promove maior envolvimento dos alunos, desenvolvimento da criticidade e responsabilidade para a realização das atividades propostas, fazendo com que eles se sentissem participantes dos seus processos de aprendizagem.

Com abordagem também sobre o efeito estufa, De-Carvalho e Matei (2019) vivenciaram uma sequência didática para o Ensino de Física com alunos do Ensino Médio de turmas noturnas da rede pública, com alunos na faixa etária entre 16 e 18 anos. Os autores, a partir de uma questão socioambiental envolvendo o efeito estufa e a pecuária, em uma abordagem qualitativa e com procedimentos de uma pesquisa participante, implementaram um Plano de Ações Pedagógicas Transversais (PAPT). No decorrer da sequência didática, os alunos responderam a questionamentos abertos, em que produziram argumentos justificando suas respostas. A questão central da abordagem envolveu os gases do efeito estufa e a relação entre economia, comportamento dos estudantes e a natureza. Os pesquisadores observaram que as atividades da sequência didática instigaram o discurso tecnocientífico e a transição de ideias, concluindo que a pesquisa contribuiu para o olhar mais crítico e consciente dos estudantes sobre recursos ambientais.

Em outro trabalho, Borges e Ustra (2021) realizaram uma pesquisa-ação sobre a análise de práticas argumentativas, com o objetivo de avaliar os argumentos elaborados por alunos do terceiro ano do Ensino Médio, de forma a discutir a eficácia das metodologias aplicadas durante uma prática pedagógica sobre os princípios do tema Física Nuclear. Para examinar a qualidade dos argumentos apresentados pelos estudantes participantes e estabelecer comparações sobre a compreensão do problema considerando os conhecimentos científicos dos discentes, foi aplicado o TAP (TOULMIN 2006). Ao final do estudo, os autores concordaram que é necessário promover a argumentação para que os discentes consigam formular seus próprios conhecimentos e verbalizar suas aprendizagens.

Algumas pesquisas foram desenvolvidas no Ensino Superior, a exemplo da de Sá e Queiroz (2007) que foi realizada com alunos da disciplina Comunicação e Expressão em Linguagem Científica II, ofertada para uma turma do curso de Bacharelado em Química. Nas aulas da disciplina foi discutido sobre como o ensino pautado na resolução de casos investigativos influencia no estímulo e na capacidade de elaboração de argumentos dos alunos. As autoras também avaliaram a qualidade dos argumentos apresentados na resolução dos casos discutidos no estudo, tendo identificado que tal abordagem didática estimula a capacidade discursiva dos alunos, promove a aprendizagem a partir de situações reais e contribui para desenvolver a linguagem, que é considerada elemento fundamental na aquisição de conhecimento científico.

Como visto, para promover o ensino e a aprendizagem por meio de ações pedagógicas que motivem o uso da argumentação é necessário que se entenda como os alunos constroem suas falas, e a partir dos elementos que compõem suas ideias, identificar o que foi aprendido por eles. Para isso, em vários estudos, a exemplo dos de Colombo *et al.* (2016) e Borges e Ustra (2021), comentados acima, tem sido adotado o padrão de argumento identificado por Stephen Toulmin (2006). Então, é válido apresentar aqui mais informações acerca desse padrão, a título de contribuir para a sua divulgação.

Esse padrão representa uma estrutura básica que todo argumento deve conter em sua defesa e/ou refutação para que tenha coerência (ou validade). Os elementos básicos estruturais são: dados, garantias e conclusões.

Quando precisamos defender uma ideia fazemos uso de falas embasadas por alegações e conclusões, além de outras formas de convencimento. De acordo com o Padrão de Argumento de Toulmin (2006), traduzido de *Toulmin's Pattern Argument – TAP*, as alegações ou dados, que o autor chamou de (D), dão suporte e constroem a relação para se chegar a uma conclusão (C) apresentada. A partir disso, temos a estrutura básica de um argumento: D então C. A essa estrutura podemos inserir as garantias de inferências (W) que validam as alegações dos dados à conclusão, o que nos permite entender como se deu a passagem de D até C. Mas estas garantias não são novas informações, elas partem de hipóteses que garantem W, tornando a estrutura do argumento mais convincente, sendo elaborada da seguinte forma: Com base em um dado (D), uma vez que (W), então tem-se (C).

Para que um argumento resulte em mais convencimento para uma audiência, são acrescentados os qualificadores modais (Q) que atribuem à conclusão mais força, pois trazem especificações das garantias para dar mais robustez à inferência; também, os refutadores ou condições de exceção (R), que demonstram em quais condições as garantias perdem força, não dão suporte à conclusão, enquanto os qualificadores atribuem mais certeza do que se está enunciando, fazendo com que a conclusão seja aceita. Os refutadores dizem em quais situações as garantias não são eficientes; o apoio (B) trata-se de uma justificativa que dá garantia a uma inferência, geralmente baseada em alguma autoridade que fundamenta uma alegação.

Desta forma, pode-se construir argumentos, de acordo com o TAP, conforme apresentado na Figura 1:

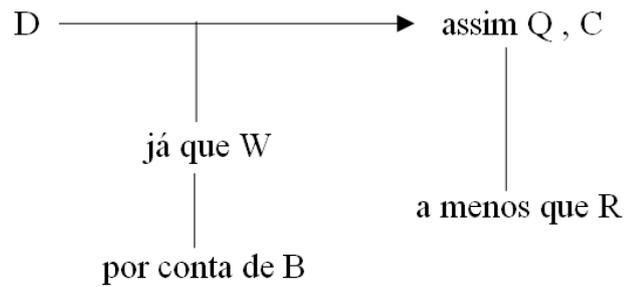


Figura 1: Layout do Padrão de Argumentação de Toulmin – TAP. Adaptado de: Toulmin, 2006.

O TAP não foi empregado na avaliação dos argumentos dos estudantes derivados da vivência da Sequência de Ensino Investigativa “Contextualização no Ensino de Termodinâmica: abordagem sobre Aquecimento Global e Efeito Estufa na Educação Básica”. Um dos motivos que inviabilizaram o uso do TAP neste trabalho foi a qualidade dos argumentos dos alunos, pois muitos deles mencionaram em suas respostas apenas o dado e a conclusão. Provavelmente, a falta de argumentos foi evidenciada devido a pandemia de Covid-19, visto que os discentes passaram quase dois anos no ensino remoto; a pouca interação em sala de aula, que é frequente nessa forma de ensino, fez com que os alunos ficassem acomodados e sem interesse por respostas mais longas ou em questões abertas. No entanto, como será comentado mais adiante, entende-se que o emprego do TAP poderá ser realizado em outras oportunidades.

3 CONCEITOS TERMODINÂMICOS

3.1 Breve Histórico sobre Termodinâmica

Durante vários anos físicos, químicos e até mesmo filósofos discutiram a origem do calor e suas propriedades, por exemplo, o químico francês Antoine Lavoisier (1743-1794) afirmava que o calor era proveniente de um fluido que ele chamou de calórico. De acordo com a teoria de Lavoisier, o calórico tinha quantidade constante no universo e sempre era transmitido de um corpo com maior temperatura para o de menor temperatura, ou seja, quanto maior a temperatura de um corpo, maior seria a quantidade de calórico presente neste corpo. Antes dessa teoria proposta por Lavoisier ser aceita, o que se discutia entre os séculos XVII e XVIII era a existência de uma substância denominada flogisto, que era liberada durante a combustão de qualquer material, e que ao acabar a queima encerrava-se também o flogisto. Objetos que não tivessem tal substância não conseguiriam entrar em combustão (GODOY,2020).

Em estudos posteriores, como do físico Benjamin Thompson (1753-1814), passou-se a afirmar que o calor não era uma substância como um fluido. Thompson, ao observar a atividade de fabricação de canhões, percebeu que um metal, como o latão, ao ser perfurado por uma broca se aquecia, mesmo sem a presença de troca de substâncias. Ele concluiu que o calor era uma forma de energia pois seria produzido pelo contato entre os materiais; dessa forma ele reelaborou o conceito de calor, afirmando que este era proveniente do movimento das partículas de um corpo. Mesmo com a contribuição de Thompson a teoria do calor como uma substância perdurou por todo o século XVIII (GODOY,2020).

Em seu livro, Halliday e Resnick (2016) afirmam que a termodinâmica é um dos principais ramos da física, por tratar sobre “o estudo das leis que regem a relação entre calor e outras formas de energia” (p. 196). Esse ramo da física está muito presente no cotidiano das pessoas, desta forma, é possível compreender mais facilmente os conceitos que são abordados em seu estudo. Desde aplicações mais usuais em máquinas térmicas, os conceitos relacionados à termodinâmica são necessários, assim como em contextos mais especiais; por exemplo, na produção de microprocessadores com capacidade de processamento elevada, em que é estudado o superaquecimento destes em aplicações usuais ou específicas

Outros autores com Young e Freedman (2015) pontuam sobre a importância de estudar este ramo da física: “A termodinâmica constitui uma parte indispensável dos fundamentos da física, da química e da biologia, e encontra aplicação em áreas como motores de automóveis, refrigeradores, processos bioquímicos e a estrutura das estrelas” (p. 198).

3.2 O Ensino de Termodinâmica

Diante da grande quantidade de assuntos descritos sobre termodinâmica nos livros de Física, o presente trabalho terá como delimitação conceitual tópicos referentes a: i) conceito de calor; ii) conceito de temperatura; iii) equilíbrio térmico e iv) propagação do calor. Esses tópicos conceituais foram escolhidos por fazerem parte dos fenômenos abordados no Produto Educacional apresentado neste trabalho, que são efeito estufa e aquecimento global.

A termodinâmica estuda, basicamente, o calor e suas relações com o meio. Segundo Silva (2013, p. 3) “A Termodinâmica é o ramo da Física que se dedica ao estudo das relações entre o calor e as restantes formas de energia. Analisa, por conseguinte, os efeitos das mudanças de temperatura, pressão, densidade, massa e volume nos sistemas a nível macroscópico”.

A utilização dos conceitos termodinâmicos é ampla, sendo percebida em diversos campos do conhecimento; outras áreas de pesquisa desenvolvem suas atividades e realizam aplicações subsidiadas pelo estudo da termodinâmica. A aplicação social da termodinâmica é de grande importância e de fácil percepção na atualidade. Diante disso, durante as aulas, o professor deve se deter, como fator motivacional, em mostrar aos alunos que estudar este ramo da Física é muito importante para o contexto social (HALLIDAY; RESNICK, 2016).

Um dos grandes marcos da história antiga do Homem foi a “descoberta do fogo” e a manipulação do calor para seu uso como fonte de energia, que teve seu auge na Primeira Revolução Industrial, Inglaterra, por volta de 1760. A partir de contextos, como descrito anteriormente, os estudantes começam a relacionar os conceitos da termodinâmica com suas experiências cotidianas. A definição usual do calor é o principal ponto de partida para que o professor comece a discutir conceitos da termodinâmica. Comentários como

“está frio” e “está calor”, além do conceito de temperatura, fornecem subsídios para os debates e produção do conceito científico de calor e temperatura (MORTIMER; AMARAL, 1998).

De acordo com Wylen *et al.* (2013), quando se for definir calor é preciso enfatizar para os alunos que esse não pode ser entendido como uma propriedade que os corpos possuem, ou uma substância que um objeto possui e outro não. É necessário mostrar que o calor é um tipo de energia térmica em trânsito, que passa de um corpo com maior temperatura para outro com menor temperatura. A partir do conceito formal de calor é necessário agregar a ideia de energia, que frequentemente tem seu uso aplicado a limitados contextos e simplificados conceitos.

Diante disso, corroborando com esta ideia, Jacques *et al.* (2009), nos diz que:

O conceito de Energia é de extrema importância ao aprendizado das Ciências e seu caráter unificador torna-o potente e frutífero para balizar, unir e inter-relacionar diferentes conteúdos de Ciências. É um conceito bastante complexo e, segundo pesquisas diversas sobre concepções alternativas, é frequentemente compreendido de maneira reducionista, atrelado a um único ou poucos fenômenos. (JACQUES *et al.*, 2009, p. 2).

Outros autores, como Hulsendeger *et al.* (2006), concordam com Jacques et al. (2009), salientando que:

O calor não é percebido, não é visto, é algo imponderável, o que faz com que os alunos acabem transformando-o em uma propriedade da matéria, para ser melhor compreendido por eles. E a razão para essas dificuldades, talvez esteja no fato de que o próprio conceito de energia não está suficientemente claro em suas mentes (p.43).

Após os alunos entenderem o conceito de calor, e que este é uma forma de energia, é preciso definir temperatura de maneira cuidadosa, para que eles consigam compreender que esta grandeza não está associada a sensação de calor, no sentido de temperatura elevada, ou a frio, considerando parâmetros comparativos. Moran *et al.* (2014) traz essa importante observação quando afirma que a temperatura tem seu conceito modificado pelo senso comum, pois tem-se a impressão de fenômenos percebidos pelos sentidos ou confundidos com o próprio calor. Anacleto (2007, p. 39) afirma que “é importante introduzir e discutir a temperatura numa base cientificamente correta, pois tal atitude trará num médio prazo aos alunos uma compreensão confortável, e menos conflituosa do ponto de vista conceptual”.

Corroborando com as ideias de Anacleto (2007) e Moran *et al.* (2014), conta nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (BRASIL, 2002, p.2) que: “é indispensável a introdução à linguagem própria da Física, que faz uso de conceitos e terminologias bem definidos, além de suas formas de expressão que envolvem, muitas vezes, tabelas, gráficos ou relações matemáticas”. Com isto, é necessário que o docente conduza os seus alunos a superarem as ideias errôneas que são propagadas durante gerações e que, por isso, acabam se tornando, pelo senso comum, verdades. À medida que o conceito correto é apresentado para o aluno e discutido com ele, tem-se como resultado um novo entendimento sobre os fenômenos termodinâmicos.

No ensino de termodinâmica na Educação Básica, um dos temas sociocientíficos abordados é o Aquecimento Global, que pode ser definido como o aumento médio da temperatura do planeta Terra. Essa abordagem contribui para a contextualização da Física. Na atualidade existem duas correntes defendidas pelos pesquisadores sobre tal aquecimento, alguns afirmam que ele é causado pela emissão dos gases do efeito estufa, originados em atividades antropogênicas, já para outros, esse fenômeno tem causas naturais, pois a Terra está sempre passando por mudanças climáticas produzidas por atividades vulcânicas, radiação emitida pelo Sol etc. (RUBINO, 2010).

Rubino (2010) afirma também que:

“A preocupação com esse fenômeno climático vem se intensificando cada vez mais e chega aos nossos alunos como uma situação catastrófica indiscutível. No entanto, as controvérsias sobre as possíveis causas e efeitos do fenômeno ainda são pouco divulgadas, mas não devem ser ignoradas e precisam chegar à sala de aula, através dos professores” (RUBINO, 2010, p. 1).

Corroborando com Rubino (2010), Vieira e Bazzo (2007) afirmam, da mesma forma, que existem duas hipóteses sobre a causa do aquecimento global: a primeira diz que o aquecimento é real e acontece devido a atividade humana, sendo, por exemplo, resultado da queima de combustíveis fósseis; a outra hipótese refere-se que não há certezas sobre suas causas, podendo ser ocasionado pela atividade solar ou gerado pelo ciclo de aquecimento ou resfriamento da Terra.

Outro tema sociocientífico que é muito frequente nos livros didáticos, nos capítulos sobre termodinâmica, é o Efeito Estufa. Sobre esse assunto ainda se tem pouca explicação sobre suas reais causas e efeitos. Sendo o livro didático uma das principais fontes confiáveis de informações no ambiente escolar, os estudantes ficam com um

entendimento deficitário, com isso os pesquisadores Koulaidis e Christidou (1999) realizaram um estudo sobre as concepções prévias dos alunos acerca dessa temática e verificaram que: há certa tendência de interpretar este fenômeno como um problema ambiental, esquecendo que isto ocorre naturalmente; os alunos atribuem as causas somente à radiação solar e esquecem a radiação da terra; os alunos acreditam que a temperatura e o clima terrestre são regulados apenas pela radiação solar e que os gases do efeito estufa aprisionam toda a radiação vinda do Sol.

De acordo com Pina *et al.* (2018),

“É importante destacar que o termo efeito estufa é inspirado em estruturas utilizadas com a finalidade de aumentar a energia térmica do sistema, de tal modo que a temperatura em seu interior seja maior do que no ambiente externo. Esse objetivo somente é alcançado devido à presença de uma superfície que aprisiona a energia. No caso da Terra, não há, evidentemente, uma superfície rígida que desempenhe esse papel. Isso, como já dito anteriormente, é feito por alguns gases presentes na atmosfera. Nesse sentido, apesar de ser aceito universalmente, o nome efeito estufa talvez não seja o mais adequado para explicar o fenômeno natural do aquecimento do planeta” (PINA *et al.*, 2018, p. 461).

A partir do que afirma estes autores, é possível entender que o Efeito Estufa é comumente apresentado de forma errônea, principalmente pelos meios de comunicação, que em sua maioria retratam do tema como algo ruim para o meio ambiente, desta forma, o professor desempenha um importante papel para explicar de maneira adequada esse fenômeno. O planeta Terra passa por constantes mudanças climáticas ao longo dos ciclos que ela faz e “embora seja um processo natural da Terra, o efeito estufa não é um fenômeno imutável e mudanças na composição química da atmosfera implicam em mudanças no próprio efeito estufa” (JUNGES *et al.*, 2018, p. 142).

Considerando a importância de discussões sobre o Aquecimento Global e o Efeito Estufa, é necessário munir os alunos com conhecimento conceituais termodinâmicos, para que eles consigam argumentar sobre esses temas e para que atuem criticamente sobre estas e outras problemáticas sociais.

3.3 Definição de Calor, Temperatura e Equilíbrio Térmico

De acordo com Kazuhito e Fuke (2016) a temperatura pode ser definida como “a medida associada ao grau de agitação das moléculas de um corpo ou sistema físico. Portanto, ela indica o nível de energia térmica média das partículas” (p.12). Para que os

alunos possam compreender melhor a definição de temperatura é importante que conheçam o significado de energia térmica. Os autores, no mesmo trabalho, pontuam que a energia térmica “é a soma das energias cinéticas decorrentes da agitação das partículas que constituem a matéria” (p.12). A partir desta definição é possível compreender que o estado de agitação de um objeto está diretamente associado à sua energia cinética média das partículas que compõem este material, com isso, pode se dizer que a agitação é uma grandeza estatística e ao mesmo tempo macroscópica, que são mensuradas por medições indiretas.

Outros autores, como Halliday e Resnick (2016), afirmam que a temperatura é “uma grandeza relacionada com as nossas sensações de calor e frio” (p.413). Esta definição simplória remete ao senso comum, pois na maioria das vezes as pessoas realmente fazem essa associação entre temperatura e sensação térmica. Corroborando com estes autores, Young e Freedman (2015) alertam, também, que a temperatura está associada ao sentido do tato, que muitas vezes pode enganar as pessoas quando tentam medir a grandeza física temperatura em situações diversas.

De acordo com Halliday e Resnick (2016), podemos medir a temperatura, dentre outras maneiras, com um termômetro a gás de volume constante. Para isso, “uma amostra de gás é mantida a volume constante para que a pressão do gás seja proporcional à temperatura do gás” (p. 413). Na Figura 2 é apresentado um modelo de termômetro a gás, constando basicamente de um recipiente contendo gás a volume constante e um manômetro para a medição da variação de pressão no recipiente em decorrência da variação da pressão dentro do volume.

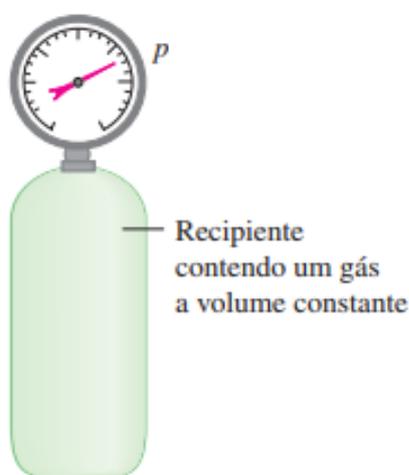


Figura 2. Modelo de um termômetro a gás. Fonte: Young e Freedman (2015, p.199).

A partir da observação dos valores da pressão, pode-se determinar a temperatura T com o uso de um termômetro a gás utilizando a equação 1:

$$T = (273,16 \text{ K}) \left(\lim_{p \rightarrow 0} \frac{p}{p_3} \right). \quad (1)$$

Em que T é a temperatura em kelvins, p é a pressão do gás à temperatura T, e p₃ é a pressão do gás no ponto triplo da água. Quando o limite tende a zero teremos a temperatura chamada de Zero Absoluto.

A temperatura é a medida do nível médio de energia térmica das partículas de um corpo. Dessa forma, é pertinente observar que quando há um resfriamento ou aquecimento deste mesmo corpo, teremos uma forma de energia atuando sobre ele, e de acordo com Princípio de Conservação de Energia, existe uma troca de energia durante o movimento destas partículas (KAZUHITO, FUKU, 2016). Tem-se como definição de calor: “a energia trocada entre um sistema e o meio ambiente devido a uma diferença de temperatura” (HALLIDAY; RESNICK, 2016, p.430).

Os autores Young e Freedman (2015) advertem que é importante entender a diferença de temperatura e calor; eles afirmam que:

A temperatura depende do estado físico de um material, indicando, por meio de uma descrição quantitativa, se o material está quente ou frio. Na física, o termo “calor” sempre se refere a uma transferência de energia de um corpo ou sistema para outro em virtude de uma diferença de temperatura entre eles, nunca a quantidade de energia contida em um sistema particular. (p.211).

A partir do momento em que um corpo não troca calor, é dito que este está em equilíbrio térmico, com outro agente ou um sistema. Considerando o entendimento sobre equilíbrio térmico, podemos enunciar a Lei Zero da Termodinâmica: “se dois corpos A e B estão em equilíbrio térmico com um terceiro corpo T, então A e B estão em equilíbrio térmico entre si” (HALLIDAY, RESNICK, 2016, p.415). Esta lei explica, por exemplo, o funcionamento de um termômetro clínico digital, que ao entrar em contato com um corpo atinge o equilíbrio térmico, demonstrando a graduação da temperatura do corpo em questão. Em outras palavras, os mesmos autores explicam de uma maneira informal a Lei Zero: “Todo corpo possui uma propriedade chamada temperatura. Quando dois corpos estão em equilíbrio térmico, suas temperaturas são iguais, e vice-versa” (p.416).

Os autores Young e Freedman (2015) exemplificam melhor a Lei Zero da Termodinâmica utilizando-se das imagens da Figura 3.

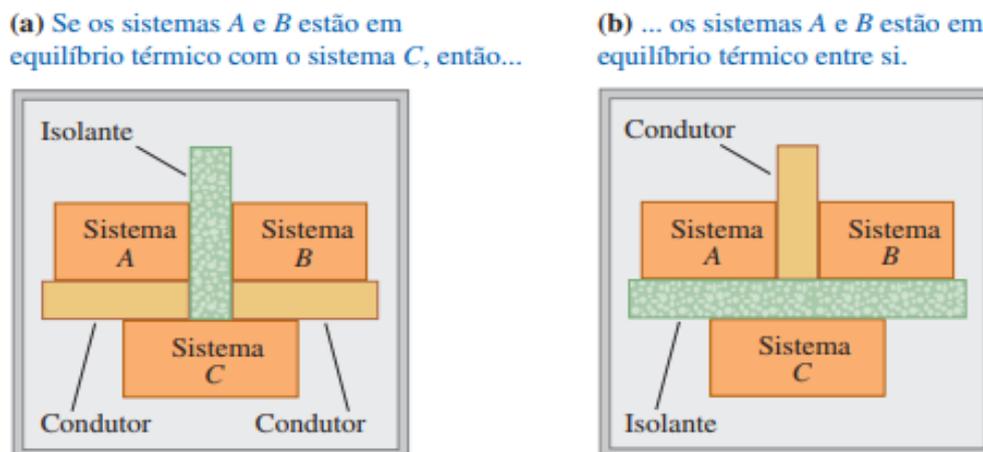


Figura 3. Demonstração da Lei Zero da Termodinâmica. Fonte: Young e Freedman (2015, p.200).

Desta forma, “Esse resultado é chamado de lei zero da termodinâmica: Quando C está inicialmente em equilíbrio térmico com A e com B, então A e B também estão em equilíbrio térmico entre si” (YOUNG; FREEDMAN, p.200).

3.4 Transmissão de Calor

Como já foi mencionado, para que haja a equilibração térmica entre dois corpos é necessário que esses tenham, inicialmente, temperaturas diferentes, e que ocorra transmissão de calor de um corpo para outro. Sendo a transferência de energia resultante de uma diferença de temperatura, essa transferência é denominada de transferência de calor ou fluxo de calor, e a energia transferida desse modo é nomeada de calor (YOUNG; FREEDMAN, 2015).

O calor pode se propagar de diferentes formas a saber: condução, convecção e irradiação. A forma de condução térmica “é a propagação de calor na qual a energia (térmica) se transmite de partícula para partícula. Nessa forma de propagação ocorrem colisões entre as partículas (como átomos e moléculas), alterando sua agitação térmica” (KAZUHITO; FUKE, 2016, p.35). Neste tipo de propagação de calor não há o transporte de partícula, o que ocorre é vibração das moléculas que compõem o material, transmitindo assim o calor, que ocorre mais intensamente em objetos sólidos, em menor proporção nos líquidos e com baixa transmissão nos gases.

A partir do entendimento dos fenômenos de transferência de calor, é sabido que existem três formas básicas dessa transferência. Uma das formas é a condução; nela os átomos de determinado material colidem uns com os outros que estão em sua vizinhança, desta forma o calor se propaga ao longo do material, sem que se tenha necessariamente, o deslocamento dos átomos que estão conduzindo o calor. Um caso específico são os metais, que além de transmitir o calor por condução, também se utilizam de outro mecanismo, onde alguns elétrons conseguem se libertar dos átomos originais. Neste processo elétrons “livres” transmitem mais rapidamente o calor da região de maior temperatura para a região de menor temperatura (YOUNG E FREEDMAN, 2015).

Os autores Halliday e Resnick (2016) exemplificam e conceituam muito bem a condução quando nos dizem que:

Se você deixa no fogo, por algum tempo, uma panela com cabo de metal, o cabo fica tão quente que pode queimar sua mão. A energia é transferida da panela para o cabo por condução. Os elétrons e átomos da panela vibram intensamente por causa da alta temperatura a que estão expostos. Essas vibrações, e a energia associada, são transferidas para o cabo por colisões entre os átomos. Dessa forma, uma região de temperatura crescente se propaga em direção ao cabo (HALLIDAY; RESNICK, 2016, p.450).

É importante salientar que cada material tem a sua própria capacidade de transmitir o calor por condução. Essa dependência está associada ao tipo de substância e de quais ligações químicas tem o material, que pode ser classificado como bom condutor ou mau condutor de calor. É possível determinar a taxa de transferência de calor ou corrente de calor de um determinado sólido através da equação 2 (equação de transferência de calor na condução), que relaciona a quantidade de calor dQ transferida por unidade de tempo dt , escrita conforme a notação de Young e Freedman (2015):

$$H = \frac{dQ}{dt} = \frac{k \cdot A \cdot (T_H - T_C)}{L} \quad (2)$$

Da equação 2, temos que $(T_H - T_C)/L$ é a diferença de temperatura, T_H é a temperatura da fonte quente e T_C é a temperatura da fonte fria, por unidade de comprimento, que pode ser denominada como o módulo do gradiente de temperatura; o valor da condutividade k depende do material que compõe a barra; a variável A é a seção reta ortogonal de um corpo homogêneo; e L é o comprimento da trajetória do fluxo de calor. A unidade SI de taxa de transferência de calor é o watt ($1W= 1 J/s$). Esta equação pode ser melhor entendida com o auxílio da Figura 4, em que é representado um fluxo de calor entre duas placas metálicas através de um condutor de comprimento L e seção reta

A. A placa metálica está a uma temperatura T_H e a azul a T_C . É importante observar que se as placas estiverem relativamente próximas ocorrerá outra forma de condução de calor, como por exemplo a convecção.

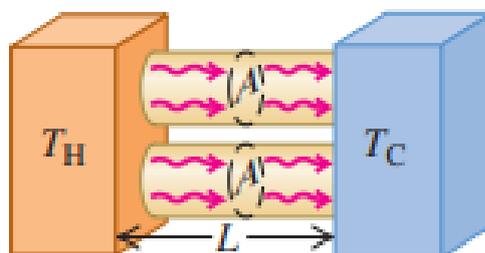


Figura 4. Ilustração esquemática de Transferência de calor entre duas placas metálicas. Fonte: Young e Freedman (2015, p.221).

De acordo com Young e Freedman (2015):

Quando uma quantidade de calor dQ é transferida através da barra em um tempo dt , a taxa de transferência de calor é dada por dQ/dt . Chamamos essa grandeza de taxa de transferência de calor ou corrente de calor, e a designamos por H . Ou seja, $H = dQ/dt$. A experiência mostra que a taxa de transferência de calor é proporcional à área A da seção reta da barra e a diferença de temperatura $(T_H - T_C)$, e inversamente proporcional ao comprimento da barra L . (YOUNG; FREEDMAN, 2015, p.221).

Outra forma de transmissão de calor é a convecção, que é um processo que ocorre com transporte de matéria, diferentemente da condução, sendo as partículas transportadas de suas posições iniciais. Para que ocorra a convecção é preciso que o material seja um meio fluido, como em líquidos ou em gases (KAZUHITO; FUKU, 2016). Na propagação de calor através da convecção ocorre em virtude da movimentação de massas de fluidos, ou seja, neste caso há a transferência de massa entre regiões distintas. A convecção é um fenômeno relevante para as mudanças climáticas, pois, os meteorologistas observam o deslocamento das massas de ar como um dos argumentos para justificar suas previsões climatológicas. Os deslocamentos de massas de ar ao longo do globo terrestres provocam diversas mudanças na temperatura da atmosfera, fazendo com que toda a vida terrestre esteja ligada diretamente aos seus efeitos.

Sobre a propagação de calor por convecção, Halliday e Resnick (2016) explicam que:

Esse tipo de transferência de energia acontece quando um fluido, como o ar ou água, entra em contato com um objeto cuja temperatura é maior que a do fluido. A temperatura da parte do fluido que está em contato com o objeto quente aumenta, e (na maioria dos casos) essa parte do fluido se expande, ficando menos densa. Como o fluido expandindo é mais leve do que o fluido que o cerca, que está mais frio, a força de empuxo o faz subir. O fluido mais frio

escoa para tomar o lugar do fluido mais quente que sobre, e o processo pode continuar indefinidamente (HALLIDAY; RESNICK, 2016, p.454).

Enquanto as equações que explicam a propagação de calor podem ser entendidas facilmente, na convecção existem diversos fatores que influenciam neste processo; com isso não é possível simplificar matematicamente o fluxo de calor por convecção em uma simples relação entre quantidade de calor e tempo. Sendo assim, Young e Freedman (2015) pontuam que “A transferência de calor por convecção é um processo muito complexo, e não existe nenhuma equação simples para descrevê-lo” (p.225).

A última forma de propagação de calor é a radiação, nela o calor se propaga sem que haja um meio material, o que se dá na forma de radiação eletromagnética. Esta forma de propagação de calor é utilizada pelo Sol ou outras estrelas, que irradiam calor para o universo. Este fenômeno ocorre com taxa mais rápida do que as outras formas de propagação do calor, pois o calor transmitido por meio de ondas eletromagnéticas se propaga no vácuo a aproximadamente 300 000 km/s.

Essa energia radiante que é emitida por um corpo que se propaga, na maioria das vezes, por raios infravermelhos. Sensores de presença, mapeamento de vegetações e estufas de plantas utilizam-se desta forma de propagação de calor para seu funcionamento. Outro exemplo bem comum é o efeito estufa, que em virtude dos gases dióxido de carbono, metano e óxido nitroso, dentre outros, reterem estes raios infravermelhos, fazem com que o calor seja mantido na superfície terrestre.

Halliday e Resnick (2016) melhor pontuam a radiação térmica quando afirmam que:

As ondas eletromagnéticas que transferem o calor são muitas vezes chamadas de radiação térmica para distingui-las dos sinais eletromagnéticos (como, por exemplo, os das transmissões de televisão) e da radiação nuclear (ondas e partículas emitidas por núcleos atômicos). (Radiação no sentido mais geral, é sinônimo de emissão). Quando você se aproxima de uma fogueira, você é aquecido pela radiação térmica proveniente do fogo, ou seja, sua energia térmica aumenta ao mesmo tempo que a energia térmica do fogo diminui. Não é necessária a existência de um meio material para que o calor seja transferido por radiação (HALLIDAY e RESNICK, 2016, p.454).

É possível determinar a intensidade de emissão de energia eletromagnética por um corpo, sendo esse valor é proporcional à área **A** da superfície do objeto e da temperatura **T** dessa área, medida em Kelvins. Com isso, a taxa de transferência de calor emitido na radiação é dada pela equação 3 (Young e Freedman, 2015):

Diagram illustrating the Stefan-Boltzmann law equation: $H = Ae\sigma T^4$. The variables are labeled as follows:

- H : Taxa de transferência de calor na radiação
- A : Área da superfície emissora
- e : Emissividade da superfície
- σ : Constante de Stefan-Boltzmann
- T : Temperatura absoluta da superfície

(3)

Onde $\sigma = 5,6704 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$ é uma constante física conhecida como constante de Stefan-Boltzmann e o símbolo e representa a emissividade da superfície do objeto, que pode variar entre 0 e 1.

Sobre a transferência de calor na radiação, os autores Young e Freedman (2015) explicam bem o fenômeno de irradiação de um corpo e o meio ambiente:

Enquanto um corpo com temperatura absoluta T está irradiando, o ambiente que está a uma temperatura T_s também está irradiando, e o corpo absorve parte dessa radiação. Caso ele esteja em equilíbrio térmico com o meio ambiente, $T = T_s$, e a taxa de emissão da radiação é igual à taxa de absorção. Para que isso seja verdade, a taxa de absorção deve ser dada em geral por $H = Ae\sigma T^4$. Então, a taxa de radiação resultante de um corpo a uma temperatura T imerso em um ambiente que está a uma temperatura T_s é dada por $Ae\sigma T^4 - Ae\sigma T_s^4$ (p.226).

A partir do que explicaram os autores anteriormente mencionados, é possível sintetizar os dados somente nas variáveis que estão na equação 4 (transferência de calor total na radiação):

Diagram illustrating the net radiation transfer equation: $H_{\text{total}} = Ae\sigma(T^4 - T_s^4)$. The variables are labeled as follows:

- H_{total} : Taxa de transferência de calor total na radiação
- A : Área da superfície emissora
- e : Emissividade da superfície
- σ : Constante de Stefan-Boltzmann
- T : Temperaturas absolutas da superfície
- T_s : Temperaturas absolutas dos arredores

(4)

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho, de caráter qualitativo, foi elaborado e aplicado um produto educacional a partir de uma sequência de ensino investigativa vivenciada em aulas da disciplina de Física com 10 alunos da segunda série do Ensino Médio de uma escola da rede pública estadual de Sergipe, no turno diurno. O autor deste trabalho era o professor da turma.

Ao longo da SEI, que teve como questão central “De que maneira a compreensão dos conceitos da termodinâmica auxilia a você no entendimento de fenômenos como efeito estufa, aquecimento global e de seus impactos? Foram disponibilizados textos, questionários aos alunos e realizados experimentos em sala de aula sobre conteúdo da termodinâmica, como ponto de partida para as discussões.

Os debates motivados ao longo das seis aulas da SEI envolveram temas sociocientíficos e conceitos básicos sobre os fenômenos térmicos de interesse na SEI. As atividades foram desenvolvidas com o intuito de promover um espaço de interação e diálogo, para contribuir na fomentação da capacidade argumentativa científica dos estudantes.

4.1 Etapas da Sequência de Ensino Investigativa

Para o planejamento das etapas da SEI foi considerado o ciclo investigativo proposto por Pedaste *et al.* (2005), composto pelas fases de orientação; conceitualização; investigação; conclusão e discussão.

No Quadro 1, nas duas próximas páginas, apresentamos uma síntese envolvendo as fases da Sequência de Ensino Investigativa com suas respectivas aulas, objetivos, estratégias didáticas e recursos materiais. Procuramos desenvolver uma SEI que propicie um ambiente favorável e estimulador à prática de argumentações pelos alunos, fomentando a investigação como meio de produção destes argumentos.

Os textos, questionários e experimentos empregados na SEI foram adaptados dos descritos por Xavier e Kerr (2013) e Magalhães (sd) e Ortiz (2011).

Quadro 1 – Estrutura da Sequência de Ensino Investigativa: Contextualização no Ensino de Termodinâmica: abordagem sobre Aquecimento Global e Efeito Estufa na Educação Básica.

Objetivo Geral					
<p>Contribuir para que os alunos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Compreendam como as mudanças climáticas provocam alterações na dinâmica da vida na Terra; - Desenvolvam habilidades investigativas e argumentativas, para que tenham condições de atuar criticamente em torno da problemática Aquecimento Global e Efeito Estufa e suas consequências para a vida na atmosfera terrestre. 					
Fases do Ciclo Investigativo	Aulas (Duração)	Objetivos de ensino	Conceitos/ conteúdos envolvidos	Recursos didáticos	Estratégias didáticas
Orientação	1 (50 min)	Levar o aluno a: <ul style="list-style-type: none"> - Compreender conceitos de termodinâmica - Identificar situações cotidianas que envolvem equilíbrio térmico - Classificar as formas de propagação do calor 	Temperatura e calor Equilíbrio térmico Formas de propagação do calor	Texto para discussão (1) Questionário (1) Aplicação da termodinâmica em situações cotidianas, atividade (1)	Exposição de conhecimentos de senso comum para os colegas e o professor, promovendo um debate sobre as informações apresentadas e as questões da atividade.
Conceitualização	2 (50 min)	Explicar as causas e consequências do Aquecimento Global Promover a compreensão sobre o Efeito Estufa Discutir as influências do Efeito estufa sobre a atmosfera	Causas e consequências do Aquecimento Global e Efeito Estufa	Texto para discussão (2) Questionário (2) Conhecimento popular, livros, revistas e jornais	Leitura de textos e, a partir disto, discussão sobre quais conceitos da termodinâmica identificados nos fenômenos efeito estufa e aquecimento global. Debater sobre a problemática instaurada, com o objetivo de

					chegar na questão central da SEI.
Investigação	3 e 4 (100 min)	Levar o aluno a: - Identificar as variáveis que influenciam nas formas de propagação do calor - Verificar as características que permitem a retenção do calor na atmosfera terrestre - Perceber como ocorre o efeito estufa através de experimento	Fatores que influenciam na propagação do calor	Aparato experimental (1) e (2) Questionário sobre cada experimento	Desenvolvimento dos experimentos investigativos (1 e 2) considerando o roteiro da atividade Discussão sobre as diferentes formas de propagação do calor e os fatores que influenciam nessa propagação.
Conclusão	5 (50 min)	Enumerar causas do agravamento do Efeito Estufa; Indicar danos à atmosfera terrestre em virtude do Aquecimento Global Produzir resposta à questão central da SEI	Conceitos discutidos nas aulas anteriores Compreensão dos danos causados pelo agravamento do efeito estufa e aquecimento global	Questionário (3)	Elaboração de resposta à questão central da SEI por meio de um discurso argumentativo. Apresentação e discussão dos resultados produzidos pelos alunos. Leitura e discussão do texto.
Discussão	6 (50 min)	Promover debates sobre as respostas dos alunos Verificar Identificar como os alunos construíram suas respostas à questão central da sequência de ensino	Conceitos discutidos nas aulas anteriores.	Questionário final.	Retomada às respostas apresentadas para a questão central da SEI. Consulta à turma para saber o que os alunos acharam sobre a SEI. Reflexão sobre as ideias que foram construídas ao longo do processo.

4.3 Análise dos Dados

Após a vivência da SEI, foi feita uma análise das respostas dos alunos aos questionários apresentados, envolvendo conceitos de termodinâmica e questões sociocientíficas. Buscou-se identificar quais subsídios eles utilizaram como base de dados para sustentar suas alegações. Por fim realizamos uma análise dos argumentos apresentados pelos alunos à questão central da SEI. Concluiremos este trabalho analisando se o conhecimento sobre os conceitos físicos e debates sobre temas que propiciem a argumentação científica promove a formação de cidadãos críticos.

4.4 Materiais Empregados nos Experimentos

Para a SEI foram preparados dois experimentos. Para o primeiro, denominado **Aparato experimental 1** – Cor e Temperatura, foram empregados os seguintes materiais: duas latas de alumínio envolvidas por duas cartolinas, uma na cor preta e outra na cor branca; dois termômetros digitais para medição das temperaturas internas das latas; uma lâmpada incandescente montada em bocal com fio e tomada para ligação à rede elétrica.

Para o segundo experimento, denominado **Aparato experimental 2** – Efeito Estufa, foram empregadas duas garrafas PET, um termômetro, uma lâmpada incandescente e cartolina preta. Uma das garrafas foi cortada próximo à tampa, deixando o recipiente aberto, enquanto a outra permaneceu intacta.

Os experimentos serão detalhados ao longo no próximo capítulo.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A sequência de ensino, vivenciada ao longo de 6 aulas, foi iniciada com o estudo dos conceitos essenciais da termodinâmica, tais como: temperatura; calor; equilíbrio térmico; e fluxo de calor. Após isso, foram propostos aos alunos, como prática, alguns experimentos produzidos pelo professor pesquisador, e apresentados questionamentos que serviram de base para promover os debates em sala de aula. Nos debates, os discentes tiveram a oportunidade de expor seus conhecimentos acerca das atividades desenvolvidas. Nesses momentos, por vezes, interagimos com eles para explorar suas capacidades de argumentação frente a refutações de informações apresentadas por eles, que fogem do que é estabelecido pela ciência. Essas interações não serão discutidas aqui. Ao final, analisamos como e se ocorreu o desenvolvimento das habilidades argumentativas dos alunos, considerando desde as informações iniciais, até o alinhamento do que foi dito pelos discentes com o que é aceito pela ciência.

É pertinente salientar que esta SEI foi vivenciada em setembro de 2021, imediatamente após o retorno das aulas presenciais nas escolas públicas de Sergipe, que haviam sido interrompidas em decorrência da necessidade de distanciamento social imposta pela pandemia de COVID-19. Devido à pandemia, por cerca de um ano e meio as aulas dessa rede de ensino foram ofertadas somente de forma remota. Após a liberação das aulas presenciais, os alunos puderam escolher se concluiriam o ano letivo continuando a assistir as aulas remotas ou frequentando as aulas presenciais. Cerca de 40% dos discentes optaram por aulas híbridas, onde se seguiu o ensino híbrido. Gradativamente esse percentual foi diminuindo, alcançando apenas 10% de ausência dos alunos nas aulas presenciais ao final do segundo semestre letivo de 2021. Outro ponto importante observado foi a dificuldade de retomada da participação dos alunos nos trabalhos escolares, pois esses haviam se acostumado às comodidades do ensino remoto. Como muitos dos alunos não tinham acesso pleno a computadores e internet, as atividades escolares no modo remoto eram desenvolvidas através de plataformas de videoconferência, no qual os alunos podiam ter acesso a materiais disponibilizados pelo professor. As interações eram feitas através de chats ou e-mail; alguns dos alunos interagiram de modo direto utilizando o número de telefone pessoal do professor.

Nos próximos tópicos deste capítulo discutiremos sobre o que foi observado ao longo das etapas do ciclo investigativo desenvolvido em cada aula. Com a finalidade de auxiliar na compreensão das discussões sobre a vivência da SEI, serão apresentados também detalhes de suas etapas, com informações sobre os textos, questionários, experimentos e demais atividades que a compõem.

5.1 Aula 1 – Orientação

Inicialmente, a SEI foi apresentada aos alunos, sendo informado para eles como seriam desenvolvidas as atividades; após alguns questionamentos apresentados por eles sobre a SEI, deu-se o início dessa primeira aula.

Primeiramente, foi promovido um debate para identificar os conhecimentos prévios dos alunos acerca dos conceitos de temperatura, calor e transmissão do calor. Após eles expressarem as suas opiniões, partimos para a leitura conjunta do texto (1): Energia Térmica e seus Processos de Transmissão. Esse texto está apresentado no Apêndice. Em seguida, foi iniciada a leitura do questionário (1), transcrito logo a seguir. Devido ao tempo limitado da aula, alguns alunos tiveram a oportunidade de explanar suas opiniões, mas nem todos puderam se manifestar; por isso, foi proposto que eles respondessem o questionário em casa.

A leitura do primeiro texto teve como objetivo principal fazer com que os alunos tivessem conhecimento do conceito formal de temperatura, de calor e das três formas de transferência de calor. O texto também apresenta exemplos de cada forma de transmissão do calor. Os alunos puderam comparar suas definições conceituais com aquelas descritas em livros textos de Física da Educação Básica. Após a leitura do Texto 1, foi proposto que os alunos respondessem o questionário 1, apresentado a seguir.

Questionário 1

1. Segundo o texto, como podemos definir temperatura e calor? Calor e temperatura são a mesma coisa?
2. A partir do que foi exposto no texto, descreva algum exemplo em que se perceba a transferência de calor.
3. Com base nas definições das formas de propagação do calor, exemplifique cada uma delas.

4. Antes de ler o texto, como você definia calor e temperatura? Considerava as duas grandezas iguais?

5. Considerando a propagação do calor através da convecção, qual fenômeno da natureza podemos associar a essa forma de condução do calor?

São transcritas e comentadas a seguir as respostas apresentadas por dois dos alunos a esse questionário.

Aluno 2

Q1. Os dois não são a mesma coisa, pois calor é a energia que passa de corpo pra outro e temperatura é a energia concentrada em cada corpo.

Q2. Quando dois corpos com temperaturas diferentes são colocados em contato, as moléculas do corpo mais quente colidindo com as moléculas do corpo mais frio transfere energia para este.

Q3. Convecção podemos perceber quando estamos fazendo um macarrão instantâneo (miojo). Ex.: Quando a água atinge seu ponto de ebulição, a parte que está por cima (mais fria) desce, enquanto a que está por baixo (mais quente) sobe e desta forma todo o macarrão cozinha.

Q4. Sim, porque sentimos calor através da temperatura do nosso corpo, só depende o quanto estava elevada.

Q5. O processo de convecção através da natureza pode ser observado durante o aquecimento da água, e também é um dos principais responsáveis pelo deslocamento das massas de ar que ocorre na atmosfera terrestre.

A partir do que expôs o Aluno 2, entende-se que ele demonstrou compreender as definições dos conceitos de temperatura, calor, equilíbrio térmico e formas de propagação de calor. Observa-se na sua resposta à questão 4 que ele ainda tinha dúvida sobre a distinção entre temperatura e calor. Embora esse aluno tenha retratado de forma correta os conceitos, em suas falas percebeu-se ainda o que é comum: a percepção da temperatura a partir dos sentidos.

O objetivo da questão 5 é fazer com que o aluno relacione a forma de propagação de calor através da convecção com o efeito estufa. Neste item o aluno exemplificou como ocorre o deslocamento das massas de ar, ou seja, explicou como ocorre a convecção, mas não fez a relação devida.

Aluno 6

Q1. Calor é quando um corpo recebe ou cede uma quantidade de energia térmica; temperatura é a mudança de tempo. Não são a mesma coisa.

Q2. Geladeira puxa o ar quente e deixa o ar frio.

Q3. Convecção ocorre na geladeira.

Q4. Eu jurava que era a mesma coisa, não tinha ideia que um é o que sentimos e outro era só medida.

Q5. Efeito estufa, pois é afetada a camada de ozônio, causando um calor imenso.

O aluno 6 foi objetivo, apresentando respostas curtas. Um ponto importante a se observar é a sua resposta à questão 4, na qual ele admitiu que achava que as duas grandezas eram a mesma coisa. Na questão 5 ele associou corretamente convecção ao efeito estufa, mostrando que além de compreender o conceito, também observou um exemplo prático.

Acerca da questão 1, a maioria dos alunos conseguiu definir temperatura e calor corretamente, e muitos deles demonstraram entender que calor e temperatura são grandezas físicas diferentes; poucos informaram que acreditam que estas duas variáveis são, como um deles comentou, “a mesma coisa”.

Sobre a questão 2, menos da metade dos alunos citou algum exemplo de formas de propagação do calor. O intuito dessa questão é fazer com que os alunos informem alguma experiência em que eles tenham percebido a transmissão do calor.

A questão 3 solicita um exemplo de cada forma de propagação do calor. Essa pergunta, de caráter mais formal, sugere que, a partir do que descreve o texto, os alunos consigam demonstrar se entenderam cada forma de propagação do calor. Grande parte dos alunos descreveu apenas uma forma ou nenhuma.

A questão 4 tem por objetivo identificar como os alunos definiam temperatura e calor antes da leitura do texto, e se consideravam as grandezas físicas distintas. Para melhor efeito de organização das ideias dos estudantes, teria sido melhor que esta pergunta fosse a primeira do questionário 1, pois nesta quarta questão é solicitado o conhecimento prévio dos alunos. A maioria dos alunos informou acreditar que calor e temperatura são coisas diferentes, mas quase nenhum deles conseguiu definir com clareza essas grandezas. Por fim, a questão 5 direciona o aluno para refletir sobre o fenômeno a ser discutido nas próximas aulas. Neste quesito, pode-se dizer que metade dos estudantes associou convecção a fenômenos relacionados a situações cotidianas ou diretamente ao efeito estufa.

Ao observar as respostas dos alunos, pode-se concordar com Hulsendeger *et al.* (2006), que nos diz:

Para o estudante, é bem mais fácil compreender e aceitar calor como uma substância palpável e concreta, do que compreendê-lo como energia, algo distante do que ele está acostumado a perceber. [...] Quando se procura sondar o conceito de calor junto aos alunos, descobre-se que o mesmo assume, no seu imaginário, a característica de ser uma propriedade da matéria (p.40).

Para exemplificar os aspectos relacionados ao clima, foi pedido que os alunos lessem a Atividade 1, transcrita a seguir, e as questões da atividade. Após a leitura foi solicitado a alguns deles que respondessem oralmente a essas questões. Neste momento instaurou-se um debate sobre as respostas apresentadas. Para pôr fim ao debate, informei que cada resposta era pessoal e que nenhuma estava errada, apenas representa um ponto de vista diferente. A seguir estão as respectivas transcrições referentes à atividade 1 e algumas das respostas apresentadas pelos alunos.

Atividade 1

Sentindo o Clima

Passeie pelos arredores de sua casa ou escola e tente sentir as diferentes características climáticas que podem ocorrer mesmo quando comparamos lugares muito próximos (o que é denominado de microclima). Pense em relação à sua percepção de clima: se está quente ou frio, abafado ou fresco, com vento ou sem vento etc., e responda às perguntas seguintes.

Questionário sobre a atividade 1

1. Como você se sente em um dia ensolarado de verão?
2. E em um dia de inverno?
3. O que acontece se você estiver embaixo de uma árvore?
4. Quando chove qual a sensação que você tem?

Aluno 2

Q1. Me sinto com muito calor e me sinto entediado.

Q2. Me sinto com frio na maioria das vezes.

Q3. Fico um pouco protegido dos raios solares.

Q4. A sensação que eu tenho é que a chuva será bem recebida para as pessoas que não tem abastecimento de água, também me sinto muito feliz com a chegada da chuva.

Aluno 9

Q1. Me sinto bastante abafada, pois o sol está muito quente. Com tantos desmatamentos o verão está cada vez mais quente.

Q2. No inverno bastante frio. Ultimamente o clima no inverno está cada vez mais quente.

Q3. Se estiver embaixo de uma árvore é uma fresca muito boa, um vento bom.

Q4. A sensação que tenho é que fico mais fresco e menos abafado, e um cheirinho de terra molhada.

Nas respostas desses dois alunos, é possível perceber o uso de expressões de senso comum quando se tem um diálogo sobre aspectos relacionados ao calor. O aluno 2, em sua resposta à questão 3, considerou que a temperatura sentida por ele muda em virtude de não estar sobre incidência direta dos raios solares. O aluno 9 justificou, em resposta à questão 1, o aumento do calor proveniente do Sol em razão dos desmatamentos, mostrando que ele entende que as ações humanas influenciam na dinâmica de absorção e retenção do calor da Terra.

Esta atividade teve como objetivo explorar a percepção sensorial dos alunos em diversos ambientes e ao tocar objetos. Sabe-se que a maioria das pessoas relaciona e compara a temperatura através dos sentidos; com isso, a aplicação deste questionário teve o intuito de registrar como os alunos realizam esta prática de definição e medida de temperatura e calor. Outros alunos relacionaram o verão como algo bom, por facilitar a locomoção, enquanto no inverno a chuva atrapalha.

Percebeu-se em algumas falas o uso dos termos quente, frio, calor, derreter, fresco(a), termos esses que são comumente associados à temperatura e calor. Com isso, utilizar este questionário foi satisfatório para, por meio das respostas dos alunos, constatar e registrar como esses alunos relacionava o cotidiano e as grandezas termométricas. Corroborando com o objetivo da Atividade 1, Hulsendeger *et al.* (2006) afirmam que “É importante que o aluno, gradualmente, passe a compreender que, quando se fala em calor, não se está tratando de uma propriedade específica da matéria, mas de uma forma de energia, com características próprias” (p.39).

A partir das respostas apresentadas pelos alunos, em que foi percebido o uso de termos de senso comum, com interpretações errôneas, devemos considerar o que os autores Hulsendeger *et al.* (2006) afirmam, que “é importante que o estudante também compreenda que essa forma de energia só existe sobre determinadas condições, sendo a diferença de temperatura entre os corpos a mais importante” (p.39).

Os alunos constroem suas interpretações pessoais do mundo a partir de suas percepções sensoriais; além do que, as representações do cotidiano são espontâneas e incoerentes segundo o que é estabelecido pela ciência. Estas interpretações errôneas ou insuficientes de fenômenos da natureza são, geralmente, difíceis de serem superadas, pois

de posse do conhecimento científicos os alunos continuam cometendo erros conceituais (POZO; CRESPO, 1988).

Corroborando com Pozo e Crespo (1988), Aguiar (1999) contribui nos dizendo que:

As aprendizagens escolares não envolvem, portanto, a assimilação de uma única ideia, mas a construção de uma rede de relações. O estudante pode assimilar uma nova ideia produzindo através dela novas relações e uma nova estrutura conceitual, como também pode incorporá-la às suas crenças anteriores (p.83).

5.2 Aula 2 - Conceitualização

Após terminar a fase de Orientação, que foi desenvolvida na primeira aula, iniciamos a segunda fase da SEI, denominada Conceitualização. Nesta etapa os alunos foram orientados a fazer a leitura do Texto 2, em que é abordado os fenômenos Aquecimento Global e Efeito Estufa, suas causas, consequências e os gases que influenciam nestes fenômenos. Foi também solicitado aos alunos, na aula anterior, que realizassem uma pesquisa em sites sobre os temas que estávamos discutindo; a finalidade desta pesquisa foi coletar informações sobre o assunto e levar os alunos a perceber como a mídia aborda sobre tais fenômenos.

Depois de lerem o Texto 2, realizamos a leitura e discussão do questionário 2, o que possibilitou aos alunos a oportunidade de expor suas opiniões e debatermos sobre as repostas apresentadas por aqueles que quiseram compartilhar opiniões. A seguir, temos o questionário 2 e as repostas apresentadas por alguns dos alunos.

Questionário 2

1. Como podemos relacionar o fenômeno do aquecimento global com os conceitos da física discutidos até aqui?
2. Explique, com base nos conceitos da termodinâmica, como ocorre o aquecimento global e o efeito estufa?
3. De que maneira podemos evitar a elevação da temperatura do planeta?
4. Como os gases influenciam na retenção do calor na atmosfera do nosso planeta?
5. Os cientistas afirmam que as causas do aquecimento global são diversas, explique quais são principais causas fazendo uso dos conceitos físicos.

Aluno 5

Q1. Podemos relacionar as mudanças climáticas e a temperatura em graus célsius, onde é indicado o aumento através do medidor.

Q2. Acontece devido ao acúmulo de gases poluentes na atmosfera.

Q3. Diminuindo as atividades humanas na natureza e nas fábricas, como o desmatamento, uso de combustíveis, máquinas, e assim por diante.

Q4. Os gases ficam mantidos na camada de ozônio, e são eles que mantêm o calor retido dentro da atmosfera.

Q5. Eles argumentam que a Terra passa por períodos de esfriamento e aquecimento, o que seria um processo natural.

Aluno 10

Q1. Calor e temperatura estão presentes no aquecimento global.

Q2. A propagação do calor no efeito estufa é alterada, provocando o aquecimento global.

Q3. Evitando o uso excessivo de automóveis que emitem gases poluentes, além disso, diminuindo os fatores que promovem as queimadas e desmatamento, pois as plantas contribuem para a dissipação do calor da atmosfera.

Q4. Os gases funcionam como bloqueador do calor refletido pela superfície da Terra, fazendo com que se acumule na atmosfera.

Q5. A principal causa do aquecimento global é a emissão de gases do efeito estufa, estes bloqueiam o calor, não deixando o calor se propagar.

Diante das respostas apresentadas pelo aluno 5, percebe-se que era notório seu entendimento sobre como os gases influenciam na retenção do calor, justificando corretamente que as ações humanas provocam na natureza alterações na dinâmica de propagação do calor. Em sua resposta à questão 5, ele argumentou que o aquecimento e resfriamento da Terra é um processo natural.

O aluno 10 entendeu que a mudança na dinâmica do fluxo de calor no efeito estufa é uma das causas do aquecimento global, além de afirmar que ações humanas potencializam tais efeitos. Então, em sua resposta às questões 4 e 5 é perceptível que esse aluno entendeu como os gases influenciam na retenção do calor na atmosfera, tendo entendimento também correto sobre a forma de propagação do calor por convecção.

A primeira questão tem por objetivo relacionar os conceitos sobre calor e suas formas de propagação com o aquecimento global. Diante disso, esperava-se que os alunos percebessem esta relação, e a partir de então, pudessem identificar a contextualização dos conteúdos abordados. As repostas apresentadas pelos alunos, em sua maioria, explicavam o aquecimento global, sem abordagem dos conceitos esperados; alguns poucos conseguiram relacionar o fenômeno estudado com os assuntos estudados em termodinâmica; com isso, percebe-se que os discentes não conseguiram realizar as associações esperadas.

A questão 2 solicita que os alunos expliquem os fenômenos Aquecimento Global e Efeito Estufa de maneira mais formal, com base nos termos e conhecimentos aprendidos

durante as aulas. Apenas os alunos 2 e 4 conseguiram explicar corretamente os fenômenos. Os outros oito alunos, em suas respostas, detiveram-se apenas em falar sobre as causas desses fenômenos e como ocorrem, utilizando-se de conceitos ou interpretações informais. Como exemplo disso, temos as respostas dos alunos 5 e 10.

Dando continuidade, na questão 3 os alunos foram indagados sobre como é possível diminuir a temperatura do planeta, remetendo ao aquecimento global. Este quesito oportuniza ao aluno relacionar atitudes que produzem a liberação de substâncias que atenuam o aquecimento da Terra ou a produção de calor de forma exagerada. Grande parte dos alunos respondeu que para reduzir tal efeito é necessário diminuir o uso de veículos que produzem gases poluentes, reduzir a emissão de fumaça por parte das indústrias e evitar as queimadas de vegetação. Duas respostas foram pontuais: a primeira informava que para reduzir o aquecimento global é necessário diminuir a emissão de gases do efeito estufa; e a segunda, dizia que era necessário evitar as queimadas, pois as plantas contribuem na dissipação do calor da atmosfera. Nessas repostas percebe-se que estes alunos conseguiram relacionar as causas com os conceitos físicos.

A quarta questão tem como objetivo levar os alunos a justificar como os gases influenciam na retenção do calor na atmosfera. É esperado que para respondê-la os alunos utilizem alguns conceitos aprendidos. O que se percebeu nas repostas dos alunos participantes deste estudo foi que houve explicação correta de como gases realizam esse processo, a partir do que foi apresentado por cada um dos alunos, conclui-se que o objetivo desta questão foi alcançado.

Na última questão os alunos deveriam utilizar os conceitos físicos para explicar as causas do aquecimento global. A grande totalidade das respostas foi condizente com o que é apontado na literatura e na imprensa sobre as causas em estudos sobre tal fenômeno, mas nem todos abordaram os conteúdos da termodinâmica. Por exemplo, temos o aluno 10 que respondeu: “A principal causa do aquecimento global é a emissão de gases do efeito estufa, estes bloqueiam o calor, não deixando o calor se propagar”. Diante das respostas apresentadas pelos alunos a esse questionário, pode-se concluir que os objetivos da etapa de Conceitualização foram alcançados em sua maioria.

O Questionário 2 teve como intuito perceber a capacidade argumentativa dos estudantes através da relação entre os fenômenos térmicos e os conceitos abordados até esta etapa da SEI. A partir disto os alunos são incentivados a produzir e refletir sobre suas

ideias acerca de situações dentro do seu contexto. Outro autor que corrobora com as ideias presentes neste trabalho é Motokane (2015), o mesmo afirma que “Ao apresentarem seus argumentos, os alunos podem expressar como utilizam um determinado conceito científico para justificar uma opinião. Dessa forma, temos um indicador claro da aprendizagem do aluno (p. 128-129) ”.

A partir do momento que os alunos são munidos de informações comprovadas cientificamente eles conseguem produzir argumentos que se aproximam do discurso científico, por tanto, segundo Do Nascimento e Vieira (2008), “[...] aprender ciências seria aproximar as maneiras de pensamento das pessoas à forma argumentativa pela qual a ciência é construída e debatida entre seus membros (p.5) “.

5.3 Aula 3 e 4 – Investigação

Nesta fase da SEI, foram realizados dois experimentos sobre o aquecimento global e o efeito estufa. O objetivo destas atividades é fazer com que cada aluno consiga perceber na prática a dinâmica de tais fenômenos e motivar discussões sobre as diferentes formas de propagação do calor e os fatores que as influenciam. A seguir estão apresentados os experimentos:

Aparato experimental 1 – Cor e Temperatura

Esse experimento, ilustrado na Figura 1, teve como objetivo específico possibilitar observar como a cor de um objeto afeta a temperatura de sua superfície. Esse fator contribui para a promoção da retenção do calor na atmosfera, sendo essa a principal observação que os alunos deveriam fazer sobre este experimento.

O aparato do experimento conta com duas latas de alumínio envolvidas por duas cartolinas, uma na cor preta e outra na cor branca, nelas fixamos dois termômetros digitais para medição das temperaturas internas das latas. A fonte de energia foi produzida por uma lâmpada incandescente, a uma distância de 15 cm de ambas as latas. Para melhor retenção do calor internamente os espaços entre o termômetro e a lata foi lacrado com fita adesiva. Com isso, os alunos anotaram a temperatura inicial e final, além das respectivas variações de temperatura. A partir da comparação dos resultados, eles poderiam comprovar que a cor de um corpo influencia diretamente na retenção do calor em um corpo.

Figura 1 - Aparato experimental 1.



Após a realização do experimento, foi solicitado que os alunos respondessem o questionário para discussão, transcrito a seguir, assim como das algumas repostas preenchidas pelos discentes.

Questionário para discussão

1. O que ocorreu com a temperatura de cada lata quando elas foram expostas à luz da lâmpada?
2. Qual das duas latas foi mais aquecida pela lâmpada?
3. Explique como a luz pode afetar a temperatura de um corpo.
4. Durante as “eras glaciais” que ocorreram na Terra, uma grande parte do planeta foi coberta por gelo e neve. Cite possíveis consequências desse fenômeno sobre a temperatura do planeta.

Aluno 3

Q1. As temperaturas delas subiram.

Q2. A lata preta.

Q3. Quando a luz entra em contato com o corpo essa matéria absorve o calor da luz e com isso a temperatura do corpo aumenta.

Q4. Através do aquecimento global e o efeito estufa.

O Aluno 3, em sua resposta à questão 3, demonstrou que atingiu o objetivo principal do experimento, ao afirmar que o corpo ao absorver o calor proveniente da luz sofre uma alteração de temperatura. Além disto, é possível notar que ele compreendeu como ocorreu a transferência de calor entre os corpos. Em sua resposta à questão 5, em que foi solicitado a explicação de como, possivelmente, foram originadas as eras glaciais, o Aluno 3 entendeu que o aquecimento global e o efeito estufa foram os fatores que influenciaram no derretimento de gelo que cobria parte da superfície terrestre, no entanto, não explicou como se desenvolveu tal processo. Com isso, é perceptível que o aluno não respondeu adequadamente à pergunta, por não ter compreendido a indagação ou não conseguir associar os fenômenos térmicos ao contexto da questão,

Aluno 4

Q1. As temperaturas subiram, só que a lata preta subiu mais do que a branca, porque a preta pega mais calor, portanto a temperatura subiu mais.

Q2. A lata preta.

Q3. Pode afetar por conta do calor da luz, afeta a temperatura porque o corpo fica aquecido.

Q4. Durante uma glaciação as temperaturas caem e o planeta passa por uma longa era do gelo e suas causas não estão totalmente provadas, mas podem envolver uma série de fenômenos.

A partir do que se observa nas respostas do aluno 10, no item 1, ele explica de maneira informal que em virtude de a lata ser preta ela “pegou” mais calor para si, evidenciando que ele percebeu o fenômeno, entretanto, não soube justificar adequadamente. Por outro lado, na última questão, o discente explicou o que são as eras glaciais, porém, não tentou justificar como acontece esse evento.

A aplicação deste questionário teve como propósito analisar se o experimento auxiliou na aprendizagem dos alunos sobre o tema e de identificar se o objetivo deste experimento foi alcançado. A principal questão para obter este entendimento foi a terceira, nela foi solicitado a explicação sobre o porquê dessa variação de temperatura, mesmo as duas latas tendo sido expostas à mesma fonte de luz. A maioria dos alunos respondeu que a transferência de calor de um corpo para outro muda a temperatura deste corpo. Diante das respostas, percebe-se que os alunos já conseguiam distinguir as duas variáveis e que, na maioria dos casos, elas estão relacionadas diretamente.

Nesta última questão foi inserido um tema contextualizado. O intuito da questão era identificar se os discentes conseguiram relacionar o experimento com essa questão prática. Todos os alunos relacionaram as eras glaciais com o efeito estufa e o aquecimento global. Eles entenderam a questão como se tivesse sido solicitado a explicação do porquê as geleiras estão diminuindo. O objetivo da questão é que o aluno explique sobre como o fluxo de calor afeta a temperatura terrestre, relacionando o período glacial.

De acordo com Pedaste *et al.* (2005), é a partir dos experimentos que os alunos coletam dados ao longo do ciclo investigativo, que servem para realizar a análise e servem de subsídios para a resolução da problemática instaurada.

Durante a realização desta etapa, denominada de investigação, foi perceptível que os discentes acompanharam o desenvolvimento do experimento, pois eles formularam diversas perguntas, que motivaram momentos de debates. Vieira *et al.* (2015) contribuem

informando que “Ao se engajarem em argumentações, os estudantes podem fazer afirmações baseadas em evidências, refletir e criticar as suas próprias afirmações e as dos colegas, desenvolvendo aspectos do pensamento crítico” (p. 709).

Aparato experimental 2 – Efeito Estufa

Esta atividade teve como objetivo levar os alunos a analisarem como o efeito estufa contribui para o aquecimento da atmosfera do planeta. Outro intuito de apresentar este experimento foi demonstrar para os alunos como ocorre esse fenômeno. Especificamente nos conteúdos de Física, este aparato demonstra a forma de transporte e retenção de calor por convecção.

O experimento foi feito com duas garrafas PET. Uma das garrafas foi cortada próximo à tampa, deixando o recipiente aberto, enquanto a outra permaneceu intacta. Um termômetro foi inserido em cada garrafa para verificar a variação de suas temperaturas internas. Para que se tivesse uma variação de temperatura significativa, foi cortado dois pedaços de cartolina preta, de mesmo tamanho, que foram fixados com fita adesiva na ponta de cada termômetro. Uma lâmpada serviu como fonte de energia térmica, distando 15 cm de ambas as garrafas. Cada aluno tinha a disposição uma tabela para anotar a temperatura inicial e final de cada garra, assim como a variação de temperatura.

Figura Aparato experimental 2.



Cada aluno respondeu ao questionário a seguir sobre o experimento, e como exemplo de resposta temos são apresentadas as respostas dos alunos 6 e 8.

Questionário para discussão

1. Qual garrafa sofreu maior aquecimento devido à exposição à fonte de radiação?
2. Explique a razão física de ocorrer as variações de temperatura serem diferentes em cada garrafa.
3. Considerando o ambiente interno da garrafa representa a atmosfera terrestre, o que representa a tampa da garrafa?
4. Pesquise sobre quais são os gases do efeito estufa e suas influências para o acontecimento desse fenômeno.
5. De que maneira se pode reduzir o efeito estufa?

Aluno 6

Q1. A garrafa fechada.

Q2. Porque uma estava aberta e a outra fechada, mas a fechada absorveu mais calor porque estava com a tampa.

Q3. A poluição, que polui as nuvens e fecha a atmosfera.

Q4. Monóxido de carbono, dióxido de carbono, clorofluorcarbono e metano.

Q5. Evita a emissão de gases poluentes, pois eles ficam na atmosfera, deixando ela fechada.

O aluno 6 em sua resposta à questão 2, explicou de forma casual o motivo da garrafa fechada ter retido mais calor do que a garrafa aberta; embora na sua explicação não tenha empregado os conceitos físicos abordados ao logo desta sequência de ensino. Em sua resposta à questão 3, ele compreendeu que a poluição contribui para o efeito estufa, não deixando o calor se propagar. Na resposta à questão 5, percebe-se que ele compreendeu que os gases poluentes ficam retidos na atmosfera, alterando a dinâmica natural do fluxo de calor.

Aluno 8

Q1. Garrafa fechada.

Q2. A garrafa fechada não libera a energia e a aberta libera.

Q3. A poluição.

Q4. Monóxido de carbono, dióxido de carbono, metano e óxido nitroso.

Q5. Menos uso de materiais que absorvem o calor, menos gases produzidos nas indústrias, menos queimadas porque liberam gases poluentes.

O Aluno 8 teve a percepção de que a garrafa fechada não libera o calor. A partir da observação de que as temperaturas de todas as garrafas sofreram alteração, é possível entender que tanto abertas como as fechadas todas elas retêm parte do calor. Desta forma, dizer que “a garrafa aberta libera o calor” não condiz com o objetivo do experimento.

Um ponto importante abordado é a resposta apresentada ao último quesito por esse aluno. Ele afirmou que o uso de materiais que absorvem menos calor é um dos motivos para a ocorrência do efeito estufa, relacionando com o experimento 1, no qual se observa

que a cor do material influencia na retenção de calor. Ele ainda complementou que existem outras maneiras de atenuar o aquecimento global.

A primeira questão serviu apenas para verificar se os alunos perceberam a variação de temperatura das garrafas; a pergunta seguinte foi pertinente, pois a resposta envolvia retomar os conceitos desenvolvidos nas aulas anteriores, a partir das respostas dos alunos é possível perceber se essa conexão ocorreu. As respostas apresentadas demonstravam que eles entenderam haver um fluxo de calor dentro da garrafa; mas não se percebeu nas respostas dos alunos os conceitos que deveriam ser retomados. Os alunos somente comentaram que uma garrafa reteve mais calor do que a outra, sem explicar como isso ocorreu.

A questão três teve como objetivo motivar os alunos a associarem a tampa da garrafa aos gases poluentes que agravam o efeito estufa, a partir do entendimento de que a tampa representa um bloqueio que dificulta a reflexão do calor para fora da garrafa, assim como pode acontecer no efeito estufa, que dificulta a perda de calor para fora do planeta Terra. De acordo com pesquisas realizadas com alunos do Ensino Médio sobre a compreensão deles acerca da temática efeito estufa, Pereira *et al.* (2019) perceberam que os alunos desenvolveram “argumentos que relacionavam o Efeito Estufa como um fenômeno natural e que sua intensificação está associada com ações do ser humano, tais como queima de combustíveis fósseis em grande escala” (p.479). Com isso, as associações apresentadas pelos alunos participantes deste nosso estudo sobre a influência dos gases poluentes na retenção do calor foram coerentes.

Ainda sobre a terceira questão, cerca de metade dos alunos responderam que a tampa representa a poluição que se acumula na atmosfera. Pode-se considerar satisfatória essa resposta, pois, mesmo sem terem indicado explicações detalhadas, é possível perceber que os discentes fizeram a associação corretamente. Outros informaram apenas que a tampa representava as nuvens, sem relacionar com os gases poluentes.

O penúltimo item do questionário solicita uma pesquisa sobre os gases que agravam o efeito estufa e como eles influenciam esse fenômeno. Todos os alunos limitaram-se a denominar os gases, mas não falaram sobre o que esses gases poderiam causar.

Por fim, na última pergunta indagou os alunos sobre como é possível reduzir o agravamento do efeito estufa. Todos responderam afirmando que é preciso diminuir a emissão de gases poluentes produzidos por automóveis e indústrias, além de evitar

queimadas. Dois alunos complementaram suas repostas informando que é necessário utilizar materiais na construção civil que absorvam menos calor, diminuindo assim a retenção de calor na superfície. Essa afirmação foi pertinente, pois é possível notar que houve entendimento sobre os fatores que alteram a absorção e emissão de calor.

5.4 Aula 5 – Conclusão

Para essa fase, que compreende a aplicação do questionário 3, foram elaboradas quatro questões, sendo a última a questão central da SEI, as demais tiveram por finalidade promover subsídios para que os alunos produzissem um discurso argumentativo na resolução da questão central. Todos os textos, atividades e experimentos serviram de base para que os alunos tivessem conhecimentos conceituais e práticos para responder a tal questão. A seguir temos o questionário juntamente com a questão central da SEI.

Questionário 3

1. Utilizando-se dos conceitos da Física, explique como ocorre o efeito estufa.
2. Como os gases influenciam na retenção do calor na atmosfera terrestre?
3. Qual a relação entre efeito estufa e aquecimento global?
4. **QUESTÃO CENTRAL:** De que maneira a compreensão dos conceitos da termodinâmica auxilia a você no entendimento de fenômenos como efeito estufa, aquecimento global e de seus impactos?

Algumas questões foram retomadas ou têm como respostas alguns conceitos explorados anteriormente, a exemplo da primeira questão, em que foi solicitado novamente que os alunos explicassem, de acordo com os conceitos da Física, como ocorre o efeito estufa. No segundo quesito resgatamos a influência da emissão de gases na atmosfera sobre efeito estufa e aquecimento global, e com a terceira questão o objetivo foi fazer com que os alunos relacionassem os fenômenos entre si. Com isso, essas três questões iniciais tiveram como finalidade promover o processo argumentativo dos alunos.

A seguir são apresentadas algumas das respostas apresentadas pelos alunos à questão central desta SEI.

Aluno 1: “O aumento na concentração dos gases de efeito estufa provoca alterações nas trocas de calor, entender isso ajuda a perceber como funciona o aquecimento global”.

Para que este aluno chegasse à conclusão de que há alterações nas trocas de calor, é necessário que ele tivesse entendido primeiramente de que maneira a atmosfera terrestre

absorve e reflete o calor. Além disto, seria preciso que ele compreendesse como essa forma de energia se propaga no ambiente. Neste argumento é perceptível que o aluno compreendeu as consequências do agravamento do efeito estufa, como também sobre propagação do calor e seus efeitos.

Aluno 3: “O calor está presente na atmosfera, a temperatura faz parte da vida, estudar a termodinâmica foi bom porque ajudou a entender e saber as consequências do aquecimento global”.

Observando este argumento, é notório que o aluno atribuiu importância em estudar a termodinâmica, por ter contribuído para o entendimento do fenômeno estudado. O aluno completou ainda, salientando que esse ramo da Física faz parte do contexto de vida. Ao final, ele reforçou que entendeu as consequências do aquecimento global, mostrando que um dos objetivos desta sequência de ensino foi alcançada.

Aluno 5: “Entender o calor e a temperatura é importante para ver como ocorre o processo de efeito estufa e suas consequências no aquecimento global”.

A resposta deste aluno demonstra que ele entendeu que para compreender os fenômenos estudados é preciso, antes de tudo, entender os conceitos de calor e temperatura, pois os mesmos servem de subsídios no entendimento destes fenômenos. Isso mostra que ele percebeu a aplicação do assunto estudado. Por fim, também é perceptível que o aluno entendeu que o aquecimento global tem como um dos seus fatores o agravamento do efeito estufa na Terra.

Aluno 7: “Conhecer os conceitos da termodinâmica ajudou a entender o que é o calor e como ele se propaga, e a entender como a Terra absorve e reflete o calor”.

Quando o aluno menciona calor, propagação, absorver e refletir, mesmo não explicando cada um destes termos, é perceptível que ele entendeu que a Terra pode absorver e refletir o calor que recebe, demonstrando que ele sabe que o calor pode ser transmitido. A partir do momento que o aluno utiliza termos corretos em substituição a palavras erroneamente associadas ao calor, como frio e quente, é possível concluir que houve aprendizagem.

Observando os argumentos dos alunos, a partir das suas respostas à questão central, é perceptível que eles tiveram dificuldades em demonstrar o que foi aprendido através de um discurso argumentativo. Esse fato foi agravado em virtude da mudança de

metodologia de ensino durante o período de distanciamento social, pois antes eles tinham aulas presenciais, com o início da pandemia houve uma migração abrupta para o ensino remoto e posteriormente a volta para o modo presencial. Além disso, naturalmente, os alunos apresentam objeção para responder questões abertas, visto que não era comum as atividades pedagógicas na turma implicarem em necessidade de argumentação. Segundo Pozo e Crespo (1998) “Muitos estudantes têm grandes dificuldades para expressar e descrever suas ideias, não tendo consciência das mesmas. Procuram mais utilidade do que a verdade” (p.88).

Além das dificuldades de argumentação apresentadas pelos alunos, descritas por Pozo e Crespo (1998), Pereira *et al.* (2019) elencam outros fatores que envolvem a argumentação sobre o efeito estufa:

Está longe de ser algo simples a construção de argumentos que relacionem o tema Efeito Estufa com um contexto que envolve aspectos ambientais, políticos, econômicos e sociais. Acrescenta-se a este desafio a elaboração de argumentos que explicitem a correta interpretação científica do fenômeno (p.481).

Ao perceber as concepções prévias dos alunos da Educação Básica sobre os mesmos fenômenos térmicos desenvolvidos nesta SEI, Libanore (2007) observou que:

[...] as ideias e crenças que os educandos trazem para a escola terão forte influência na interpretação e compreensão daquilo que é ensinado. A aprendizagem então ocorre quando um novo conhecimento tem uma conexão com o conhecimento prévio do aluno, passando, assim, a ter um significado para ele (p.36).

Diante das observações feitas pelos autores, é notório o grande desafio que se tem em promover a argumentação dos alunos durante as aulas. Somando-se a tudo isto, os discentes, normalmente, não têm o hábito de desenvolver construções argumentativas para responder questionamentos dentro e fora da escola.

5.5 Aula 6 – Discussão

Esta última aula da SEI tem como objetivos: retomar à questão central, dando oportunidade para que os alunos recobrem suas respostas; analisar como se desenvolveu a resolução da questão central, considerando a aprendizagem ao longo da SEI; e refletir sobre as ideias que foram construídas ao longo do processo. As questões apresentadas, em sua maioria, foram relacionadas com aplicações cotidianas, sendo relacionada a tema

sociocientífico, buscando a opinião dos alunos na resolução das problemáticas abordadas durante toda a SEI. A seguir temos o questionário final e algumas repostas apresentadas pelos alunos.

Questionário final

1. Quais fenômenos estudados em termodinâmica estão presentes no efeito estufa e no aquecimento global?
2. Quais medidas você sugere que os governantes adotem para diminuir os efeitos causados pelo aquecimento global?
3. Considerando a sua resposta à questão anterior, essas medidas são possíveis do ponto de vista da física?
4. Com base nos conceitos abordados nesta SEI, existe alguma maneira de evitar a elevação da temperatura do planeta? O que você pode fazer para contribuir para isso?

Aluno 5

Q1. Trocas de calor, transferência de energia e variação de temperatura.

Q2. Monitorar e reduzir a quantidade de carbono, deveriam fazer mais reciclagem, proibir queimadas.

Q3. Sim, porque fazendo com que os governantes possam diminuir os efeitos que estão causando pelo aquecimento global não vai piorar o nosso planeta e nem o aquecimento global.

Q4. Sim, podemos contribuir com a retirada de coisas escuras, trazendo claridade ao planeta.

Em todas as respostas apresentadas pelo aluno 5, percebemos que ele compreendeu os conceitos desenvolvidos ao longo desta SEI. Na resposta à primeira questão ele soube relacionar os conteúdos. Para a questão dois ele apresentou uma proposta para diminuir os fenômenos discutidos. Na terceira, ele enfatizou que é possível minimizar tais feitos. A sua resposta à última questão chamou a nossa atenção, pois ele afirmou que trocar materiais escuros por mais claros contribui para uma menor retenção do calor pela atmosfera, fato comprovado pelo experimento 1. Então, em sua concepção é possível substituir materiais que absorvem muito calor por outros que refletem com mais facilidade, geralmente os de cores mais claras.

Aluno 10

Q1. Propagação do calor, energia térmica e temperatura estão presentes no efeito estufa e aquecimento global.

Q2. Evitar uso de máquinas que causem ainda mais calor na Terra, concentração na diminuição nos afazeres industriais, utilizar veículos que não usem combustíveis fósseis.

Q3. Sim, pois através disso a física fará análises para ver e confirmar se houve ou não a diminuição da temperatura.

Q4. Sim, inúmeras maneiras. Não usar itens que causem calor ou encham o local de vapor, diminuir a poluição nas ruas ou locais abertos, através de pequenos cuidados e medidas aplicadas tanto pelo governo quanto por mim.

No relato do aluno 10 é perceptível identificar que se alcançou os objetivos traçados por esta sequência de ensino, pois esse aluno relacionou corretamente os conceitos de termodinâmica, exemplificou acertadamente situações que provocam os fenômenos estudados e, por último, afirmou que as ações do homem a natureza contribuem na degradação do meio ambiente.

Este último questionário foi aplicado objetivando a reflexão sobre as respostas apresentadas no questionário 3. Os alunos durante esta aula puderam retomar conceitos apresentados em aulas anteriores. Além disso, houve uma discussão com toda a turma para saber a opinião dos alunos sobre a SEI.

A partir da análise das respostas apresentadas à questão um, percebe-se que a maioria dos alunos não relacionou os conceitos da termodinâmica aos fenômenos atmosféricos estudados nesta SEI, apenas dois responderam corretamente, pois evocaram sobre calor, temperatura e propagação de calor. Na questão dois, houve sugestões pertinentes quanto a diminuição do aquecimento global. Três respostas apresentadas foram oportunas, pois a sugestão apresentada dizia que era necessário utilizar materiais na construção civil que absorvessem menos calor. Isso demonstra que houve entendimento sobre fatores que influenciam na absorção do calor.

Na questão três os alunos afirmaram que as soluções estão de acordo com a Física. Na última questão, de caráter pessoal, os discentes apresentaram propostas relacionadas com diminuição da liberação de gás carbônico e com preservação da natureza.

Com a aplicação deste último questionário foi percebido que os estudantes têm dificuldades de responderem a questões abertas. Algumas das possíveis justificativas para isto são: o método de ensino tradicional que ainda perdura nos contextos escolares e o não incentivo à prática argumentativa, visto que, geralmente, as questões empregadas em questionários não fomentam discussões.

Depois de analisar as afirmações dos alunos nesta etapa da SEI, foi percebido que alguns deles continuavam utilizando termos cotidianos que representam inconsistência conceitual. Naturalmente, em apenas 6 aulas de 50 minutos cada uma não era esperado mudanças relevantes na forma de concepções de suas ideias sobre os fenômenos e grandezas físicas abordados ao longo deste trabalho. Diante disto, podemos apresentar aqui o que foi dito por Libanore (2007), ao verificar as concepções alternativas de estudantes da educação básica sobre fenômeno efeito estufa: “o fato de os alunos

possuírem ideias alternativas coerentes com seus conhecimentos e necessidades diárias parece ser justamente a razão maior que faz com que essas ideias alternativas dificilmente sejam abandonadas (p.12).

Os autores Hulsendeger *et al.* (2006) reforçam que

O surpreendente é que essas concepções permanecem na mente de muitos alunos após a aprendizagem formal dos conceitos abordados na Termodinâmica, fazendo com que tais ideias se sobreponham àquelas aceitas pela Ciência atual. [...] Os estudantes mesclam, muitas vezes, conceitos cientificamente corretos com suas próprias explicações, formando assim um corpus de conhecimento coerente com a sua realidade e de grande força no seu imaginário (p.41).

Ao final da última aula, houve o encerramento da SEI e agradecimento pela participação dos alunos neste trabalho.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tradicionalmente, os alunos têm sua aprendizagem mensurada por meio de provas e testes que não possibilitam analisar corretamente tudo o que foi aprendido por eles. Normalmente, isso se dá por meio de provas teóricas, não abrangendo a prática e as suas opiniões sobre temas relevantes para sua vida. A inserção de temas sociocientíficos para discussões em sala de aula proporciona a oportunidade de abordar assuntos que são importantes para o contexto vivenciado pelos alunos. Isso fomenta a produção de argumentos para que os alunos sejam capazes de, em um momento de debate, produzir e julgar informações que são apresentadas nos seus variados contextos.

A argumentação no ensino de ciências é uma ferramenta útil na prática docente, proporcionando um mecanismo de verificação do que foi aprendido. Os alunos são incentivados a utilizar dados e informações para defender suas afirmações. Com isso, o professor terá condições de avaliar a aprendizagem dos alunos, além de perceber como se desenvolveu a construção dos argumentos deles

O ensino por investigação é um campo fértil para promover o desenvolvimento da análise de situações as quais os alunos serão expostos, proporcionando assim oportunidade de discutir temas relevantes. A formação cidadã dos alunos passa, sem dúvida, pela inserção de temas sociocientíficos no contexto educacional, que atrelada ao incentivo à argumentação, produz oportunidade de inserir uma cultura de busca de informações que justifiquem os argumentos produzidos ou apresentados aos discentes, fazendo com que estes consigam perceber os efeitos de suas ações nas questões sociais.

Espera-se que outros professores, ao final da vivência da sequência de ensino investigativa, proposta no produto educacional deste trabalho, percebam a importância de inserir temas sociocientíficos em sua prática docente, fazendo com que os seus alunos enxerguem que a ciência está presente em seu cotidiano e que pode auxiliar na resolução de questões práticas.

Nesta dissertação, o estudo e as discussões sobre aquecimento global e efeito estufa, considerando conceitos termodinâmicos, em aulas de Física em uma turma de segunda série do Ensino Médio contribuíram para identificar que é possível utilizar uma sequência de ensino investigativa como ferramenta para a produção de argumentos pelos alunos.

A leitura prévia dos textos pelos discentes fez com que eles tivessem foco no tema estudado. Os experimentos foram importantes no sentido de demonstrar como ocorre o efeito estufa e suas principais causas, resultando em mais facilidade em discutir este tema, que parecia, segundo os alunos, ser abstrato. Os questionários proporcionaram discussões que fomentaram o diálogo e a produção de novas informações.

Percebeu-se, no entanto, a dificuldade que os alunos ainda tinham para responder questões abertas, em que é solicitado a sua própria opinião ou a interpretação de dados. Outra barreira apresentada pelos alunos foi a resolução da questão central desta SEI, pois alguns não conseguiram entender a pergunta, e atribuíram os conceitos aos fenômenos estudados, sem justificar suas respostas. Os alunos puderam embasar suas alegações aos conceitos de termodinâmica. Para que se tenha uma melhoria na construção dos argumentos é preciso fomentar a inserção de momentos de discussão, abordar temas sociocientíficos e proporcionar espaços de diálogo durante as aulas.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, J.O. Calor e temperatura no ensino fundamental: relações entre o ensino e a aprendizagem numa perspectiva construtivista. **Investigações em ensino de Ciências**, v. 4, n. 1, p. 73-90, 1999).
- ANACLETO, Alcinda. Temperatura e sua medição. **Departamento de Física Faculdade de Ciências da Universidade do Porto**, 2007.
- AZEVEDO, M.C.P.S., Ensino por investigação: Problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A.M.P. (org.) **Ensino de Ciências**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.
- BARBISAN, L. B. Uma proposta para o ensino da argumentação. **Letras de Hoje**, v. 42, n. 2, 2007.
- BIANCHI, S. R. **A importância da Motivação na aprendizagem no ensino fundamental**. 2011. 31f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Pedagogia) - Universidade Federal De São Carlos – Ufscar Centro De Educação E Ciências Humanas – Cech Departamento De Educação – Ded, São Carlos, São Paulo, 2011.
- BORGES, J. R.A.; USTRA, S. R. V. Análise de práticas argumentativas através do padrão de Toulmin (TAP) no desenvolvimento de projetos nas aulas de física. **Vivências**, v. 17, n. 32, p. 129-147, 2021.
- BRASIL. Ministério da Educação. Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Brasília, 2000;
- BRASIL. Ministério da Educação. Orientações Curriculares para o Ensino Médio. Brasília, 2006;
- BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018.
- BRITO, J. Q. A.; SÁ, L. P. Estratégias promotoras da argumentação sobre questões sócio-científicas com alunos do ensino médio. **Revista electrónica de enseñanza de las ciencias**, v. 9, n. 3, 2010.
- CARVALHO, A. M. P. et al. **Ensino de física**. São Paulo: Cengage Learning, 2011.
- CHINN, C. A.; MALHOTRA, B. A. Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. **Science Education**, v. 86, n. 2, p. 175-218, 2002.
- COLOMBO, P. J. D., LOURENÇO, A. B., SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Ensino de Física nos anos iniciais: análise da argumentação na resolução de uma “atividade de conhecimento físico”. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 17, n. 2, p. 489-507, 2016.
- COSTA, A. Desenvolver a capacidade de argumentação dos estudantes: um objectivo pedagógico fundamental. **Revista Iberoamericana de Educación**, v. 46, n. 5, p. 1-8, 2008.
- DEBOER, G. E. Historical perspectives on inquiry teaching in schools. In: **Scientific inquiry and nature of science**. Springer, Dordrecht, 2006. p. 17-35.

- DE-CARVALHO, R.; MATEI, A. P. Transversalizando conteúdos de Física no ensino médio: o efeito estufa causado pela pecuária. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 25, p. 255-266, 2019.
- DO NASCIMENTO, S. S.; VIEIRA, R. D. Contribuições e limites do padrão de argumento de Toulmin aplicado em situações argumentativas de sala de aula de ciências. **Revista brasileira de pesquisa em Educação em Ciências**, v. 8, n. 2, 2008.
- FAVARÃO, N. R. L.; ARAÚJO, C. S. A. Importância da interdisciplinaridade no ensino superior. **Educere**, v.4, n. 2, p. 103-15, 2004.
- FEYNMAN, R. P.; LEIGHTON, R. B.; MATTHEW, S. Lições de Física de Feynman. vol. 1. Edição definitiva.; Tradução Adriana Válio Roque da Silva. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- HALLIDAY D; RESNICK R e WALKER J. **Fundamentos de Física: Gravitação, Ondas e Termodinâmica**. Vol 2. 10 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016. 643p.
- HMELO-SILVER, C. E. Problem-based learning: What and how do students learn? **Educational psychology review**, v. 16, n. 3, p. 235-266, 2004.
- HULSENDEGER, M. J.; DA COSTA, D.; K.; CURY, H. N. Identificação de concepções de alunos de ensino médio sobre calor e temperatura/Identification of conceptions of high school students about heat and temperature. **Acta Scientiae**, v. 8, n. 1, p. 35-46, 2006.
- JACQUES, V.; MILARÉ, T.; ALVES FILHO, J. P. A presença do conceito de energia no tratamento da química em livros didáticos de ciências. **Anais do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Florianópolis, Santa Catarina, 2009.
- JESUS, M. P.; SILVA, A. C T. A argumentação no ensino de CTS aliado à pedagogia de Paulo Freire. **Enseñanza de las ciencias**, n. Extra, p. 4641-4646, 2017.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M.P.; DÍAZ DE BUSTAMANTE, J. Discurso de Aula y Argumentación en la Clase de Ciências: Cuestiones Teóricas y Metodológicas, **Enseñanza de las Ciencias**, v.21, n.3, 359-370, 2003.
- JUNGES, A. L.; SANTOS, V. Y.; MASSONI, N. T.; SANTOS, F. A. M. Efeito estufa e aquecimento global: uma abordagem conceitual a partir da física para educação básica. **Experiências em Ensino de Ciências. Cuiabá. Vol. 13, n. 5, p. 126-151**, 2018.
- KAZUHITO, Y.; FUKU, L. F. **Física para ensino médio**. São Paulo: Saraiva, 2016.
- KORTLAND, K. An STS case study about students' decision making on the waste issue. **Science Education**, v. 80, n. 6, p. 673-689, 1996.
- KOULALIDIS, V.; CHRISTIDOU, V. Models of Students' Thinking Concerning the Greenhouse Effect and Teaching Implications. **Science Education**, v.83, n.5, 1999.
- LEITÃO, S. The potential of argument in knowledge building. **Human development**, v. 43, n. 6, p. 332-360, 2000.
- MAGALHÃES, L. Aquecimento Global. Todamateria. sd. Disponível em <<https://www.todamateria.com.br/aquecimento-global/>>. Acesso em: 21, junho de 2021.

- LIBANORE, A. C. L. S. **As concepções alternativas de alunos da 8ª série do ensino fundamental sobre o fenômeno do efeito estufa**. 2007. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Maringá.
- MARTÍNEZ PÉREZ, L. F. **Questões sociocientíficas na prática docente: ideologia, autonomia e formação de professores**. São Paulo: Editora Unesp, 2012;
- MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 12, n.3, p.164-214, 1995.
- MORTIMER, E. F.; AMARAL, L. O. F. **Quanto mais quente melhor: Calor e Temperatura no ensino de Termoquímica**. 2005. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc07/aluno.pdf>> acesso em: 07 Jul 2021.
- MORAN, M. J.; SHAPIRO, H. N.; BOETTNER, D. D. **Princípios de termodinâmica para engenharia**. 7 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014. 819f.
- MOTOKANE, M. T. Sequências didáticas investigativas e argumentação no ensino de ecologia. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 17, p. 115-138, 2015.
- MOTOKANE, M. T. **Argumentação e atividades investigativas**. In: SILVA, A. C. T.; SOUZA D. N. (org). Sequências de ensino investigativas para o ensino de ciências. Curitiba: CRV. 2020, p. 23-33.
- MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. D. C. Ensinar ciências por investigação: em que estamos de acordo? **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 9, n. 1, p. 89-111, 2007.
- NASCIMENTO, T. G.; ALVETTI, M. A. S. Temas científicos contemporâneos no ensino de biologia e física. *Ciência & Ensino* (ISSN 1980-8631), v. 1, n. 1, 2007.
- NEVES, J. A.; CHARRET, I. C.; CARVALHO, S. A. Estudando a física do efeito estufa no 9º ano: uma abordagem visando a aprendizagem significativa. **Experimentação no Ensino de Ciências**, v. 12, n. 08, p. 66-87, 2017.
- ORTIZ, R. Experimentos de Astronomia para o Ensino Fundamental e Médio. Uspnet, 2011. Disponível em <http://each.uspnet.usp.br/ortiz/classes/experimentos_2011.pdf>. Acesso em: 14, julho de 2021
- RIBEIRO, T. N.; SOUZA, D. N.; MOREIRA, M. A. O mapa conceitual como instrumento de avaliação de uma unidade de ensino potencialmente significativa (UEPS) sobre o conteúdo razões trigonométricas no triângulo retângulo. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 8, p. 21-37, 2018.
- RICARDO, E. C.; SILVA, R. C. E. **Concepção dos professores das Ciências no nível médio sobre o ensino da tecnologia**. In: Simpósio Nacional de Ensino de Física, XVI, 2005, Rio de Janeiro, Anais. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Física, 2005.
- RODRIGUES, B. A.; BORGES, A. T. O ensino de ciências por investigação: reconstrução histórica. **Anais do XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**, p. 1-12, 2008.

RUBINO, L. N. **A Física envolvida no fenômeno do efeito estufa – uma abordagem CTS para o Ensino Médio**. 2010. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

SANTOS, W. L. P. Educação científica humanística em uma perspectiva freireana: resgatando a função do ensino de CTS. **Alexandria: revista de educação em ciência e tecnologia**, v. 1, n. 1, p. 109-131, 2008.

SCARPA, D. L. O papel da argumentação no ensino de ciências: lições de um workshop. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte), v. 17, p. 15-30, 2015.

SASSERON, L. H. Interações discursivas e investigação em sala de aula: o papel do professor. **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, p. 41-62, 2013.

SASSERON, L. H. **Ensinar ciências em um mundo repleto de informações: do reconhecimento e dos obstáculos à necessidade de práticas em sala de aula**. In: SILVA, A. C. T.; SOUZA D. N. (org). Sequências de ensino investigativas para o ensino de ciências. Curitiba: CRV. 2020, p. 36-49.

SILVA, M. A. J. **Uma abordagem histórica e prática para o ensino da Termodinâmica**. 2013. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2013/2013_uel_fis_pdp_marilsa_aparecida_jofre_da_silva.pdf> acesso em: 07 de Julho de 2021.

SOLINO, A. P.; FERRAZ, A. T.; SASSERON, L. H. Ensino por investigação como abordagem didática: desenvolvimento de práticas científicas escolares. **XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física**, Uberlândia. Anais. p. 1-6, 2015.

PEDASTE, M. *et al.* Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. **Educational research review**, v. 14, p. 47-61, 2015.

PEREIRA, B. B.; CAMPOS, F. C.; SILVA, L. F.; FIGUEIREDO, N. Abordagem de temas e ensino de Física: compreensões de alunos do ensino médio sobre o tema efeito estufa. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 14, n. 3, p. 472-485, 2019.

PEZARINI, A. R.; MACIEL, M. D. Avaliação dos argumentos e das argumentações produzidas pelos estudantes de ciências e biologia a partir de uma proposta didática pautada em Toulmin e Bonini. 2019.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. C. A. Solução de Problemas nas Ciências da Natureza. Em POZO, J. I. (Org). **A Solução de Problemas: aprender a resolver, resolver para aprender**. Porto Alegre, Artmed, 1998. p.67-102.

PUHL, N. M.; MARCHI, M. I. Atividades investigativas no ensino de física: um enfoque termodinâmico ao corpo humano (Investigative activities in physical education: a thermodynamic approach to the human body). **Revista Eletrônica de Educação**, v. 13, n. 3, p. 1191-1205, 2019.

SÁ, L. P.; QUEIROZ, S. L. Promovendo a argumentação no ensino superior de química. **Química Nova**, v. 30, n. 8, p. 2035-2042, 2007.

SÁ, L. P. **Estudo de casos na promoção da argumentação sobre questões sócio-científicas no ensino superior de química**. Orientadora: Salete Linhares Queiroz. 2010.

278f. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2010.

SADLER, T. D. Promoting discourse and argumentation in science teacher education. **Journal of Science Teacher Education**, v. 17, n. 4, p. 323-346, 2006.

SILVA, A. C. T.; SOUZA, D. N. **Apresentação**. In: SILVA, A. C. T.; SOUZA D. N. (org). In: Sequências de ensino investigativas para o ensino de ciências. Curitiba: CRV. 2020, p. 16-19.

SIMONNEAUX, L. Role-play or debate to promote students' argumentation and justification on an issue in animal transgenesis. **International Journal of Science Education**, v. 23, n. 9, p. 903-927, 2001.

HILÁRIO, T. W.; R. R. SEQUÊNCIA DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO: UMA PROPOSTA PARA O PROCESSO DE ALFABETIZAÇÃO. Produto Educacional (Mestrado). Instituto Federal de Goiás. Campus Jataí, Programa de Pós-Graduação em Educação para Ciências e Matemática, 2018.

TOULMIN, S. **Os usos do argumento**. Trad. Reinaldo Guarany. São Paulo: Martins Fontes, 2006.

VIEIRA, K. R.C.F; BAZZO, W. A.; Discussões acerca do aquecimento global: uma proposta CTS para abordar esse tema controverso em sala de aula. **Ciência e Ensino**, v.1, número especial, 2007.

VIEIRA, R. D. *et al.* Argumentação e orientações discursivas na educação em ciências. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. 3, p. 707-725, 2015.

XAVIER, M. E. R; KERR, A. AF S. O Efeito estufa e as mudanças climáticas globais. **Instituto de Física da Universidade de São Paulo**, 2013. Disponível em:<http://www.fap.if.usp.br/~akerr/efeito_estufa.pdf>. Acesso em 21 Jan. 2022.

YAMAMOTO, K. FUKU, L.P. **Física para o ensino médio volume 2**. 4 ed. São Paulo: Saraiva, 2016. 404p.

Young, H. D; Freedman, R. A. **Física II: Termodinâmica e Ondas**. Vol 2. 14 ed. São Paulo: Pearson, 2015. 394p.

WYLEN, G. V. *et al.* **Fundamentos da termodinâmica clássica para engenharia**. 7ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014. 819f.

APÊNDICE - Material a ser Utilizado pelos Alunos na SEI

TEXTO 1 – Temperatura, calor e propagação do calor

ENERGIA TÉRMICA E SEUS PROCESSOS DE TRANSMISSÃO

Calor é a energia térmica transferida de um corpo para outro por conta da diferença de temperatura entre eles, ou seja, é a energia térmica em movimento. Quando um corpo recebe ou cede certa quantidade de energia térmica, pode-se observar como consequência, uma variação de sua temperatura ou uma mudança de estado físico.

A variação de temperatura corresponde a uma alteração no nível de agitação das moléculas do corpo. Nesse caso, a energia térmica transferida é denominada calor sensível. A mudança de estado corresponde a uma variação na forma de agregação de suas partículas, passando de um estado para outro. Os estados físicos mais conhecidos são sólido, líquido e gasoso. Nesse caso, a energia térmica transferida é denominada calor latente e corresponde à quantidade de calor necessária para ocasionar a mudança de estado.

O calor pode ser transmitido através de três processos: a condução, a convecção e a irradiação. Na condução a transmissão ocorre através das moléculas que compõem o material que vão transferindo umas para as outras a energia térmica, mas mantendo a posição que ocupam no material.

Na convecção a transmissão de calor acontece pelo deslocamento de um fluido. Porções do fluido em diferentes temperaturas têm diferentes densidades e isto causa o movimento das porções. A convecção só pode ocorrer em líquidos e gases. Um exemplo de convecção é o que acontece com a fumaça produzida pela queima de materiais, como vegetação, neste caso, o ar é aquecido e fica menos denso, então ele tende a subir para lugares mais altos. Enquanto ele sobe vai se resfriando e, ao mesmo tempo, provocando a descida de ar frio, mais denso, que está lá em cima. Isto acaba gerando um fluxo de ar, chamado corrente de convecção.

No processo de transmissão de energia térmica denominado irradiação o calor é transmitido através de ondas eletromagnéticas. A luz, por exemplo, é uma onda eletromagnética. Esta propagação não precisa de um meio para acontecer, ela pode ocorrer no vácuo. É este processo que faz com que a energia solar chegue aqui na Terra.

QUESTIONÁRIO 1:

1. Segundo o texto como podemos definir temperatura e calor? Calor e temperatura são a mesma coisa?
2. A partir do que foi exposto no texto, descreva algum exemplo em que se perceba a transferência de calor.
3. Com base nas definições das formas de propagação do calor, exemplifique cada uma delas.
4. Antes de ler o texto, como você definia calor e temperatura? Considerava as duas grandezas iguais?
5. Considerando propagação do calor através da convecção, qual fenômeno da natureza podemos associar a essa forma de condução do calor?

ATIVIDADE 1

Sentindo o Clima

Passeie pelos arredores de sua casa ou escola e tente sentir as diferentes características climáticas que podem ocorrer mesmo quando comparamos lugares muito próximos (o que é denominado de microclima). Pense em relação à sua percepção de clima: se está quente ou frio, abafado ou fresco, com vento ou sem vento etc., e responda às perguntas seguintes.

1. Como você se sente em um dia ensolarado de verão?
2. E em um dia de inverno?
3. O que acontece se você estiver embaixo de uma árvore?
4. Quando chove qual a sensação que você tem?

Textos e questionários adaptados de:

http://www.fap.if.usp.br/~akerr/efeito_estufa.pdf>. Acesso em 22 de junho de 2021.

TEXTO 2 - Aquecimento Global

O aquecimento global corresponde ao aumento da temperatura média terrestre, causado pelo acúmulo de gases poluentes na atmosfera. O século XX foi considerado o período mais quente desde a última glaciação, tendo ocorrido um aumento médio de 0,7°C na Terra nos últimos 100 anos. O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), órgão responsável por estudos sobre o aquecimento global, acredita que o cenário para as próximas décadas é de temperaturas ainda mais altas.

Estudo recente, de 2017, indica que são de 90% as chances do aumento entre 2 e 4,9°C das temperaturas médias no século XXI. Um aumento de 2 °C já resultaria em graves e irreversíveis problemas ambientais. Por isso, o aquecimento global é considerado um problema ambiental urgente e com graves consequências para a humanidade. Porém, o tema ainda é controverso. Para alguns cientistas, o aquecimento global como resultados das atividades humanas é uma farsa. Eles argumentam que a Terra passa por períodos de esfriamento e aquecimento, o que seria um processo natural.

Efeito Estufa e Aquecimento Global

O fenômeno natural do efeito estufa está intimamente ligado às mudanças climáticas que ocorrem no planeta Terra. O efeito estufa apesar de relacionado com o aquecimento global, é um processo que garante que a Terra mantenha a temperatura adequada para a vida. Sem ele, o planeta seria muito frio, a ponto de muitas formas de vida não existirem.

O problema está no aumento da emissão de gases poluentes, os chamados gases de efeito estufa. Eles se acumulam na atmosfera e com isso, há uma maior retenção de calor da Terra.

Então, como acontece o aquecimento global?

O aumento na concentração dos gases de efeito estufa provoca alteração nas trocas de calor, ficando a maior parte retida na atmosfera. Em consequência, ocorre o aumento da temperatura, o que causa o aquecimento global. É importante destacar que o aumento da emissão de gases de efeito estufa é resultado das atividades humanas. Esse aumento se iniciou no século XVIII, com a Revolução Industrial e perdura até os dias de hoje.

Os gases de efeito estufa são:

1. Monóxido de Carbono (CO)
2. Dióxido de Carbono (CO₂)
3. Clorofluorcarbonos (CFC)
4. Óxido de Nitrogênio (N_xO_x)
5. Dióxido de Enxofre (SO₂)
6. Metano (CH₄)

Causas

A principal causa do aquecimento global é a emissão de gases de efeito estufa. Estimativas sugerem que as emissões de gases do efeito estufa, em decorrência de atividades humanas, aumentaram em 70%, no período de 1970 a 2004.

Várias atividades causam a emissão desses gases, as principais são:

Uso de combustíveis fósseis: A queima de combustíveis fósseis usados em automóveis movidos a gasolina e óleo diesel libera dióxido de carbono, sendo esse gás considerado o maior responsável pela retenção de calor.

Desmatamento: O desmatamento, além de destruir grandes áreas de floresta, também libera gases de efeito estufa.

Queimadas: A queima da vegetação libera quantidades significativas de dióxido de carbono.

Atividades Industriais: As indústrias que fazem uso de combustíveis fósseis também são responsáveis pela emissão de gases poluentes. Essa situação compreende a maior parte da emissão de gases de efeito estufa em países desenvolvidos.

Consequências

Como vimos, os gases poluentes formam uma espécie de "cobertor" em torno do planeta. Eles impedem que a radiação solar, refletida pela superfície em forma de calor, se dissipe para o espaço.

O aquecimento global provoca uma série de alterações no planeta, sendo que as principais são:

1. Mudança na composição da fauna e da flora em todo o planeta.

2. Derretimento de grandes massas de gelo das regiões polares, ocasionando o aumento do nível do mar. Isso poderá levar a submersão de cidades litorâneas, forçando a migração de pessoas.
3. Aumento de casos de desastres naturais como inundações, tempestades e furacões.
4. Extinção de espécies.
5. Desertificação de áreas naturais.
6. As secas poderão ser mais frequentes.
7. As mudanças climáticas podem ainda afetar a produção de alimentos, pois muitas áreas produtivas podem ser afetadas.

As regiões congeladas estão sob maior pressão do aquecimento global, devido à elevação da temperatura superior à média mundial. O derretimento das calotas polares já é uma realidade e os impactos negativos na região já podem ser observados. As duas fotos a seguir ilustram o derretimento das calotas polares

Efeito Aquecimento Global



Foto do Alasca que mostra a diferença da paisagem nos anos de 1909 e 2004
Fonte: <https://www.todamateria.com.br/aquecimento-global/>

Sabe-se que os animais que vivem nas regiões congeladas sofrem com as consequências do aquecimento global, tais como: o pinguim, a baleia orca, a baleia franca, raposas e ursos.

Aquecimento Global e o Brasil

No Brasil, a principal fonte de emissão de gases do efeito estufa é originária da queimada e derrubada de florestas, especialmente na Amazônia e Cerrado. Essa situação torna o país um dos mais poluidores do mundo.

Entretanto, o Brasil figura como um dos líderes mundiais nas discussões para diminuir os efeitos do aquecimento global. O maior potencial do país para redução da emissão de gases do efeito estufa é a redução do desmatamento. A preocupação com as mudanças climáticas é mundial. Por isso, vários acordos internacionais já foram firmados com o objetivo de reduzir as emissões de gases poluentes, a exemplo do Protocolo de Kyoto.

O Protocolo de Kyoto é um tratado internacional assinado, em 1997, na cidade de Kyoto, no Japão. Esse protocolo tem a finalidade de alertar para o aumento do efeito estufa e do aquecimento global. Para isso, os países se comprometeram em reduzir o volume de gases lançados na atmosfera, principalmente o de dióxido de carbono.

QUESTIONÁRIO (2):

1. Como podemos relacionar o fenômeno do aquecimento global com os conceitos da física discutidos até aqui?
2. Explique com base nos conceitos da termodinâmica, como ocorre o aquecimento global e o efeito estufa?
3. De que maneira podemos evitar a elevação da temperatura do planeta?
4. Como os gases influenciam na retenção do calor na atmosfera do nosso planeta?
5. Os cientistas afirmam que as causas do aquecimento global são diversas, explique quais principais causas fazendo uso dos conceitos físicos.

Textos e questionário adaptados de:

<https://www.todamateria.com.br/aquecimento-global/>. Acesso em 21 de junho de 2021.

APARATO EXPERIMENTAL (1) - Cor e Temperatura

- 1- Objetivo:

Observar como a cor de um objeto afeta a temperatura de sua superfície

- 2- Resultados:

	Temp. inicial	Temp. final	Variação de temperatura
Lata com cartolina branca			
Lata com cartolina preta			

3- Questionário para discussão:

1. O que ocorreu com a temperatura de cada lata quando elas foram expostas à luz da lâmpada?
2. Qual das duas latas foi mais aquecida pela lâmpada?
3. Explique como a luz pode afetar a temperatura de um corpo.
4. Durante as “eras glaciais” que ocorreram na Terra, uma grande parte do planeta foi coberta por gelo e neve. Cite possíveis consequências desse fenômeno sobre a temperatura do planeta.

APARATO EXPERIMENTAL (2) – Efeito Estufa

1- Resultados:

	Garrafa aberta	Garrafa fechada
Temperatura Inicial		
Temperatura Final		
Variação de Temperatura		

2- Questionário para discussão:

1. Qual garrafa sofreu maior aquecimento devido à exposição à fonte de radiação?
2. Explique a razão física de ocorrer as variações de temperatura serem diferentes em cada garrafa.
3. Considerando o ambiente interno da garrafa representa a atmosfera terrestre, o que representa a tampa da garrafa?
4. Pesquise sobre quais são os gases do efeito estufa e suas influências para o acontecimento deste fenômeno.
5. De que maneira pode-se reduzir o efeito estufa?

Experimentos e questionários adaptados de:

http://each.uspnet.usp.br/ortiz/classes/experimentos_2011.pdf. Acesso em 14 de julho de 2021.

QUESTIONÁRIO (3):

1. Utilizando-se dos conceitos da física, explique como ocorre o efeito estufa.
2. Como os gases influenciam na retenção do calor?
3. Qual a relação entre efeito estufa e aquecimento global?
4. **QUESTÃO CENTRAL:** De que maneira a compreensão dos conceitos da termodinâmica auxilia a você no entendimento de fenômenos como efeito estufa, aquecimento global e de seus impactos?

QUESTIONÁRIO FINAL:

1. Quais fenômenos estudados em termodinâmica estão presentes no efeito estufa e no aquecimento global?
2. Quais medidas você sugere que os governantes adotem para diminuir os efeitos causados pelo aquecimento global?
3. Considerando a sua resposta à questão anterior, essas medidas são possíveis do ponto de vista da física?
4. Com base nos conceitos abordados nesta SEI, existe alguma maneira de evitar a elevação da temperatura do planeta? O que você pode fazer para contribuir para isso?