

MERCIA CRISTINA FÉLIX TEIXEIRA BRAGA

**ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO:
UMA ESTRATÉGIA PEDAGÓGICA PARA O ENSINO DE TER-
MODINÂMICA NO ENSINO MÉDIO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, para a obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2018

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa

T

B813e
2018
Braga, Mercia Cristina Félix Teixeira, 1973-
Ensino de ciências por investigação : uma estratégia
pedagógica para o ensino de termodinâmica no ensino médio /
Mercia Cristina Félix Teixeira Braga. – Viçosa, MG, 2018.
vi, 113 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Regina Simplicio Carvalho.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 83-85.

1. Física - Estudo e ensino (Ensino médio). 2. Didática
(Ensino médio) - Desenvolvimento. 3. Termodinâmica.
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Física.
Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional
em Ensino de Física. II. Título.

CDD 22. ed. 530.0712

MERCIA CRISTINA FÉLIX TEIXEIRA BRAGA

**ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO:
UMA ESTRATÉGIA PEDAGÓGICA PARA O ENSINO DE TERMODINÂMICA
NO ENSINO MÉDIO**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa, como
parte das exigências do Mestrado
Nacional Profissional em Ensino de
Física, para obtenção do título de
Magister Scientiae.

APROVADA: 04 de maio de 2018.


Antônio Marcelo Martins Maciel


Orlando Pinheiro da F. Rodrigues


Ricardo Reis Cordeiro


Regina Simplício Carvalho
(Orientadora)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me amparar, ouvir sempre as minhas orações, que uma a uma e ao seu tempo são respondidas.

Aos meus pais, Abel Alves e Maria da Conceição, dos quais tenho saudades eternas, por me darem um lar e por me proporcionarem ensinamentos para uma vida inteira.

Ao meu amado marido Wellington, pelo apoio constante e porque mesmo sabendo o quanto eu ficaria ausente jamais deixou de me incentivar, por ser o pai da paciência e suportar a minha irritação nos momentos mais difíceis dessa caminhada e por não me deixar desistir mesmo quando o acúmulo de tarefas e o cansaço me faziam acreditar que eu não iria conseguir. Agradeço por saber que tenho nele, a minha paz e a minha tranquilidade.

Aos meus amados filhos, Thais Helena e Wellington Junior, razões da minha vida, com os quais, também, dividi minhas angústias, que em muitos momentos colaboraram e me deram ânimo. Obrigado por serem filhos tão maravilhosos, respeitosos, dedicados e comprometidos com a família. Tenho certeza que vocês são os melhores presentes que Deus poderia me dar.

A minha sogra Astride, pelo carinho, consideração, preocupação constante e por me incluir sempre nas suas orações.

Aos meus alunos da E. E. Maurilo de Jesus Peixoto que possibilitaram essa pesquisa e pelo respeito a minha pessoa.

A direção da E. E. Maurilo de Jesus Peixoto pela oportunidade de aplicar o projeto de pesquisa.

A minha professora e orientadora, Regina Simplício Carvalho, pela competência, paciência, e principalmente, pelas palavras que me transmitiram confiança, fazendo-me acreditar até mesmo quando eu achava que não seria possível.

Aos meus professores, Alexandre Tadeu, Álvaro Neves, Daniel Ventura, Orlando Pinheiro e Ricardo Cordeiro pela partilha de conhecimentos e pela certeza do quanto esses conhecimentos serão válidos para minha vida profissional.

À CAPES pelo apoio financeiro por meio da bolsa concedida.

Aos meus colegas do mestrado, Nayara, Diego, Mathias, Gregori, Nathan e Maurício, por participarmos juntos desse processo de formação, tão enriquecido pelos debates durante as aulas e por ajudarem a amenizar a minha angustia nos momentos difíceis do curso.

A minha amiga Keliene Araújo, por assumir as tarefas do meu lar nas minhas ausências.

Por fim, agradeço a todos que de alguma forma, estiveram ao meu lado nestes anos de curso, incentivando e me fazendo acreditar que seria possível conciliar a carga horária profissional, com as atribuições de mãe, esposa, dona de casa e cursista do Mestrado Profissional em ensino de Física.

RESUMO

BRAGA, Cristina Félix Teixeira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, maio de 2018. **Ensino de ciências por investigação: uma estratégia pedagógica para o ensino de Termodinâmica no Ensino Médio.** Orientadora: Regina Simplício Carvalho.

Esta pesquisa teve como objetivo central elaborar e investigar o desenvolvimento de uma sequência didática com caráter investigativo no ensino Termodinâmica, considerando as potencialidades dessa metodologia para o ensino. O conhecimento disponível oriundo das pesquisas em educação sobre ensino de Física e dos debates educacionais apontam para a necessidade de mudanças na forma tradicional, direta e expositiva com que a Física vem sendo ensinada na sala de aula. Diante da necessidade de atrair a atenção dos alunos, de aumentar o interesse pela Física, faz-se necessário a utilização de metodologias que valorizem cada vez mais a participação do aluno, o seu conhecimento prévio, a sua capacidade de argumentação e a interação entre professores e alunos e entre os próprios alunos, em um ambiente investigativo, num processo em que aprender ciências envolve também a apropriação da linguagem científica e um conhecer sobre a construção do conhecimento científico, adquirido aula a aula. A sequência didática em caráter investigativo (SEI) foi desenvolvida em cinco unidades: Propagação de calor; Trabalho e calor; Transformações gasosas; Primeiro princípio da Termodinâmica e Máquinas térmicas, subdivididas em dezesseis aulas. Foram utilizadas demonstrações investigativas, laboratório aberto, simuladores e vídeo. Cada atividade compunham-se de situações problematizadoras envolvendo reflexões, discussões, ponderações, tomadas de decisões e principalmente a participação ativa dos alunos no processo de aprendizagem.

ABSTRACT

BRAGA, Cristina Félix Teixeira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, May, 2018. **Teaching Science by investigation: a pedagogical strategy for teach Thermodynamics in High School.** Advisor: Regina Simplício Carvalho.

This research had as main goal elaborate and investigate the development of a didactic sequence that have investigative character in the Thermodynamics' teaching, considering the potentialities of this methodology for the education. The knowledge available from the surveys about education in the teaching of Physics and in educational debates point to the need of changes in the traditional, straight and expository that Physics has been taught in classrooms. By the need to attract the attention of the students, and to increase the interest in Physics, its necessary to use methodologies that which value more and more the student participation, his previous knowledge, his ability of argumentation and the connection between teacher and student, and between the students themselves, in an investigative environment, into a process which learning science also involves the appropriation of scientific language and a knowledge about the construction of scientific knowledge, acquired from class to class. The didactic sequence in investigative character was develop in five units: Heat propagation; Measuring work and heat; Gaseous transformations; First principle of thermodynamics and thermal machines, subdivided into sixteen classes. Was used investigative demonstrations, outdoor laboratory, simulators and videos. Each activity was made with problems situations involving reflections, discussions, weightings, decision making, and especially the active participation of students in the learning process.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	01
1.1	O Ensino de Física em Minas Gerais	04
2	OBJETIVO.....	07
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	08
3.1	Conhecimento prévio e aprendizagem significativa	08
3.2	Ensino por investigação	10
4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	15
4.1	O campo de estudo	15
4.2	Os sujeitos da pesquisa	16
4.3	A coleta de dados	16
4.4	A construção das atividades em caráter investigativo	17
4.5	A avaliação da sequência didática.....	20
5	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	21
5.1	Unidade 1: Propagação de calor.....	21
5.1.1	Unidade 1: Propagação de calor por condução	22
5.1.2	Unidade 1: Propagação de calor por convecção	38
5.1.3	Unidade 1: Propagação de calor por radiação	43
5.2	Unidade 2: Trabalho e calor.....	51
5.3	Unidade 3: Transformações gasosas.....	57
5.4	Unidade 4: Primeira Lei da Termodinâmica.....	64
5.5	Unidade 5: Máquinas Térmicas e a Segunda Lei da Termodinâmica.....	73
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	80
	REFERÊNCIAS	83
	APÊNDICE: PRODUTO EDUCACIONAL.....	86

1 INTRODUÇÃO

A qualidade do ensino ofertado em qualquer modalidade da educação sempre foi tema de discussão nos debates acadêmicos e nos órgãos responsáveis pelas políticas educacionais. Algumas das questões mais antigas, no que diz respeito à didática no ensino é sobre quais são as disciplinas que devem fazer parte do currículo e como essas disciplinas devem ser ensinadas e além disso quais tópicos ou conteúdos essas disciplinas devem abranger.

Com a promulgação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação, Lei nº 5.692, em 11 de agosto de 1971, (BRASIL, 1971), a formação escolar passou a enfatizar a formação para o trabalho. As disciplinas das ciências, de acordo com Lei de Diretrizes e Bases da Educação, Lei nº 4.024, de 11 de agosto de 1961, (BRASIL, 1961), que tinham a função de desenvolver o espírito crítico com o exercício do método científico passaram a ter caráter profissionalizante. A partir dessa lei o ensino médio apresentava duas ênfases: preparação para o ingresso em outra etapa de ensino e a formação profissional, ou seja, a ênfase pré-universitária e a profissionalizante. No que diz respeito à ênfase pré-universitária o ensino médio se caracterizou por uma divisão disciplinar dos conteúdos e estes, por sua vez, divididos em lista de tópicos a serem tratados. Na ênfase profissionalizante era constituído por treinamentos para fazeres práticos, voltados para atividades produtivas ou serviços, uma formação de caráter técnico, promovendo competências específicas, ou seja, as especializações.

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional- LDBEN - Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996 (BRASIL, 1996), apresentou uma nova identidade para o ensino médio no Brasil, estabelecendo dois níveis de ensino a saber: a educação básica e o ensino superior. De acordo com esta lei a educação básica passou a agregar três níveis de ensino: a educação infantil, o ensino fundamental e o ensino médio. Segundo a LDBEN, o ensino médio deixaria de ser simplesmente preparatório para o ensino superior ou estritamente profissionalizante, para assumir necessariamente a responsabilidade de completar a educação básica, tendo como novos objetivos: a consolidação e o aprimoramento dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, o aprimoramento do educando como pessoa humana, a formação ética, o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico, a preparação básica para o mundo do trabalho e o desenvolvimento de competências para continuar aprendendo.

Naquela ocasião, diante dos novos objetivos estabelecidos para o ensino médio foi elaborado pelo Ministério da Educação (MEC) um documento denominado Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN (BRASIL, 2000) cujo objetivo era explicitar as habilidades básicas e as competências específicas a serem desenvolvidas pelos estudantes em cada área de conhecimento e orientar os professores e dirigentes escolares nas modificações necessárias a implantação do novo ensino médio. O PCN contém orientações que demandam uma reflexão e reorientação nas práticas educacionais exercidas nas escolas. As disciplinas ou áreas do saber não se restringiam mais a uma lista de tópicos a serem tratadas no ensino médio, mas seriam organizadas de acordo com o objetivo de cada área, por habilidades e competências a serem desenvolvidas pelos estudantes. Os conteúdos deixariam de ser estanques e fechados em uma única área e passariam a ter relações, uns com os outros, através de práticas pedagógicas que propiciassem a interdisciplinaridade e as diversidades regionais e que permitissem cada vez mais a participação do aluno na construção do seu conhecimento. Especificamente na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, os PCN sugerem um conjunto de competências a serem alcançadas para a área das ciências. Todas estão relacionadas às três grandes competências: representação e comunicação; investigação e compreensão; e contextualização sociocultural (BRASIL, 2000).

Em 2002 o MEC publicou as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN⁺ (BRASIL, 2002) objetivando facilitar a organização da escola e explicitar a articulação das competências gerais que se deseja promover com os conteúdos disciplinares, apresentando sugestões de práticas educativas, de organização dos currículos e estabelecendo temas estruturadores do ensino disciplinar em cada área de conhecimento.

Nas diretrizes e parâmetros que organizam o ensino médio, a Biologia, a Física, a Química e a Matemática integram uma mesma área do conhecimento. São ciências que têm em comum a investigação da natureza e dos desenvolvimentos tecnológicos, compartilham linguagens para a representação e sistematização do conhecimento de fenômenos ou processos naturais e tecnológicos. As disciplinas dessa área compõem a cultura científica e tecnológica que, como toda cultura humana, é resultado e instrumento da evolução social e econômica, na atualidade e ao longo da história. (BRASIL, 2002, p.20).

Segundo o mesmo documento, o que o ensino de Física deve buscar no ensino médio é assegurar que a competência investigativa resgate o espírito questionador, o

desejo de conhecer o mundo em que se habita. Ao se ensinar a Física devemos estimular as perguntas e não somente dar respostas a situações idealizadas (BRASIL, 2006).

A Secretaria de Educação Básica (SEB), da qual faz parte a educação de nível médio, iniciou uma revisão dos PCN, o que culminou nas Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio - OCEM (BRASIL, 2006). Este documento, encaminhado para os professores, pretendia retomar as discussões dos PCN e apontar e desenvolver indicativos que pudessem oferecer alternativas didático-pedagógicas. Segundo as OCEM, os conteúdos do currículo escolar precisam passar necessariamente por transformação. Ainda hoje, a escolha dos conhecimentos a serem ensinados é baseada nos livros didáticos e nos exames vestibulares, como se fossem as únicas alternativas (BRASIL, 2006).

Muito frequentemente ensinam-se 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. É importante que os métodos de ensino sejam modificados, capacitando o aluno a responder a perguntas e a procurar as informações necessárias, para utilizá-las nos contextos em que forem solicitadas. Na escola, uma das características mais importantes do processo de aprendizagem é a atitude reflexiva e autocrítica diante dos possíveis erros. Essa forma de ensino auxilia na formação das estruturas de raciocínio, necessárias para uma aprendizagem efetiva, que permita ao aluno gerenciar os conhecimentos adquiridos. (BRASIL, 2006, p.45).

Independente das mudanças impostas pelas legislações, quem vive o dia a dia da sala de aula sabe que as práticas tradicionais ou didáticas que não valorizam a participação do aluno na construção do seu conhecimento pouco têm contribuído para a formação dos estudantes além de gerarem evasão, indisciplina, insatisfação e principalmente resultados insatisfatórios, comprovados nas avaliações externas dos estudantes. O Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) aponta que em 2015 o ensino médio não alcançou a meta e mantém o índice de 2011. O objetivo era que chegasse a 4,3, porém, o IDEB continua na casa dos 3,7.

Embora os PCN, PCN⁺ e OCEM tenham sido abundantemente distribuídos e discutidos nas comunidades escolares, a didática tradicionalista prevalece no ensino de ciências, cabendo ao professor a transmissão de conhecimento, apresentando o conteúdo de forma organizada e compartimentalizada. As atividades experimentais, quando utilizadas, são realizadas também de forma tradicional, aquela em que o aluno recebe um roteiro do tipo “receita de cozinha”, onde “aprende a se servir” do material

descrito, segue o método sugerido chegando, enfim, a resultados previsíveis. Estas atividades, praticamente não permitem à participação do aluno, que fica limitada a manipulação de materiais e observações de fatos, pouco contribuindo para a formação cognitiva do aluno. Muito frequentemente, neste tipo de atividade as respostas são fornecidas sem que as perguntas tenham sido formuladas (BRASIL, 2006).

É importante que este método de ensino seja modificado, proporcionando ao aluno uma participação ativa no desenvolvimento das aulas, não se limitando apenas a manipulação de objetos, oportunizando a formulação de perguntas e hipóteses, atitude reflexiva e autocrítica diante dos possíveis erros.

Em função disso, o presente projeto pretende propor uma estratégia pedagógica para o ensino de Termodinâmica no ensino médio, com caráter investigativo, sendo esta proposta didática centrada no aluno, o que diversifica a prática escolar, englobando atividades que possibilitem o desenvolvimento de autonomia, capacidade de tomar decisões de avaliar e resolver problemas, apropriando-se dos conceitos e teorias das ciências da natureza.

1.1 O ensino de Física em Minas Gerais.

Em 2006 a Secretaria Estadual de Educação de Minas Gerais (SEE-MG) implantou o Currículo Básico Comum (CBC) que deveria ser adotado por todas as escolas estaduais de Minas Gerais, tanto para o ensino fundamental quanto para o ensino médio. O documento foi elaborado a partir da discussão com os professores das Escolas Referência através dos Grupos de Desenvolvimento Profissional (GDP), assim como de pesquisa realizada com escolas da Rede Estadual de Minas Gerais. O documento que apresenta uma Proposta Curricular para o ensino de Física no ensino médio, expressa os aspectos fundamentais que não podem deixar de ser ensinados e que o aluno não pode deixar de aprender. Ao mesmo tempo, estão indicadas as habilidades e competências que ele não pode deixar de adquirir e desenvolver. A versão de 2007 do documento contém os conteúdos básicos comuns de Física que devem ser ensinados para todos os alunos do primeiro ano do ensino médio e uma proposta de conteúdos complementares destinados a ampliação dos conteúdos propostos para o primeiro ano a serem trabalhados no segundo e terceiro ano.

No CBC, que é destinado a todos os alunos, procurou-se focalizar os elementos de Física considerados essenciais na formação cultural-científica do cida-

dão dos dias atuais, sugerindo uma abordagem mais fenomenológica, deixando para os anos seguintes a abordagem mais dedutiva e quantitativa. O CBC começa com um estudo sobre energia na Terra e na vida humana. A seguir, são destacadas as diversas formas de energia relativas aos campos da Mecânica, da Termodinâmica e do Eletromagnetismo. Os aspectos tratados poderão ser retomados e ampliados nos anos seguintes. Energia é o conceito considerado estruturante do CBC e todos os tópicos e fenômenos podem ser analisados e discutidos a partir do conceito de energia e sua conservação. (MINAS GERAIS, 2007, p.11).

Tabela 1 - Eixos temáticos do CBC (Versão 2007) – SEE/MG

Eixos Temáticos	Temas
Eixo Temático 1 Energia na Terra	Tema 1: Energia e vida na Terra
Eixo Temático II Transferência, Transformação e Conservação da Energia	Tema 2: Conservação de energia
	Tema 3: Energia Térmica
	Tema 4: Energia Mecânica
	Tema 5: Calor e Movimento
	Tema 6: Energia Elétrica
Eixo Temático III Energia – Aplicações	Tema 7: Calculando a Energia Térmica
	Tema 8: Calculando a energia elétrica
Eixo Temático IV Luz, Som e Calor	Tema 9: luz
	Tema 10: Ondas
	Tema 11: Calor
Eixo Temático V Força e Movimento	Tema 12: Equilíbrio e Movimento
	Tema 13: Força e Rotação
Eixo Temático VI Eletricidade e Magnetismo	Tema 14: Eletrostática
	Tema 15: Eletricidade
	Tema 16: Eletromagnetismo
Eixo Temático VII Física Moderna	Tema 17: Noções de Física Quântica e Nuclear

A proposta apresenta quatro razões para manutenção da Física no ensino médio: Razões Socioeconômicas, Razões Sociopolíticas, Razões Culturais e Razões Intelectuais. Essas razões indicam um currículo que seja capaz de contemplar uma formação geral, capaz de abarcar uma gama mais ampla de interesses e de estilos de aprendizagem. Quanto as diretrizes norteadoras para o ensino de Física, a proposta aponta: o desenvolvimento de competências cognitivas, práticas e sociais; a compreensão de como a Física constrói descrições e explicações sobre os fenômenos; o uso de artefatos tecnológicos; a aproximação da física do mundo real; a contextualização

e a interdisciplinaridade. De acordo com essas diretrizes o ensino de Física deve permitir que o estudante compreenda como é construído o conhecimento científico, especificamente os ramos de conhecimentos da Física e que a partir desse conhecimento seja capaz de se posicionar diante de situações cotidianas, desafios socioeconômicos, ambientais, que possa tomar decisões considerando os conhecimentos técnicos-científicos.

Para implantação do CBC nas escolas a SEE-MG criou o Centro de Referência Virtual do Professor (CRV). Um ambiente virtual que serviria de suporte ao professor para implementação da nova Proposta Curricular que pode ser acessado pelo sítio da SEE-MG (<http://crv.educacao.mg.gov.br>). Neste ambiente o professor teria acesso além da Proposta Curricular a recursos didáticos e a um fórum de discussões onde poderiam tirar suas dúvidas sobre a nova proposta. Este fórum contava com um professor mediador que por sua vez era orientado diretamente por um dos organizadores da proposta.

No CBC os conteúdos estão organizados em torno do conceito de energia, segundo os organizadores da proposta a energia é um conceito fundamental das ciências naturais permitindo uma maior integração entre as disciplinas Química, Biologia e Física e entre as diversas áreas da própria Física o que permitiria ao estudante o entendimento de uma ampla gama de fenômenos. Dessa forma a energia é o conceito estruturante do CBC. O objetivo principal é partir da observação de fenômenos do cotidiano por meio de experimentos simples estabelecer relação entre fenômenos naturais e conceitos fundamentais da Física, uso de modelos, formas de representação e relação entre os conceitos.

O documento também faz referência sobre a forma como o ensino de Física vem acontecendo nas salas de aulas das escolas públicas de Minas Gérias, de forma tradicional, concebida apenas como etapa preparatória para os alunos que desejam prosseguir para etapas posteriores, conteúdos tratados de forma abstrata e distante da realidade dos alunos, baseando-se na mera transmissão de conhecimento (Minas Gerais, 2007). Com a implantação da proposta essa forma de ensino deveria ser modificada e o ensino de Física deveria estar voltado para a formação geral do cidadão possibilitando a aquisição de uma cultura técnica e científica básica.

Pelo exposto, percebe-se que muitas são as tentativas para melhorar o ensino de Física, mas muito ainda precisa ser feito, tendo em vista que muitas são as dificul-

dades encontradas pelos professores destacando-se a redução de carga-horária, número excessivo de alunos por turma, falta de laboratórios de ciências e informática e principalmente o desinteresse dos alunos pela disciplina.

No cenário atual:

- ✓ a escolha dos tópicos a serem ensinados ainda é baseada nos livros didáticos, nos exames vestibulares e no ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio);
- ✓ a didática tradicionalista prevalece no ensino de ciências;
- ✓ O professor continua como transmissor do conhecimento;
- ✓ Atividades experimentais quando utilizadas, são realizadas também de forma tradicional.

Segundo Carvalho (2004), nenhuma mudança educativa formal tem possibilidades de sucesso, se não conseguir assegurar a participação ativa do professor, ou seja, se de sua parte, não houver vontade deliberada de aceitação e aplicação dessas novas propostas de ensino.

2 OBJETIVO

Diante das dificuldades enfrentadas pelos professores de Física destacando-se principalmente a de atrair a atenção dos alunos e aumentar o interesse pela Física o objetivo deste trabalho foi investigar o desenvolvimento e as potencialidades de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI), isto é, uma sequência de atividades para o ensino de Termodinâmica. As aulas contêm atividades acompanhadas de situações problematizadoras, questionadoras propiciando reflexões, discussões, ponderações e explicações que priorizam a participação ativa do aluno no processo de aprendizagem, promovendo a alfabetização científica possibilitando a investigação da melhora na aprendizagem dos alunos, ao aproximar a ciências da sala de aula das ciências dos cientistas.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Conhecimento prévio e aprendizagem significativa

Segundo Vygotsky os processos mentais superiores (pensamento, linguagem, comportamento volitivo), o desenvolvimento cognitivo do ser humano tem origem em processos sociais (MOREIRA, 1999). O aprendizado das crianças começa muito antes delas chegarem a escola. Quando a criança interage com o meio ela está aprendendo, quando se relaciona com adultos através das perguntas e respostas ela está aprendendo, de forma que aprendizado e desenvolvimento estão inter-relacionados desde o primeiro dia de vida da criança.

Qualquer situação de aprendizado com a qual a criança se defronta na escola tem sempre uma história prévia. Por exemplo, as crianças começam a estudar aritmética na escola, mas muito antes elas tiveram alguma experiência com quantidades, elas tiveram que lidar com operações de divisão, adição, subtração, e determinação de tamanho. (VYGOTSKY, 1991, p.56).

Um fator que tem que ser levado em consideração em qualquer proposta de ensino é que o aprendizado deve ser combinado de alguma maneira com o nível de desenvolvimento da criança. Vygotsky (1991) descreve também o curso de desenvolvimento interno do sujeito e classifica esse desenvolvimento potencial do sujeito em três áreas ou níveis: **o nível de desenvolvimento real**, que determina a atividade ou ação o que a criança (aluno) consegue desenvolver sozinha, de forma mais independente, ou seja aquelas funções que já amadureceram; **o nível de desenvolvimento potencial**, que caracteriza as ações o que a criança (aluno) consegue realizar com a ajuda de colegas ou dicas e auxílio do professor; e **o nível de desenvolvimento proximal**, que é a distância entre o nível de desenvolvimento real e o nível de desenvolvimento potencial, basicamente caracterizada por alunos que apresentam a mesma idade mental mas curso de aprendizagem diferentes, ou seja, diferentes níveis de maturação, por questões sócio-culturais.

A aprendizagem é desse modo, concebida como um ato de interação plena. Como um processo resultante da interação entre indivíduos, em que os valores sócio-culturais envolvidos na experiência de vida de cada participante interferem significativamente na aquisição de novos conhecimentos. Vygotsky considera o professor um mediador,

o ensino se consuma quando professor e aluno compartilham significados, esse intercâmbio é fundamental para a aprendizagem e conseqüentemente para o desenvolvimento cognitivo. Nesse aspecto, a atividade coletiva torna-se uma etapa necessária ao desenvolvimento da atividade individual (VIGOTSKY, 1991).

Muitas das estratégias utilizadas nas aulas de ciências privilegiam uma aprendizagem mecânica, bastando que o aluno decore algumas fórmulas e conceitos para se sair bem nas provas e testes, garantindo, dessa forma, o seu sucesso ao final de uma etapa letiva, a aprendizagem ocorre sem nenhuma relação com conceitos relevantes existente na estrutura cognitiva do aprendiz, o famoso “decoreba”. Na Física observamos esse tipo de aprendizagem quando um aluno consegue decorar uma fórmula, aplicá-la a solução de um problema somente substituindo os dados, mas não compreende o enunciado e o significado dos resultados. O aluno consegue se sair bem nos testes, porém quando necessita daquele conhecimento para dar prosseguimento a sua caminhada escolar, não consegue se lembrar.

Segundo a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel (1918-2008), para que a aprendizagem possa ser considerada significativa é preciso que o novo conhecimento a ser apresentado interaja com algum conhecimento relevante já existente na estrutura cognitiva de quem aprende, ou seja, é necessário a existência de um subsunçor.

Em termos simples, subsunçor é o nome que se dá a um conhecimento específico, existente na estrutura de conhecimentos do indivíduo, que permite dar significado a um novo conhecimento que lhe é apresentado ou por ele descoberto. Tanto por recepção como por descobrimento, a atribuição de significados a novos conhecimentos depende da existência de conhecimentos prévios especificamente relevantes e da interação com eles. (MOREIRA, 2010, p.2).

Segundo Ausubel nenhuma aprendizagem será significativa se não estiver ancorada na estrutura cognitiva do aprendiz, vê ainda o armazenamento de informações no cérebro humano como sendo organizado, formando uma hierarquia conceitual na qual elementos mais específicos do conhecimento estão ligados a conceitos mais gerais, mais inclusivos (MOREIRA, 1999). A medida que a aprendizagem vai progredindo significativamente resultante da interação do novo conhecimento com os subsunçor este vai ficando mais estável, mais claro podendo o aprendiz relacioná-lo com um conceito mais geral.

Na física, por exemplo, a Lei de Conservação da Energia Mecânica poderá servir de subsunção para a Primeira Lei da Termodinâmica se esta for apresentada como a Lei da Conservação de Energia relacionada a fenômenos Térmicos.

Através de novas aprendizagens significativas, resultantes de novas interações entre novos conhecimentos e o subsunção Conservação da Energia, este ficará cada vez mais estável, mais claro, mais diferenciado e o aprendiz dará a ele o significado de uma lei geral da Física, ou seja, a energia se conserva sempre. (MOREIRA, 2010, p.3).

Quanto a forma de avaliar se a aprendizagem foi realmente significativa, de acordo com Ausubel a melhor maneira de conseguir essas evidências é formular questões e problemas de uma maneira nova e não familiar, que requeiram máxima transformação do conhecimento adquirido.

3.2 Ensino por investigação

A sala de aula se constitui como um espaço de vivências e trocas de saberes, conforme afirma Freire (1996) na qual professores e alunos são protagonistas no processo de ensino-aprendizagem.

Ensinar inexistente sem aprender e vice-versa e foi aprendendo socialmente que, historicamente, mulheres e homens descobriram que era possível ensinar. Foi assim, socialmente aprendendo, que ao longo dos tempos mulheres e homens perceberam que era possível - depois, preciso- trabalhar maneiras, caminhos, métodos de ensinar. (FREIRE, 1996, p.13).

Muitas pesquisas apontam sobre a distância entre as práticas escolares adotadas em aulas de ciências e as ciências desenvolvidas pelos cientistas (por exemplo, CARVALHO, 2004, SASSERON e DUSCHI, 2016, MAUÉS e LIMA, 2006, AZEVEDO, 2006). Para Carvalho (2004) não podemos continuar pensando que apenas conhecer o conteúdo que se pretende ensinar e ter um bom gerenciamento da sala de aula sejam suficientes para garantir uma aprendizagem significativa, capaz de ampliar e reconfigurar ideias já existentes na estrutura mental do estudante, aumentando a capacidade de relacionar e acessar novos conteúdos. Ainda segundo Carvalho (2004), exige-se agora que o ensino consiga conjugar harmoniosamente a dimensão conceptual da aprendizagem disciplinar com a dimensão formativa e cultural, propondo ensinar ciências a partir do ensino sobre ciências. Práticas tradicionais, nas quais ocorre a transmissão direta de conteúdos e aulas que não propiciam a participação ativa do aluno em seu processo de aprendizagem pouco contribuem para a aculturação ou alfabetização científica, seja no ensino médio ou em qualquer outro

nível da educação básica. Faz-se necessário que os professores incentivem os alunos a exporem suas ideias, o que realmente sabem a respeito do conteúdo tratado. Aulas dialogadas são necessárias para a aquisição de conhecimento.

Um ensino que vise a aculturação científica deve ser tal que leve os estudantes a construir o seu conteúdo conceitual participando do processo de construção e dando oportunidade de aprenderem a argumentar e exercitar a razão, em vez de fornecer respostas definitivas ou impor-lhes seus próprios pontos de vistas transmitindo uma visão fechada das ciências. (CARVALHO, 2004, p.3).

De acordo com Sasseron e Duschi, (2016), a alfabetização científica carrega o pressuposto de que o indivíduo conheça e reconheça as ciências como área de conhecimento da humanidade, estando, por isso, imersa no contexto social, cultural e histórico.

Para tanto, é essencial que ainda (e sempre) ocorram mudanças no ensino de ciências; dentre estas mudanças, talvez a mais imediata deva ser a ênfase apenas colocada na explicitação e no uso de conceitos e ideias científicas em situações escolares. Tomamos como pressuposto a importância de que o ensino de ciências traga para o centro da discussão aspectos que transitam entre os conceitos, as leis, os modelos e as teorias científicas e os elementos epistemológicos das ciências, tornando parte dos temas em discussão em aula os processos e métodos de investigação e as análises realizadas ao longo de sua execução e os fatores que balizam as escolhas por eles. Nosso entendimento é que, deste modo, os alunos têm a oportunidade de compreender as ciências como área de pesquisa, como área que produz conhecimento e que constrói, observa e aprimora regras e práticas, em um mecanismo interno de avaliação constante. (SASSERON E DUSCHI, 2016, p.53).

Segundo a concepção de Sasseron (2013), alfabetizar cientificamente os alunos significa oferecer condições para que os alunos possam se posicionar e tomar decisões conscientes sobre os problemas da sua vida e da sociedade relacionados a conhecimentos científico. De acordo com a mesma autora um professor que pretende alfabetizar cientificamente os alunos deve estar atento a habilidades que podem ser agrupadas em três blocos, denominando esse conjunto de Eixos Estruturantes da Alfabetização Científica (AC).

O primeiro eixo estruturante refere-se à **compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais** e diz respeito à possibilidade de trabalhar com os alunos a construção de conhecimentos científicos necessários para que seja possível a eles aplicá-los em situações diversas e de modo apropriado em seu dia-a-dia. Sua importância reside ainda na necessidade exigida em nossa sociedade de se compreender conceitos-chave como forma de poder entender até mesmo pequenas informações e situações do dia-a-dia. O segundo eixo preocupa-se **com a compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática**. Está associado à ideia de ciência como um corpo de conhecimentos em constantes transformações por meio de processo de aquisição e análise de dados, síntese e decodificação de resultados que originam os saberes. Com vista para a sala de aula, nos anos iniciais do Ensino Fundamental, esse eixo é aquele que nos fornece subsídio para a abordagem

das questões ligadas às investigações científicas: não apenas a realização de investigações, mas também os aspectos social e humano por trás delas. Além disso, o trabalho com este eixo deve auxiliar para o desenvolvimento de ações que podem assumir alunos e professor sempre que de frente a informações e conjunto de novas circunstâncias que exigem reflexões e análises considerando-se o contexto antes de tomar uma decisão. **O terceiro eixo estruturante da AC compreende o entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio-ambiente.** Neste caso, o que chama a atenção é a identificação das relações entre estas esferas e, portanto, da consideração de que a solução imediata para um problema em uma destas áreas pode representar, mais tarde, o aparecimento de um outro problema associado. Assim, este eixo denota a necessidade de se compreender as aplicações dos saberes construídos pelas ciências considerando as ações que podem ser desencadeadas pela utilização dos mesmos. O trabalho com este eixo deve ser garantido na escola quando se tem em mente o desejo de um futuro sustentável para a sociedade e o planeta. (SASSERON, 2013, p.53)

Na perspectiva de aculturação científica e buscando uma prática que torne significativa a aprendizagem de Física mais especificamente, aprendizagem de Termodinâmica, a proposição de uma sequência didática em caráter investigativo parece se mostrar uma prática pedagógica eficiente.

Segundo Lima et. al., (2008) ensino por investigação é uma das estratégias que o professor utiliza em sua prática escolar. Inclui atividades centradas no aluno que permitem desenvolver sua capacidade de tomada de decisões, avaliação e resolução de problemas, utilizando conceitos e teorias científicas.

Segundo Maués e Lima (2006), os alunos que são colocados em processos investigativos, envolvem-se com a sua aprendizagem, constroem questões, levantam hipóteses, analisam evidências e comunicam os seus resultados. Em um ambiente de ensino e aprendizagem baseado na investigação, os estudantes e os professores compartilham a responsabilidade de aprender e colaborar com a construção do conhecimento.

Nesta perspectiva, os professores deixam de ser os únicos a fornecerem conhecimento e os estudantes deixam de desempenhar papéis passivos de meros receptores de informação, sendo, portanto, uma estratégia pedagógica que auxilia no desenvolvimento de habilidades cognitivas nos alunos, no desenvolvimento da capacidade de argumentação, na realização de procedimentos, na capacidade de anotações e na análise de resultados.

Para Azevedo (2006) uma atividade investigativa não pode se restringir a manipulação de objetos ou observação de fenômenos, ela deve propiciar ao aluno ações

como reflexão, discussão, explicação e relatos, favorecendo dessa forma a aprendizagem de procedimentos e atitudes que são, dentro do processo de aprendizagem, tão importantes quanto a aprendizagem de conceitos e conteúdos.

No entanto, só haverá aprendizagem e o desenvolvimento desses conteúdos – envolvendo a ação e o aprendizado de procedimentos – se houver a ação do estudante durante a resolução de um problema: diante de um problema colocado pelo professor, o aluno deve refletir, buscar explicações e participar com mais ou menos intensidade (dependendo da atividade didática proposta e de seus objetivos) das etapas de um processo que leve a resolução do problema proposto, enquanto o professor muda sua postura, deixando de agir como transmissor do conhecimento passando a agir como um guia. (AZEVEDO, 2006, p.21).

A mesma autora classifica as atividades investigativas que podem ser encaradas como problemas a serem resolvidos da seguinte forma:

- ✓ Demonstrações experimentais investigativas: demonstrações que partem da apresentação de um problema ou de um fenômeno a ser estudado e levam à investigação a respeito desse fenômeno.
- ✓ Laboratório aberto: busca a solução de uma questão, que no caso será respondida por uma experiência. Essa busca de solução pode ser dividida basicamente em seis momentos: proposta do problema; levantamento de hipóteses, elaboração do plano de trabalho; montagem do arranjo experimental e coleta de dados; análise dos resultados e conclusão.
- ✓ Questões abertas: são questões que propõem aos alunos fatos relacionados ao seu dia-a-dia, e cuja explicação esteja ligada à conceitos discutidos e construídos em aulas anteriores.
- ✓ Problemas abertos: são situações gerais apresentadas à classe, nas quais se discute desde as condições de contorno até as possíveis soluções devendo levar também a matematização dos resultados.

Azevedo(2006) aponta ainda que, muito mais do que saber a matéria a ser ensinada, o professor que se propuser a fazer da sua atividade didática uma prática investigativa deve tornar-se um professor questionador, que argumente, que saiba conduzir perguntas, estimular, propor desafios, ou seja, passa de simples expositor para orientador no processo de ensino.

Carvalho (2013) sugere que uma sequência de ensino investigativa deve estar estruturada em três atividades importantes ou atividades chaves: iniciar-se por um problema, experimental ou teórico, contextualizado, após a resolução do problema, atividades de sistematização do conhecimento construído pelos alunos, uma atividade

que promova a contextualização do conhecimento no dia a dia do aluno e por fim uma atividade de avaliação que deve ser aplicada ao término de uma sequência de ensino por investigação.

Propor um problema para que os alunos possam resolvê-lo vai ser o divisor de águas entre o ensino expositivo feito pelo professor e o ensino que proporciona condições para que o aluno possa raciocinar e construir seu conhecimento. No ensino expositivo toda linha de raciocínio está com o professor, o aluno só segue e procura atendê-la, mas não é o agente do pensamento. Ao fazer uma questão, ao propor um problema, o professor passa a tarefa de raciocinar para o aluno e sua ação não é mais a de expor, mas de orientar e encaminhar as reflexões dos estudantes da construção do novo conhecimento. (CARVALHO, 2013, p.2).

Para Carvalho (2006) os problemas ou questões propostos para os alunos precisam ser interessantes e desafiadores, para que os estudantes ao se envolverem na busca de soluções consigam compreender as características próprias do saber científico, classifica ainda a atuação do professor e dos alunos em cinco graus de envolvimento com a atividade investigativa, sendo que o grau mais baixo (grau I) não caracteriza uma atividade investigativa, pois tem apenas o professor como protagonista, sendo os graus mais altos (grau IV e V) os que possibilitam maior liberdade aos alunos. Segue na tabela abaixo essa graduação:

Tabela 2: Graus de liberdade professor/alunos durante as aulas.

	Grau I	Grau II	Grau III	Grau IV	Grau V
Problema	*****	P	P	P	P/A
Hipóteses	*****	P/A	P/A	P/A	A
Plano de trabalho	*****	P/A	A/P	A	A
Obtenção de dados	*****	A/P	A	A	A
Conclusão	*****	A/P/Classe	A/P/Classe	A/P/Classe	A/P/Classe

Fonte: CARVALHO, 2006, p.83

O ensino de ciências deve proporcionar também a mudança na linguagem dos alunos, de uma linguagem cotidiana para a linguagem científica. É preciso, então, que o professor dê oportunidade aos estudantes de exporem suas ideias sobre os fenômenos estudados que inclusive sejam encorajados a isso, para que adquiram confiança aumentando cada vez mais a participação durante as aulas. Nesse aspecto as

atividades investigativas podem contribuir muito, pois nessa metodologia os professores precisam dar espaço para a fala dos alunos na aula, oportunizando que os mesmos apresentem os seus conhecimentos prévios, tornando a sala de aula um espaço de troca e enriquecimento de saberes.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este trabalho propõem investigar a melhoria na aprendizagem de alguns tópicos da Termodinâmica, através da aplicação de uma sequência didática elaborada em caráter investigativo em três turmas do segundo ano do ensino médio na qual a professora pesquisadora leciona. Foram considerados como sujeitos da pesquisa, além da professora pesquisadora, os 102 alunos, regularmente matriculados e frequentes. Sendo 34 alunos da turma A, 35 alunos da turma B e 33 alunos da turma C. Todos os alunos participantes estavam cientes do objetivo da pesquisa e manifestaram o seu livre consentimento, concordando em participar da mesma. Os dados foram coletados através de registros produzidos pelos alunos durante o desenvolvimento das aulas e das transcrições de suas falas durante as aulas que foram gravadas pela professora pesquisadora.

4.1 O campo de estudo

A presente trabalho foi desenvolvido no tempo destinado às aulas de Física em três turmas do segundo ano do ensino médio, no turno Matutino, em uma Escola estadual de ensino fundamental II e ensino médio, situada na região central no município de Sete Lagoas, Minas Gerais.

Embora a escola esteja situada da região central a maioria dos alunos residem na região periférica da cidade. A escola não apresenta grandes índices de evasão no turno matutino, porém no noturno a realidade é outra. Os alunos, em sua maioria, gostam da escola e guardam entre si e com os professores um bom relacionamento. O grande desafio da escola é manter o interesse dos alunos nas atividades escolares, visto que vários desses alunos fazem cursos profissionalizantes concomitantes com o ensino médio, trabalham para contribuir com as despesas de casa, realizam estágios remunerados através do programa menor aprendiz e cursinhos preparatórios para o ENEM.

Uma vez que a escola não possui o ensino fundamental I os alunos são recebidos a partir do sexto ano do ensino fundamental II e muitos só deixam a escola após a conclusão do ensino médio.

4.2 Os sujeitos da pesquisa

Foram escolhidos como sujeitos da pesquisa, todos os alunos regularmente matriculados nas três turmas do segundo ano do ensino médio nas quais a professora pesquisadora leciona. A maior parte dos sujeitos desse trabalho são alunos da escola desde o 6º ano do ensino fundamental e trazem consigo a ideia de que não é necessário muito esforço para conseguirem a aprovação nas etapas letivas. Muitos chegaram ao segundo ano do ensino médio aprovados com progressão parcial, principalmente em Física. Mesmo tendo trabalhado com a maioria desses alunos no primeiro ano do ensino médio, percebe-se que ainda apresentam dificuldades em conhecimentos por exemplo, notação científica, operações com decimais, interpretação e enunciado de questões.

As turmas escolhidas, são as turmas nas quais leciona a professora pesquisadora e as atividades foram desenvolvidas em duas aulas semanais de acordo com o plano curricular da escola, sendo de 50 minutos cada aula.

4.3 A coleta de dados

Foram utilizados vários instrumentos para coleta e registro de dados: diário de bordo, gravações de áudio e vídeo, fotografias, produções escritas dos alunos durante as atividades. Com o tempo de aula curto, apenas 50 minutos, muitos dos registros do diário de bordo foram realizados posterior ao desenvolvimento das atividades, através da transcrição dos registros de áudio e vídeo.

A atividades começaram a ser desenvolvidas em setembro e precisavam ser conciliadas com a gama de atividades já prevista no calendário escolar como: excursões, semana de provas, aplicação de simulados, feira científica, semana de educação para vida, que muitas vezes interromperam o curso normal de aulas.

4.4 A construção das atividades em caráter investigativo

As atividades utilizadas no desenvolvimento das aulas, que serviram como instrumento para coleta de dados foram retiradas de alguns livros didáticos, de livros cuja abordagem fosse o ensino por investigação e do Centro de Referência Virtual do Professor (CRV). Com o auxílio da professora orientadora, cada atividade foi planejada para que se configurassem como atividades de caráter investigativo. Para Carvalho (2014), atividades só se tornam investigativas se o professor se propuser a organizar suas aulas de forma dialogada, fazendo questionamentos que levem os alunos a refletirem e argumentarem.

Na escolha do assunto “Termodinâmica” para a Sequência de Ensino investigativa (SEI), a pesquisadora buscou abordar conceitos de calor (energia térmica), sua propagação e sua relação com trabalho e as máquinas térmicas, através de um conjunto organizado e coerente de atividades investigativas. A sequência didática foi organizada em unidades para serem desenvolvidas em um conjunto de 16 aulas. A tabela 3 apresenta o planejamento inicial das atividades.

Tabela 3 - Previsão do número de aulas necessárias para o desenvolvimento da sequência didática.

Unidades	Tópicos	Número de aulas
Unidade 1	Propagação de calor	03
Unidade 2	Medindo Trabalho e calor.	03
Unidade 3	Transformações gasosas.	04
Unidade 4	Primeira Lei da Termodinâmica.	03
Unidade 5	Máquinas Térmicas.	03

As atividades foram planejadas para serem aplicadas em hora-aula de 50 minutos. Uma vez iniciada a aplicação da sequência o número de aulas para o desenvolvimento das atividades não ocorreu de acordo com o previsto. A organização da aula, o engajamento dos estudantes, as interações discursivas e as interrupções das aulas para atendimento as demandas do ambiente e do dia-a-dia escolar, foram fatores que influenciaram, modificando dessa forma o número de aulas previstas para o

desenvolvimento de cada unidade, mantendo-se, no entanto, inalterado o número total de aulas planejados para o desenvolvimento da sequência didática.

A tabela 4, abaixo, apresenta o número de aulas que foram necessárias para a aplicação da SEI, os tópicos trabalhados e quais habilidades, de acordo com o CBC, espera-se que os alunos adquiram após a aplicação da mesma.

Tabela 4 - Números de aulas utilizadas para o desenvolvimento da sequência didática.

Unidades	Tópicos	Habilidades de acordo com o CBC.	Nº de aulas
UNIDADE 1	<p>Propagação de calor por condução.</p> <p>Propagação de calor por convecção</p> <p>Propagação de calor por radiação</p>	<p>Saber que o calor é uma forma de energia que passa de um corpo para outro devido à diferença de temperatura entre eles.</p> <p>Saber que, quando dois corpos, com diferentes temperaturas, estão em contato, o corpo mais quente perde calor e o mais frio recebe esse calor.</p> <p>Saber que, quando dois corpos trocam calor entre si eles tendem a uma temperatura final comum chamada de temperatura de equilíbrio térmico.</p> <p>Saber que a sensação térmica está ligada à taxa de transferência de calor e, portanto, à condutividade térmica do material ao qual o indivíduo está em contato.</p> <p>Compreender o que são correntes de convecção.</p> <p>Saber dar exemplos de situações em que ocorre o fenômeno de transferência de calor por convecção.</p> <p>Saber dar exemplos de situações do cotidiano envolvendo transferência de energia por radiação.</p> <p>Compreender o efeito estufa em termos da diferença entre a energia recebida do Sol e a energia emitida pela Terra ao ser aquecida</p>	06
UNIDADE 2	Medindo trabalho e calor.	Saber distinguir situações em que há transferência de energia pela realização de trabalho e/ou por troca de calor.	02
UNIDADE 3	Transformações gasosas.	Prever como muda uma variável entre P, V, T, e enumerar outras influências em outras propriedades dos gases. Predizer como a mudança de temperatura afetará a velocidade das moléculas.	04

UNIDADE 4	<p>Primeira Lei da termodinâmica</p> <p>Saber calcular a energia transferida por realização de trabalho e/ou por troca de calor.</p>	<p>Compreender o primeiro princípio da termodinâmica: a quantidade de calor fornecida a um sistema é igual ao trabalho que ele realiza mais a variação de sua energia interna.</p> <p>Compreender que o Primeiro Princípio da Termodinâmica expressa quantitativamente a Lei de Conservação da Energia.</p> <p>Saber aplicar o Primeiro Princípio da Termodinâmica para resolver problemas envolvendo calor, trabalho e energia interna de um sistema.</p>	03
UNIDADE 5	<p>Máquinas térmicas.</p> <p>Aplicar o conceito de energia e suas propriedades para compreender situações envolvendo máquinas térmicas.</p>	<p>Compreender que o funcionamento de máquinas térmicas requer sempre troca de calor entre duas fontes, um quente e outra fria.</p> <p>Compreender que, numa máquina térmica, só uma parte do calor fornecido é transformado em trabalho.</p>	01

Fonte: CBC versão 2007- SEE/MG

Embora as habilidades previstas no CBC apontem a compreensão e o saber (conteúdos conceituais) como objetivo principal do currículo, as atividades investigativas, desenvolvidas no presente projeto, pretendem favorecer também a construção de conhecimentos relacionados aos conteúdos procedimentais e atitudinais. Os conteúdos procedimentais são centrados nas ações e tem por objetivo tornarem os alunos participantes dos próprios processos de construção do conhecimento científico, Os conteúdos atitudinais do currículo de ciências referem-se ao comportamental (padrões de conduta), o cognitivo (como comportar-se) e o afetivo (os valores). Para Azevedo (2006) a aprendizagem de procedimentos e atitudes, no desenvolvimento de uma atividade investigativa, se torna tão importante quanto a aprendizagem de conceitos/ou conteúdos.

No entanto, só haverá a aprendizagem e o desenvolvimento desses conteúdos – envolvendo ação e o aprendizado de procedimentos – se houver a ação do estudante durante a resolução de um problema: diante de um problema colocado pelo professor, o aluno deve refletir, buscar explicações e participar com mais ou menos intensidade (dependendo da atividade proposta e de seus objetivos) das etapas de um processo que leve a resolução do problema proposto, enquanto o professor muda sua postura, deixando de agir como transmissor do conhecimento, passando a agir como um guia. (AZEVEDO, 2006, p.21).

Azevedo (2006) aponta também que utilizar atividades investigativas como ponto de partida para desenvolver a compreensão de conceitos é uma forma de

levar o aluno a participar do seu processo de aprendizagem, assumindo uma postura ativa na interação com o objeto de estudo.

Vários são os tipos de atividades investigativas como, por exemplo, textos históricos, experiências de demonstração investigativas, aulas de sistematização ou textos de apoio, questões e problemas abertos e recursos tecnológicos (vídeos, simulações computacionais). No presente trabalho fez-se a opção por planejar as atividades utilizando-se de experiências de demonstração investigativas, problema aberto, vídeos e simuladores computacionais e aulas de sistematização.

4.5 Avaliação na Sequência Didática.

A avaliação foi realizada em toda as etapas de desenvolvimento das atividades e teve caráter formativo. As respostas, relatórios e falas transcritas da participação dos alunos permitiu perceber se os alunos estavam aprendendo ou não. Com a observação da professora, os registros dos instrumentos utilizados pelos alunos e pelas atitudes dos mesmos no desenvolver das atividades possibilitou avaliá-los conceitualmente, procedimentalmente e atitudinalmente. A escola na qual foi aplicada a SEI possui em seu regimento interno um sistema de avaliação e esse sistema teve de ser respeitado durante o desenvolvimento da atividade, sendo os créditos distribuídos em cada etapa divididos em pontos livres (à critério do professor), trabalho (que nesta etapa foi a participação na feira científica), simulado preparatório para o ENEM e prova bimestral. Quanto ao simulado preparatório para o ENEM, do total 110 questões a serem aplicadas em dois dias (55 em cada dia), 10 questões deveriam ser de Física e estas deveriam ser retiradas do banco de questões do ENEM ou de formato que se aproximasse das questões do ENEM. Como a escola possui três professores de Física, a elaboração dessas questões ficou a cargo de outro professor. A fim de atender a demanda da escola e ao mesmo tempo conciliar esta avaliação com a aplicação da SEI, a professora pesquisadora sugeriu ao professor questões a serem utilizadas nessa avaliação e algumas delas foram utilizadas pelo professor. Quanto a avaliação bimestral, esta deveria conter dez questões, discursivas e objetivas, ficando a elaboração desta prova sob a responsabilidade do professor da turma.

Dessa forma os instrumentos principais para avaliação da SEI foram: as interações discursivas, que ocorreram durante seu desenvolvimento; a atitude dos alunos, como por exemplo, esperar a vez de falar, prestar atenção a colocação dos colegas;

aumento ou não no grau de participação nas atividades; os relatórios e as respostas escritas, dadas diante dos questionamentos ao fim de cada atividade.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Como foram diversos os instrumentos e registros de dados, o processo de análise de dados foi construído a partir da sistematização das atividades aplicadas, sendo um processo dinâmico e que se constitui a partir das interações que se estabeleceram entre os sujeitos da pesquisa. Muitas observações, que a princípio não eram objeto da pesquisa, vieram a se tornar significativas durante o desenvolvimento das atividades. Na análise dos resultados serão considerados os seguintes aspectos relativos ao processo ensino-aprendizagem:

- O conhecimento prévio dos estudantes em relação conteúdo curricular a ser tratado.
- O grau de participação dos estudantes no desenvolvimento das atividades.
- O distanciamento ou aproximação entre aquilo os estudantes falam e o que eles escrevem.
- Se a aplicação da SEI alcançou os objetivos propostos no início deste trabalho.

A SEI apresentada no presente trabalho foi organizada para ser desenvolvida em 5 unidades com diferentes atividades investigativas. A análise dos resultados será apresentada em cada uma das unidades e no conjunto de atividades de uma forma geral.

5.1 Unidade 1: Propagação de Calor.

Nesta etapa, foram desenvolvidas com os alunos, seis demonstrações investigativas para a construção do conhecimento sobre dos processos de propagação de calor (condução, convecção e irradiação) denominadas como demonstrações 1A, 1B, 1C, 1D e 1E e 1F, cujos objetivos são:

- ✓ Caracterizar isolantes e condutores térmicos.
- ✓ Caracterizar as transferências de calor e suas formas de propagação: Condução, Convecção e Irradiação.

- ✓ Entender os mecanismos físicos associados a cada um dos processos de transferência de calor.
- ✓ Identificar em situações do cotidiano as formas de propagação de calor.

Para cada um dos processos, foram necessárias a utilização de duas aulas, não consecutivas, uma para o desenvolvimento da atividade e outra para a sistematização e conclusão. Todos os materiais utilizados para o desenvolvimento das demonstrações são materiais de fácil acesso e baixo custo. Foram desenvolvidas nessa unidade 6 demonstrações investigativas, que serão denominadas por demonstração 1A, 1B, 1C, 1D, 1E e 1F.

5.1.1. Unidade 1: Propagação de calor por condução.

Para dar início ao estudo de propagação de calor por condução, foi realizada uma demonstração investigativa (demonstração 1A) cujos materiais utilizados seguem listados abaixo:

- ✓ Cubos de gelo;
- ✓ Um pedaço de lã (ou cobertor);
- ✓ Um recipiente plástico;

Na turma A, a primeira aula foi desenvolvida fora da sala de aula, em um espaço coberto próxima a cantina em virtude da sala de aula dessa turma ser muito pequena, nas turmas B e C a atividade foi desenvolvida na própria sala de aula. A atividade não precisa de nenhum espaço especial, como por exemplo, um laboratório de ciências, para seu desenvolvimento. Pode ser realizada na própria sala ou em outro espaço escolar que o professor julgar adequado. Desta aula participaram 33 alunos da turma A de um total de 34 alunos, 31 alunos da turma B de um total de 35 e 25 alunos da turma C de um total de 33 alunos. Os alunos foram organizados em grupos de cinco para que pudessem discutir entre eles e, posteriormente, com toda turma.

Os alunos, acostumados com a forma expositiva e com as listas de exercícios quase sempre utilizadas pela professora, se mostraram curiosos com o novo formato da aula, a preocupação prévia era se a atividade valeria ponto, como eles seriam avaliados. Busquei esclarecer que o objetivo era tornar as aulas mais interessantes e aumentar a participação e que eles poderiam ficar tranquilos, que o mais importante era expor o que eles realmente sabiam sobre as questões que seriam levantadas e o

que iriam construir a partir de então, assim também como era importante que eles participassem de todas as aulas.

Nesta etapa da aula apresentei aos alunos cubos de gelo, dos quais metade seria embrulhada em um pedaço de cobertor de lã e a outra metade seria colocada em um recipiente plástico.



Figura 1: Materiais utilizados para a demonstração 1A.

As questões à serem respondidas ao final da aula 1 foram as seguintes: **Um cobertor de lã é “quente”? Ele produz calor?**

Para provocar nos alunos a explicitação das concepções espontâneas propus a seguinte questão: **Se embrulharmos uma pedra de gelo num pedaço de cobertor de lã, o gelo demorará mais ou menos para derreter?**

O objetivo é confrontar as concepções espontâneas dos alunos com a observação.

Diante dos questionamentos os alunos, ainda que receosos, foram propondo suas ideias em relação ao tema em questão. A tabela 5 lista alguns trechos das interações discursivas ocorridas nas turmas, nomeadas como A, B e C. Os alunos serão caracterizados por aluno A1, A2, A3 e assim por diante, se forem da turma A; aluno B1, B2 e B3 e assim por diante se forem da turma B; aluno C1, C2 e C3 e assim por diante se forem da turma C.

Tabela 5 - Trechos da discussão ocorrida na 1ª etapa da aula 1.

Sujeitos	Transcrição das falas.
Professora	<i>Se embrulharmos uma pedra de gelo em um pedaço de lã ele vai demorar mais ou menos para derreter?</i>
Aluno C1	<i>Ele é um isolante térmico.</i>
Professora	<i>Então se embrulharmos a pedra?</i>
Aluno C1	<i>Não.</i>

Professora	<i>Não o que?</i>
Aluno C2	<i>Se embrulharmos ele vai demorar mais para perder energia.</i>
Professora	<i>Como que acontece essa perda de energia então? Todos do grupo concordam com ela? Ou todos da sala concordam com ela?</i>
Aluno C1	<i>Quando ele ganha energia ele está se resfriando, não é?</i>
Professora	<i>“Quando ele ganha energia ele “esfria”?”</i>
Turma	<i>Não.</i>
Aluno C3	<i>Ele aquece.</i>
Aluno C2	<i>Você entendeu, só que é ao contrário.</i>
Professora	<i>Na verdade a temperatura dele?</i>
Turma	<i>Aumenta.</i>
Professora	<i>Alguém discorda ou tem uma opinião diferente?</i>
Aluno C4	<i>A gente tá tentando colocar aqui no papel.</i>
Professora	<i>Mas então me fala: Cobertor de lã é quente? Produz calor?</i>
Aluno C4	<i>Não. Por ser um mal condutor de calor ele impede o corpo transfira calor para o meio ambiente.</i>
Professora	<i>Está. Quem é o corpo aqui no caso?</i>
Turma	<i>O gelo.</i>
Professora	<i>Então vocês acham que é o gelo que está transferindo calor aqui no caso?</i>
Aluno C4	<i>Ah! É o contrário. Você entendeu né?</i>
Professora	<i>Passando a fala para outro grupo: E vocês? Cobertor de lã é quente? Produz calor?</i>
Aluno C5	<i>Não.</i>
Professora	<i>Me explica isso.</i>
Aluno C5	<i>Ué. É porque ele é um isolante térmico, então ele impede que o ambiente passe calor pro gelo.</i>
Professora	<i>Por que é o meio ambiente que está passando calor por gelo aí?</i>
Aluno C5	<i>Porque é sempre o ambiente que passa energia “quente” e não o gelo que passa energia fria.</i>
Aluno C6	<i>Não acho.</i>
Professora	<i>O ambiente passa energia?</i>
Aluno C5	<i>Quente? Sei lá agora.</i>
Aluno C3	<i>Acho é o ambiente por ele ser de maior massa ele passa energia</i>
Professora	<i>Chamando a atenção para turma: “Pessoal, uma coisa que a gente vai precisar muito aqui é saber ouvir, pra gente ver as colocações, pra gente pensar nas colocações, nos termos que estão sendo usados, porque o objetivo é esse mesmo”.</i>
Professora	<i>Não é a primeira vez que a gente fala sobre calor, não é a primeira vez que a gente fala sobre temperatura e eu não sei se vocês conseguem observar que alguns termos eles não estão sendo usados da forma coerente com os</i>

	<i>conceitos que nós já tratamos. As colocações são muito ricas. A gente pode falar que “existe energia quente” ? Existe energia fria”?</i>
Professora	<i>Como a “cita o nome da aluna” falou vai haver uma transferência de energia, mas essa transferência vai ser sempre....</i>
Aluno C7	<i>Do corpo de maior temperatura.</i>
Professora	<i>Então essa transferência vai ser sempre do corpo de maior temperatura para o corpo de menor temperatura.</i>
Professora	<i>Cobertor de lã é quente? Produz Calor?</i>
Aluno B1	<i>Eles são isolantes.</i>
Aluno B2	<i>Não.</i>
Professora	<i>Vocês concordam com o outro Grupo.</i>
Aluno B3	<i>Concordo.</i>
Aluno B4	<i>Não produz calor.</i>
Professora	<i>Então ao embrulharmos uma pedra de gelo em um pedaço de cobertor o gelo vai demorar mais ou menos?</i>
Turma B	<i>Mais.</i>
Aluno A1	<i>Eu achava que o cobertor esquentava o corpo da gente.</i>
Professora	<i>E depois do experimento?</i>
Aluno A1	<i>Fiquei “passada”, mudou a minha ideia né, tipo assim, agora eu sei que o cobertor é isolante e não que ele esquenta.</i>

Nas interações registradas acima aparecem termos já utilizados na sala de aula como, energia, transferência de energia. Uma vez que o estudo da Termodinâmica é posterior ao estudo de Termometria esses alunos já tiveram a oportunidade de tratar desses conceitos anteriormente, porém percebe-se pelas transcrições das falas que esses conceitos ainda não são empregados da forma esperada cientificamente, ou que pode não ter ocorrido a aprendizagem correta desses conceitos.

Analisando os termos “energia quente”, “energia fria” utilizados pela aluna C5, percebe-se que a ideia prévia é de que existem dois tipos de energia, os corpos podem ceder calor, mas também podem ceder frio.

Segundo definições retiradas de livros didáticos e do livro adotado pela escola:

O calor flui naturalmente da matéria mais quente para matéria mais “fria” (ou menos quente”) até que seja alcançada uma temperatura de equilíbrio”. O contrário, no entanto, não acontece. Calor é a energia térmica em trânsito que está sendo transferida de um corpo a outro devido a diferença de temperatura existente entre eles- sempre do corpo de temperatura mais elevada para o de menor temperatura. (YAMAMOTO, FUKU, 2017, v.2, p.13.).

Vamos supor que, num sistema isolado, foram colocados dois blocos (estamos admitindo como isolado um sistema fechado que não perde nem absorve energia em relação ao exterior. Neste caso, significa que os blocos só trocam energia entre si). O Bloco A, à temperatura de 200°C, e o bloco B de Temperatura de 20°C.(...) A lei zero da termodinâmica garante que com o decorrer

do tempo a temperatura do bloco A diminui enquanto a temperatura do bloco B aumenta, até que ambos atinjam a mesma temperatura no equilíbrio térmico. Como o sistema é isolado, pode-se explicar esse fenômeno admitindo-se que parte da energia interna do bloco A foi transferida para o bloco B. A essa energia que se transfere de um corpo para outro, em virtude apenas da diferença de temperatura entre eles, chamamos de calor ou energia térmica. (GARSPAR, 2017, v.2, p.201).

Calor é energia transferida de um objeto para outro em virtude da diferença de temperatura entre eles. (MÁXIMO ,ALVARENGA 2014, V.2, p.69).

Ao comparar as falas com as respostas entregues por escrito, após as discussões, é possível perceber um maior amadurecimento das ideias quando estas são apontadas por escrito. Mesmo não sendo pedido aos alunos que justificassem a sua resposta 100% dos alunos justificaram as respostas, não se limitando a responder apenas sim ou não, mesmo quando essa resposta não estava correta ou coerente. Seguem algumas imagens das respostas fornecidas pelos alunos:

1) Um cobertor de lã é "quente"? Ele produz calor?
 Não, ele não é quente e não produz calor. O cobertor é um isolante térmico, ou seja, ele dificulta a entrada de calor, por sua alta resistência térmica.

Figura 2 - Resposta de um grupo de alunos da turma A.

Transcrição da resposta: Não, ele não é quente e não produz calor. O cobertor é um isolante térmico, ou seja, ele dificulta a entrada de calor, por sua alta resistência térmica.

1) Um cobertor de lã é "quente"? Ele produz calor?
 O cobertor de lã não é quente, nem produz calor. Ele age como um isolante térmico, amenizando troca de energia entre dois ou mais corpos.

Figura 3 - Resposta de um grupo de alunos da turma B.

Transcrição da resposta: O cobertor de Lã não é quente nem produz calor. Ele age como isolante térmico, amenizando troca de energia entre dois ou mais corpos.

1) Um cobertor de lã é "quente"? Ele produz calor?
Não. Ele é um isolante térmico, ele não produz calor mas impede que o meio ambiente transfira energia para o corpo.

Figura 4 - Resposta de um grupo de alunos da turma C.

Transcrição da resposta: Não. Ele é um isolante térmico, ele não produz calor mas impede que o ambiente transfira energia para o corpo.

A análise das respostas dissertativas dos alunos na primeira etapa da aula 1 aponta os seguintes resultados:

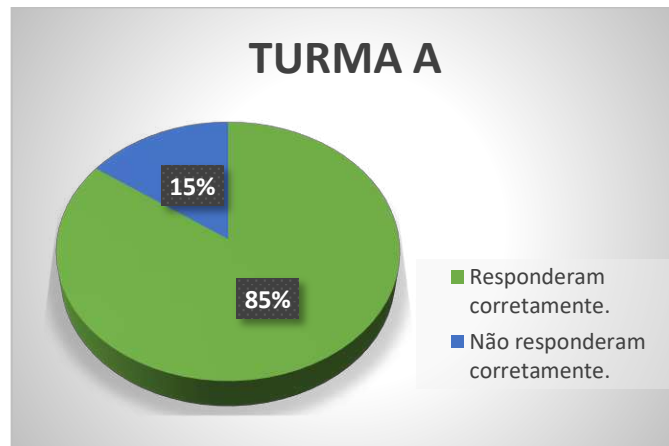


Figura 5 - Respostas da turma A à questão: Cobertor é quente? Ele produz Calor?

Vale ressaltar que nesta turma o grupo de alunos cuja resposta não foi considerada correta, respondeu que o cobertor de lã é quente, mas que não produz calor, mostrando que as ideias prévias prevalecem mesmo após as interações durante a aula. Apenas nas respostas de 15% dos alunos, estes referem-se a calor como uma forma de energia.

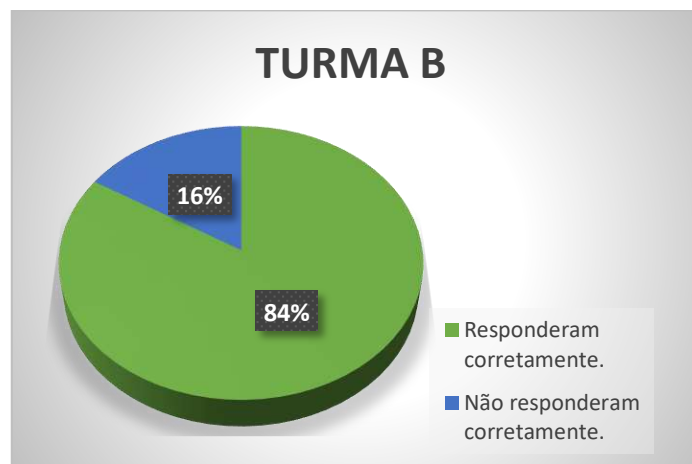


Figura 6 - Respostas da turma B à questão: Cobertor é quente? Ele produz Calor?

Na turma B apenas 16% dos alunos utilizaram o termo energia na construção da resposta.

Na turma C a porcentagem de respostas consideradas corretas foi de 100%, sendo que nesta turma 40% dos alunos utilizaram de alguma forma a palavra energia para se referir a calor.

Assim como é importante que os alunos sejam capazes de enunciar o calor como uma forma de energia é compreender que a matéria não contém calor. A falta no emprego adequado da linguagem científica dificulta o entendimento. Popularmente os alunos costumam utilizar o termos “estou com calor” para se referirem a dias de altas temperaturas e não é tão simples a construção do conceito de calor como sendo energia térmica em trânsito. A matéria contém energia acumulada, não calor, calor é energia em transito e que o sentido da transferência espontânea de energia é sempre do corpo que está com a temperatura mais elevada parao corpo vizinho que está com a temperatura mais baixa.

Na segunda etapa da aula buscou-se construir o conceito de propagação de calor por condução a partir de uma segunda demonstração (demonstração 1B), cujos materiais utilizados, foram os listados abaixo:

- ✓ Colheres com cabo de metal;
- ✓ Colheres com cabo revestido de plástico.
- ✓ Um ebulidor.
- ✓ Um recipiente de vidro (para água aquecida).

Para dar início as interações foram propostas as seguintes questões:

Por que ao colocarmos os pés descalços sobre um piso de ladrilho temos a sensação de ser mais frio que um piso de madeira?

Por que os cabos de panelas geralmente não são feitos de metal?

Os alunos foram orientados a segurar com as mãos através do cabo, colheres de metal, algumas com cabo revestidos com plástico e outras não, estando todas elas com a base em contato com uma fonte térmica, no caso água aquecida.



Figura 7 - Participação dos alunos na demonstração 1B

Os alunos deveriam anotar e nos pequenos grupos discutir o observado nas duas situações e explicar suas observações, usando o modelo microscópico da matéria.

A tabela 6, apresenta a transcrições de falas dos alunos das turma B durante o desenvolvimento da demonstração 1B.

Tabela 6 - Trechos da discussão ocorrida na turma B, durante desenvolvimento da demonstração 1B.

Sujeitos	Transcrições das falas.
Professora	<i>Vocês notaram alguma diferença ao segurarem as colheres?</i>
Aluno B1	<i>Não.</i>
Professora	<i>Você estava segurando qual colher?</i>
Aluno B1	<i>A de plástico.</i>
Aluno B2	<i>Está quente.</i>
Professora	<i>Mostra a colher.</i>
Aluno B3	<i>A pessoa que segurou a colher com o cabo plástico não sentiu nenhuma diferença de temperatura ao colocar a mesma no recipiente com água quente, já a pessoa que segurou a colher que era toda de metal sentiu que a temperatura da colher aumentou. Isso se deve porque o material do cabo é plástico, que é um isolante térmico.</i>
Aluno B4	<i>Em relação em que o cabo da colher que é de plástico ele age como isolante de calor e no caso que ele é de metal ele é mais condutor.</i>
Aluno B5	<i>No experimento a colher que tem o cabo de plástico não aquece igual a que tem o cabo de metal pois o cabo de plástico foi colocado lá como isolante térmico, pois conforme o tempo que as colheres ficam na água quente ela vai retirando calor e vai se aquecendo.</i>
Professora	<i>A colher não aquece? Vocês concordam com a colocação dele?</i>
Aluno B1	<i>Ela aquece mais é pouco.</i>

Aluno B6	<i>Mas a sensação térmica é menor devido ao cabo de plástico, aí você pega o cabo de plástico e vai ter uma sensação térmica menor que a de alumínio.</i>
Aluno B7	<i>Ô Mercia eu acho que é o seguinte, como a água tá sofrendo alteração de calor, nela, direto nela, o que acontece: o calor é vibração das moléculas então é mais fácil ela atingir o alumínio, para causar uma vibração das moléculas do alumínio aumentando a temperatura, não sendo possível chegar a questão do plástico, porque é igual, além de servir como isolante térmico a vibração das moléculas não teria capacidade suficiente para tá afetando o plástico.</i>
Professora	<i>Está. A (cita o nome da aluna, no caso B1) falou que acolher com o cabo de plástico esquenta mas esquenta pouco.</i>
Aluno B1	<i>É porque como o plástico é isolante térmico, a colher toda esquenta, porque ela é de metal, só que o isolante não deixa passar esse calor para a pele da gente.</i>
Professora	<i>Isso é importante: as duas colheres esquentaram, no entanto uma permite que você perceba isso e a outra não.</i>
Aluno B8	<i>Porque a colher toda de metal conduz mais energia térmica do que a colher de cabo de plástico, o plástico para esquentar levaria muito mais tempo.</i>
Professora	<i>Você acha que em algum momento ele iria esquentar e que você iria conseguir perceber isso?</i>
Aluno B8	<i>Iria.</i>
Aluno B9	<i>A colher de metal, sofreu variação de temperatura ao entrar em contato com a água quente, em ebulição, o grau de agitação das moléculas aumentou decorrente do calor absorvido, ao contrário da colher com o cabo de plástico que não transferiu tanto calor já que o plástico é um isolante térmico.</i>
Professora	<i>Quando eu pedi a questão de explicar usando modelo microscópico, a ideia era a gente entender e relacionar com dois conceitos que nós já tínhamos estudado anteriormente, que é conceito de calor e conceito de temperatura. Pode falar.</i>
Aluno B6	<i>Igual teve uma questão lá no simulado, que coloca um recipiente mais gelado, como é o nome daquele trem? A caixa de isopor e uma chapa de alumínio, aí as duas receberam o mesmo tanto de energia, vamos dizer assim né, só que o alumínio estava bem mais gelado que o isopor, quer dizer, não estava mais gelado que o isopor, a sensação térmica estava menor.</i>
Professora	<i>A sensação térmica sempre é diferente quando você toca o metal né, ou quando você toca um material que é?</i>
Turma	<i>Isolante.</i>
Professora	<i>A (cita o nome da aluna) estava discutindo com a colega uma situação interessante quando ela estava trabalhando em grupo, você falou do arroz, quando você estava fazendo arroz. Coloca isso para a turma.</i>
Aluno B1	<i>Quando e estava fazendo arroz eu deixei a colher dentro da panela, assim, e depois eu fui pegar e ela estava superquente.</i>

A tabela 7, apresenta a transcrições de falas dos alunos das turmas C durante o desenvolvimento da demonstração 1B.

Tabela 7 - Trechos da discussão ocorrida na turma C, durante desenvolvimento da demonstração 1B.

Professora	<i>Está muito quente aí?</i>
Aluno C1	<i>Não.</i>
Professora	<i>E a colher?</i>
Aluno C2	<i>Essa colher vai derreter aqui e eu não vou soltar ela.</i>
Professora	<i>Você está sentindo se já está quente?</i>
Aluno C2	<i>Não</i>
Aluno C3	<i>Tá frio.</i>
Aluno C4	<i>Tá morna.</i>
Aluno C4	<i>Mas é porque tem o vapor.</i>
Aluno C5	<i>É o vapor no dedo dela.</i>
Professora	<i>E aí?</i>
Aluno C3	<i>Agora esquentou.</i>
Professora	<i>C4 você aguenta segurar mais um pouco?</i>
Aluno C4	<i>Aguento. Tá até bom.</i>
Professora	<i>Por que?</i>
Aluno C4	<i>Nem tá quente.</i>
Professora	Perguntando aos alunos que seguravam a colher com cabo revestido de plástico: <i>Qual a sensação ao segurar a colher?</i>
Aluno C5	<i>A sensação tá normal. (A aluna estava segurando uma colher com cabo revestido de plástico).</i>
Professora	<i>Pode não estar quente a ponto de queimar sua mão, mas você não notou nenhuma diferença de temperatura?</i>
Aluno C2	<i>Tá morna.</i>
Professora	<i>Mas antes ela estava morna?</i>
Aluno C2	<i>Não né.</i>
Aluno C6	<i>Eu quero vero o (cita o nome do aluno) pegar essa colher que está aí.</i>
Professora	<i>Vocês que estavam segurando o cabo de plástico o que vocês perceberam?</i>
Aluno C4	<i>Não estava tão quente quanto a dos meninos.</i>
Professora	<i>Tá. Então era possível ficar ali segurando por mais tempo.</i>
Aluno C4	<i>Era.</i>

Professora	<i>Como é que você explica isso?</i>
Professora	<i>Como vocês poderiam explicar?</i>
C7	<i>O plástico é um isolante térmico ou então um mau condutor de energia, então no caso a colher de metal ia esquentar mais, porque todo metal, assim eu acho, é um bom condutor de energia.</i>
Professora	<i>Todo metal é um bom condutor de energia e o plástico é um mau condutor ou é um isolante. Concordam?</i>
Professora	<i>Vamos tentar redigir isso aí com as palavras de vocês, por favor.</i>

Como o vídeo que registrou o desenvolvimento da aula na turma A está inaudível, não foi possível transcrever aqui as interações discursivas entre os alunos e a professora. Como foi pedido aos alunos que também registrassem as suas observações, os trechos da atividade de sistematização (na sua íntegra) apresentados abaixo mostram as concepções dos alunos dessa turma a partir da atividade desenvolvida.

Grupo A1: “1º (colher de metal): ao inseri-la dentro da água que acabou de ser fervida, a pessoa na qual segurava o cabo, pode sentir a mudança de temperatura. 2ª: Já com a colher de plástico a pessoa não notou diferença alguma. Isso ocorre porque o metal é um melhor condutor de calor do que o plástico”.

Grupo A2: “Notamos que ao comparar a colher com a colher de cabo de plástico percebemos que na de metal iremos notar a colher esquentando e na de plástico não iremos perceber devido o material isolar o corpo”.

Grupo A3: “Apesar, da concha da colher, ser de metal, a colher que tem o cabo plástico ou de madeira, demorará mais a mudar a temperatura, já a totalmente de metal, irá mudar a temperatura mais rápido”.

Grupo A4: “Vimos no experimento que a colher com cabo metálico teve a transferência de calor mais rápido em contato com a pele e com o plástico não, pois o plástico tem o calor específico maior que o metal. A agitação das partículas das colheres, foram iguais, mas a colher de plástico teve a movimentação entre o metal e o plástico”.

Grupo A5: “Observamos que as duas colheres são de metal, porém a colher que possui o revestimento plástico transferiu menos calor para a mão do que a que não tem revestimento, porque plástico é um mal condutor de calor”.

Grupo A6: “Quem segurou a colher metálica sentiu a mesma mais quente e quem segurou a de plástico não sentiu muita diferença. A colher metálica suas moléculas agitam mais do que as moléculas da colher de plástico”.

Grupo A7: “A de metal recebe calor nela por inteiro, já a de revestimento de plástico recebe calor só na parte de metal”.

A análise dos discursos dos alunos e das respostas escritas demonstram haver compressão do fato do metal ser um melhor condutor e do plástico ser um bom isolante térmico, porém pouco foi citado sobre o modelo microscópico da matéria, que havia sido solicitado inicialmente pela professora. Poucos alunos citaram o aumento da agitação das partículas, em escala microscópica, como sendo a responsável pelo aumento da temperatura (escala macroscópica) e nem como a energia transferida a extremidade da colher que estava imersa na água quente estava sendo transportada para a outra extremidade da colher (o cabo da colher). Ainda assim em trechos que não deixam claro se há realmente um entendimento de como tal fenômeno acontece.

É bem estabelecido que quando corpo recebe calor de uma fonte térmica qualquer, há um aumento na energia das partículas que estão diretamente em contato com a fonte e essa energia é transmitida de partícula para partícula, sem transporte de matéria, até que todo material esteja aquecido.

O fogo faz os átomos da extremidade aquecida moverem-se cada vez mais rapidamente. Em consequência esses átomos e elétrons livres colidem com os seus vizinhos e assim por diante. Esse processo de múltiplas colisões continua até que o aumento no movimento seja transmitido a todos os átomos e o corpo inteiro torna-se mais quente. A condução de calor ocorre por meio de colisões atômicas e eletrônicas. (HEWITT, 2006, p.281).

A figura 8 reproduz a resposta de um grupo de alunos da turma B que também citam que o aumento da agitação das moléculas manifesta-se no aumento da temperatura no cabo metálico.

3) Discutir em grupo e anotar a diferença do que ocorreu nas duas situações e explique a sua observação usando um modelo microscópico da matéria.

A colher de metal sofreu variações de temperatura ao entrar em contato com a água em ebulição. O grau de agitação das moléculas aumentou decorrente ao calor absorvido, ao contrário da colher com o cabo de plástico que não transferiu tanto calor já que o plástico é isolante térmico.

Figura 8 - Resposta de um grupo de alunos da turma B. Propagação de calor por condução.

Transcrição da resposta: “A colher de metal sofreu variações de temperatura ao entrar em contato com a água em ebulição. O grau de agitação das moléculas aumentou decorrente ao calor absorvido, ao contrário da colher com o cabo de plástico que não transferiu tanto calor, já que o plástico é isolante térmico”.

A análise das respostas dadas aos questionamentos propostos no início da demonstração demonstra ter havido um entendimento de que a condutividade térmica dos materiais é a responsável pela sensação de que alguns materiais são mais frios que outros, mesmo estando a mesma temperatura, já que todos os alunos citaram o piso de ladrilho como bom condutor e a madeira como isolante. O que as respostas escritas não esclarecem é se há um entendimento nesse caso é que a transferência de calor é do corpo para os dois tipos de pisos, entretanto, nos diálogos ocorridos durante a aula, quando questionados pela professora, os alunos apontaram o sentido do fluxo de calor como sendo do corpo para o piso. A tabela 8, apresenta as transcrições de algumas interações ocorridas na turma B.

Tabela 8 - Transcrições de interações ocorridas na turma B.

Sujeitos	Transcrições das falas.
Professora	<i>Por que ao colocarmos os pés descalços sobre um piso de ladrilho temos a sensação dele ser mais frio que um piso de madeira?</i>
Aluno B10	<i>“Porque o piso de ladrilho é um bom condutor de energia térmica e a madeira é um isolante”.</i>
Professora	<i>“Quem transfere para quem”?</i>
Vários alunos	<i>“O corpo é que transfere”.</i>
Aluno B1	<i>“O corpo que transfere para o piso de ladrilho, porque ele está com a temperatura menor e o corpo com a temperatura maior então é o corpo que vai transferir calor”.</i>

Buscando provocar mais discussões a respeito da propagação de calor por condução foi realizada, como terceira etapa da aula, uma terceira demonstração (demonstração 1C) que levasse os alunos a pensarem ainda mais sobre a condução térmica.

Os materiais utilizados foram:

- ✓ Uma haste metálica (de alumínio).
- ✓ Parafina.
- ✓ Tachinhas de metal.
- ✓ Um suporte para vela.
- ✓ Uma vela.

Os alunos deveriam observar o que aconteceria com as tachinhas, fixadas com parafina, a uma haste metálica quando uma de suas extremidades fosse aquecida pela chama da vela.



Figura 9 - Tachinhas fixadas com parafina a haste metálica.

Após a observação, deveriam argumentar sobre a forma que o calor estava se propagando. Três questões foram colocadas para os alunos objetivando fomentar ainda mais as discussões.

- ✓ **O que acontecerá com a parafina ao aquecermos o fio?**
- ✓ **O que acontece com as tachinhas?**
- ✓ **De que forma o calor vai se propagando?**



Figura 10 - Participação dos alunos demonstrando 1C de propagação de calor.

Neste momento os alunos já estavam bastante envolvidos na aula, muitos querendo colaborar e minha função naquele momento era incentivá-los e cuidar para que houvesse um ambiente propício a construção da aprendizagem. Antes do início da demonstração quando as questões que fomentariam as discussões foram colocadas, os alunos já levantaram hipóteses sobre o que aconteceria com a parafina e como se

daria a propagação de calor. Já no início da demonstração vão surgindo questionamentos, que com a participação de todos, vão sendo enriquecidos. A tabela 9 apresenta trechos de interações ocorridos na turma B referentes a demonstração 1C.

Tabela 9 - Trechos de interações ocorridas na turma B, referentes a demonstração 1C.

Sujeitos	Transcrição das falas.
Aluno B2	<i>“A parafina vai derreter”.</i>
Aluno B4	<i>“Já caíram 3”.</i>
Professora:	<i>“Faz sentido está demorando um pouco mais”?</i>
Vários alunos	<i>“Faz”</i>
Aluna B2	<i>“Cai uma primeiro, depois a segunda, depois a terceira”.</i>
Professora	<i>“Mas porque”?</i>
Aluno B2	<i>“O calor vai espalhando”.</i>
Aluno B3	<i>“Cai tacha gradualmente”.</i>
Aluno B5	<i>As moléculas ficam agitadas e gradativamente, aí esquentava, aí derretia.</i>
Professora	<i>“Vai espalhando de onde para onde”?</i>
Aluno B2	<i>“Até a extremidade”.</i>
Aluno B3	<i>“Do meio pro fim”.</i>
Aluno B5	<i>“Do fogo pro fim”.</i>
Aluno B1	<i>“Acho que as moléculas deslocam”.</i>
Aluno B2	<i>“Não”.</i>
Aluno B3	<i>“Quando uma começa a agitar muito, automaticamente as outras vão se agitar também. Como é sólido, as moléculas ficam todas juntas, mais apertadinhas, quando uma começa a receber calor todas as outras automaticamente esquentam”.</i>
Professora	<i>“Automaticamente”?</i>

A princípio argumentaram que o calor estava se espalhando pela haste metálica e que por isso as tachinhas estavam se soltando gradativamente. Incentivados pela professora foram levados a pensar se haveria um sentido único para a propagação do calor, se apenas a extremidade onde estavam as tachinhas estava se aquecendo. Embora tenha surgido a hipótese do deslocamento de matéria por parte de um dos alunos da turma, o restante discordou imediatamente, embora não tivessem ainda um termo científico para encaixar nas suas explicações. Na construção das respostas escritas todos responderam que o calor se propagava no sentido da chama para as extremidades. Nesse passo não foi solicitado aos alunos que nomeassem o processo de propagação de calor nos sólidos, (o que seria feito no momento de sistematizar as atividades) no entanto 39% dos alunos da turma A e 60% dos alunos da turma C, que participaram da aula, já citaram nas respostas a “condução” como sendo o processo responsável pelo aquecimento da parafina e conseqüentemente da queda das tachinhas, nenhum aluno da turma B utilizou o termo na construção das respostas.

No momento da aula dedicado à sistematização da atividade os argumentos foram colocados de forma mais clara pelos alunos, onde já citaram nas respostas a condução acompanhada de curta explicação de como esse processo de propagação ocorre, listando também materiais que os mesmos julgavam ser isolantes ou condutores, sendo que 100% apontaram os metais como sendo bons condutores de calor, havendo uma diversidade maior em relação aos isolantes.

O que determina se um material será bom ou mau condutor térmico são as ligações em sua estrutura atômica ou molecular. Assim, os metais são excelentes condutores de calor devido ao fato de possuírem os elétrons mais externos "fracamente" ligados, tornando-se livres para transportar energia. Por outro lado, temos que materiais como lã, madeira, vidro, papel e isopor são maus condutores de calor (isolantes térmicos), pois, os elétrons mais externos de seus átomos não estão disponíveis.

Considerando também, a barra de alumínio, um sólido que tem uma estrutura cristalina, o calor fluirá espontaneamente através da estrutura do cristal, da extremidade da barra que é mantida em contato com a fonte térmica para a outra extremidade. Isso acontece por que os átomos da barra que estão em contato com a fonte térmica recebem calor desta e aumentam seu estado de agitação, passando a vibrar com maior amplitude e conseqüentemente aproximando-se dos átomos vizinhos acontecendo, dessa forma, um processo sucessivo ao longo da barra, até atingir um estado estacionário.

Os alunos foram orientados também a explicitar em quais situações do cotidiano a condução poderia ser o processo responsável pelo aquecimento dos corpos. Os mais citados por eles foram: o aquecimento da colher em contato com a panela, o aquecimento da panela em contato com a chama, a sensação térmica ao tocar diferentes tipos de materiais.

O momento final foi a sistematização do conhecimento. Após discutirem em pequenos grupos, cada grupo fez seu registro, que foi entregue à professora no final da aula.

5.1.2. Unidade 1: Propagação de calor por convecção.

A construção do conceito de propagação de calor por convecção foi realizada ao longo de duas aulas por meio de duas demonstrações investigativas (demonstrações 1D e 1E), cujo objetivo era verificar como ocorre a propagação de calor nos fluidos. Participaram desta aula 31 alunos da turma A de um total de 34 alunos, 31 alunos da turma B de um total de 35 e 32 alunos da turma C de um total de 33 alunos.

Os materiais utilizados para o desenvolvimento da demonstração 1D, também são matérias acessíveis e de baixo custo. Foram utilizados:

- ✓ Recipiente de vidro.
- ✓ Ebulidor.
- ✓ Pacote de chá.

Nessa demonstração partículas de chá foram adicionadas em uma determinada quantidade de água cuja temperatura seria elevada até alcançar a ebulição.



Figura 11 – Participação dos alunos no desenvolvimento da demonstração 1D.

Antes de iniciar a demonstração foram propostas duas questões problematizadoras:

- ✓ **Por que o ar condicionado é comumente instalado no alto da parede, enquanto os aquecedores são fixados próximos ao chão?**
- ✓ **Como se formam os ventos e as brisas?**

Num primeiro momento os alunos deveriam observar e tentar explicar, a luz das suas observações, o que estava acontecendo com as partículas de chá no interior da água em ebulição. Fez-se necessário esclarecer várias vezes que as partículas de chá adicionadas a água eram necessárias para que pudéssemos visualizar melhor

o que acontece com as moléculas de água durante o processo de ebulição. Os alunos conseguiram perceber o movimento das partículas de chá e relacionaram esse movimento a diferença de temperatura entre as porções de água. Quando questionados pela professora sobre o porquê de algumas partículas de chá subirem e outras descerem surgiram respostas e questionamentos que tentaram explicar essa relação.

Tabela 10 - Transcrições das falas dos alunos da turma A durante o desenvolvimento da demonstração 1D.

Sujeitos	Transcrição das falas.
Aluno A1	<i>“O orégano está transitando lá dentro”.</i>
Aluno A2	<i>“Porque elas estão descendo”?</i>
Aluno A3	<i>“Ficou mais densa ou menos densa”?</i>
Aluno A4	<i>“A água aumentou o volume e diminuiu a densidade”.</i>
Aluno A5:	<i>“Quando a temperatura ficou maior as partículas começaram a se mexer mais”.</i>
Aluno A6:	<i>“Agitando as partículas da água vai agitando a partícula do orégano, quando termina a ebulição, você vê que continua mexendo, a água tá quente ainda e as partículas continuam mexendo”.</i>
Aluno A7	<i>“A que está perto do ebulidor está mais quente”.</i>
Aluno A8	<i>“Quando você vai esquentando a água o fundo dela vai ficando mais quente vai subir. Não é”?</i>

Tabela 11 - Transcrições das falas dos alunos da turma B durante o desenvolvimento da demonstração 1D.

Sujeitos	Transcrição das falas.
Aluno B1	<i>“Uma está mais quente que a outra”.</i>
Aluno B2	<i>“ Uma está com grau de agitação maior”.</i>

Tabela 12 - Transcrições das falas dos alunos da turma B durante o desenvolvimento da demonstração 1D.

Sujeitos	Transcrição das falas.
Aluno C1	<i>“O aumento da temperatura da água causa a agitação das moléculas”.</i>
Aluno C2	<i>“A que tá embaixo que tá mais quente ela vai subir e a outra vai descer, a mais fria”.</i>

Os argumentos, de alguns alunos, durante a observação demonstraram ainda haver dúvidas em relação a qual porção de água descia e qual subia, se era a mais densa ou a menos densa.

Como a aula tratava da propagação de calor nos fluidos e a demonstração 1D tinha como substância a água, outra demonstração (demonstração 1E) foi realizada, tendo como objetivo a conclusão de que o mesmo processo de propagação de calor ocorre no aquecimento do ar, ou seja nos fluidos em geral. Para essa demonstração foram utilizados:

- ✓ 1 vela.
- ✓ Um suporte para encaixar a vela.
- ✓ Uma hélice construída com latinha de alumínio.
- ✓ Linha de costura.

A hélice foi suspensa a uma certa distância da chama da vela, que em função das correntes de convecção começava a girar.



Figura 12 - Demonstração 1E

A tabela 13 apresenta algumas respostas dos alunos sobre o que poderia estar causando o movimento da hélice.

Tabela 13 - Transcrições das falas dos alunos referentes a demonstração 1E.

Sujeitos	Transcrição das falas.
Aluno A1	<i>“Ar quente sobe e ar frio desce”.</i>
Aluno B1	<i>“ É por causa do ar quente”.</i>
Aluno B2	<i>“ Assim, na parte de cima da sauna, próxima do teto é bem mais quente, que no chão, perto do chão”.</i>
Aluno C3	<i>“ A chama troca calor com a hélice e faz ela girar”.</i>

Num dado momento os alunos deveriam comparar o que acontece nesse experimento com o experimento da água, sistematizar as respostas e entregar por escrito as suas observações.

Seguem algumas respostas dos alunos referentes a primeira questão proposta após as observações dos experimentos: Você é capaz de explicar o que acontece com as partículas de chá?

Turma A:

Aluno A1: “Com o aquecimento as partículas se movimentam, assim começa o processo de ebulição, ao chegar a 100°C as moléculas se agitaram bruscamente e assim movimentando tudo e qualquer substância contida dentro do recipiente e também aquecendo e movimentando as moléculas da substância adicionada. Para o processo acontecer houve uma transferência de calor, a água quente subiu, a substância fria desceu”

Aluno A2: “Eu acho que as moléculas de chá se movimentam junto com a água no processo de ebulição, ou seja, a água recebe energia, ela se aquece e sobe e a água que estava em cima que é fria, ela desce”.

Aluno A3: “Eu acho que ao aquecer a água as partículas da água se movimentam, o que faz com que as partículas de chá se movimentem também”.

Aluno A4: “As partículas de chá alteram a coloração esverdeando a água, as partículas de chá aumentam de volume e diminuem sua densidade. O grau de agitação das partículas aumenta devido ao calor recebido, fazendo com que elas fiquem em movimento”.

Aluno A5: “As partículas de chá, no começo, antes da temperatura aumentar, estavam em cima e quando a temperatura aumenta as partículas se agitam e trocam de lugar”.

Turma B:

Aluno B1: “Quando coloca o chá no recipiente com água as partículas ficam no fundo, quando o abolidor esquenta as partículas ficam se movimentando para cima e para baixo. As partículas que estão quentes descem e as que estão frias sobem para o espaço que as moléculas quentes deixaram”.

Aluno B2: “No início todas as partículas do chá estavam em cima, conforme a água vai se aquecendo, as partículas foram se agitando (subindo e descendo), quando a água entra em ebulição as partículas aumentam sua agitação, quando desliga as partículas ficam na parte de baixo do recipiente”.

Aluno B3: “As partículas de água que estão entrando em ebulição tendem a subir conseqüentemente levando as partículas de chá, no entanto as que não tem tanta energia desce”.

Aluno B4: “No início do processo as partículas sobem para cima da água, durante o processo elas começam se agitar, umas vão para cima e outras para baixo, isso acontece porque umas estão mais aquecidas que outras e no final, no ponto de ebulição elas aumentam sua agitação, quando desliga o fogo elas descem”.

Turma C:

Aluno C1: “As partículas que estavam mais perto do ebulidor começaram a esquentar e com isso começaram a subir dando lugar as partículas mais frias e com isso a agitação das moléculas levou a ebulição”.

Aluno C2 “As partículas que estavam mais perto do ebulidor começaram a esquentar e com isso começaram a subir dando lugar para as outras partículas, isso ocorre por causa da densidade, que as moléculas mais quentes dão lugar as moléculas frias”.

Aluno C3 “As partículas de chá se movimentam por consequência da troca de calor ocorrida na água que se encontra mais próxima do ebulidor para a água que está na parte superior do recipiente e quando em ebulição as partículas se movimentam de cima para baixo e de baixo para cima”.

Aluno C4 “As partículas de chá acompanham a água quando ela desce e quando ela sobe. As partículas que estão embaixo esquentam ficam menos densas e sobem e as de cima que estão menos aquecidas ficam menos densas e descem”.

As respostas dos alunos demonstram que houve um entendimento de como ocorre o aquecimento da água, que há uma movimentação das moléculas de água e essa movimentação vai provocar uma movimentação das partículas do chá, ou seja, que ocorre uma movimentação das moléculas de um líquido quando este sofre um aquecimento. Quanto ao uso do conceito de densidade 13% dos alunos da turma A usaram a diferença da densidade entre as massas de água mais aquecidas e menos aquecidas para justificarem o movimento das moléculas e apenas um aluno usou o termo convecção na construção de sua resposta, sendo esta justificativa utilizada por 47% dos alunos da turma C e nenhum aluno da turma B usou a densidade na construção das respostas.

Quanto as questões problematizadoras do início da aula e respondidas após a realização das demonstrações, a análise as respostas indicaram uma facilidade maior em relacionar as demonstrações com o princípio de funcionamento do ar condicionado do que com a formação das brisas. Todos os alunos citaram a descida do ar frio e a subida do ar quente como justificativa para a forma de instalação do ar condicionado. Quanto a formação dos ventos e brisas, os alunos tentaram redigir alguma resposta, se valendo apenas das discussões ocorridas durante a aula e das próprias observações durante as demonstrações, no entanto estas respostas não estavam claras. Na turma A as respostas demonstraram haver um consenso de que a formação dos ventos e brisas eram em razão dos choques ou encontros entre ar quente e frio. Nas turmas B e C as respostas relacionavam tais fenômenos com as correntes de convecção, mas ainda não demonstravam uma clara apropriação da linguagem científica na sua redação.

“Há troca por meio de convecção, o ar quente sobe, após o aquecimento da areia e o mais frio desce formando assim os ventos e as brisas”.

“ Por causa do ar frio que desce e o ar quente que sobe”

“ O ar quente da areia sobe para a atmosfera e vai para o mar e o do mar vem para a praia, isso durante o dia, a noite acontece o contrário”.

“ A massa de ar aquecida cede lugar à massa de ar frio, com o movimento de subida e descida do ar”.

“ Troca de ar que está quente e sobe com o ar que está frio e desce”.

“De dia a areia absorve mais calor que a água, porém durante a noite a areia perde calor para a água e com os ventos a água do mar evapora e assim a brisa e os ventos são mais quentes à noite”

Nessa etapa fez-se necessária uma intervenção maior da minha parte para explicar que o aquecimento desigual da terra e da água provocam correntes de convecção na atmosfera e que essas correntes de convecção circulando na atmosfera resultam em ventos e que este fenômeno fica mais evidente na costa marítima. Durante o dia o solo costeiro esquenta mais facilmente que a água: o ar logo acima do solo se eleva e o ar mais frio que vem das camadas mais próximas à água passa ocupar o seu lugar, dando resultado a brisa marítima. Durante a noite o processo se inverte, porque o solo se esfria mais rapidamente que a água.

5.1.3. Unidade 1: Propagação de calor por radiação.

O conceito de radiação foi construído ao longo de duas aulas, também com base nas observações de uma demonstração investigativa (demonstração 1F). Para o desenvolvimento da aula foram utilizados os seguintes materiais:

- ✓ Água (400 mL)
- ✓ Uma lata de alumínio (350 mL) pintada de preto.
- ✓ Uma lata de alumínio (350 mL) pintada de branco.
- ✓ Dois termômetros de 0 a 100 °C.
- ✓ Uma lâmpada halôgena 70W .



Figura 13 – Demonstração 1F: de propagação de calor por irradiação.

Durante o desenvolvimento da aula, foi oportunizado aos alunos acompanharem, utilizando termômetros, a variação de temperatura de 200 mL de água contida em duas latinhas de alumínio, uma pintada na cor branca e a outra na cor preta, sendo ambas aquecidas por meio de uma lâmpada halôgena de 70W, colocada a mesma distância de ambas as latinhas. Participaram desta aula 33 alunos da turma A, 28 alunos da turma B e 29 alunos da turma C.

Inicialmente todos os materiais foram apresentados para as turmas sendo duas as perguntas que fomentariam as interações durante a aula:

- ✓ Em qual das latas a água esquentaria mais?
- ✓ O que poderia estar influenciando esta diferença?

Como essa já era a quinta aula utilizando essa metodologia os alunos já não estavam mais receosos em participar, se ofereceram para realizar a leitura nos termômetros e alguns não sabiam sequer realizar esta leitura.

Muitas foram as interações durante a aula. A tabela 14, apresenta algumas dessas interações, durante o desenvolvimento da aula na turma A.

Tabela 14 - Transcrições das falas dos alunos da turma A.

Sujeitos	Transcrição das falas.
Aluno A1	<i>A cor preta atrai mais a luz do Sol, quando você sai de roupa preta na rua você fica sentindo mais calor do que de roupa branca.</i>
Aluno A2	<i>Eu acho que o preto absorve mais calor.</i>
Professora	<i>Então você acha que não é atrair? É absorver.</i>
Aluno A3	<i>Eu acho que o branco esquenta menos porque reflete calor.</i>

Aluno A4:	<i>Eu sei que o preto, quando eu visto, eu sinto mais calor realmente (...) Eu acho que o preto tem mais facilidade de absorver energia do que tirar energia.</i>
Professora	<i>Ela coloca para gente que o preto tem mais facilidade em absorver energia do que retirar energia. Será?</i>
Aluno A5	<i>Por que o telhado não é preto, coloração dele é vermelho e branco. Isso é estética?</i>
Professora	<i>Será que é só estética? Porque os telhados das casas, normalmente, não são pretos?</i>
Aluno A6	<i>É laranja ou branco.</i>
Professora	<i>Não vamos pensar em telhado, mas qual é a cor predominante do teto das casas?</i>
Turma no geral	<i>Branco.</i>
Professora	<i>Dá para associar isso com o experimento?</i>
Turma no geral	<i>Dá.</i>
Professora	<i>Por que então?</i>
Professora	<i>A (...) falou que o preto tem mais facilidade em absorver mas tem mais dificuldade para soltar o calor. Dá para comprovar isso aqui não? Por que se eu retirar a fonte térmica, qual vai esfriar mais rápido?</i>
Aluno A5	<i>Mas não vale, a água tá aí dentro.</i>
Aluno A7	<i>Ela só vai tirar a lâmpada. Só apagar a luz.</i>
Professora	<i>Só vou tirar a lâmpada, só vou retirar a fonte térmica, não vou mexer com mais nada. A gente quer analisar o que ela falou. Pelo que ela falou, esse aqui vai esquentar mais rápido, mas pelo que eu entendi ela está falando que ele vai demorar mais para esfriar. Vamos ver?</i>
Professora	<i>Vamos marcar um tempo. Até o final da aula para a gente verificar.</i>
Aluno A8	<i>Por isso que a lateral das painelas é preta? Para manter calor?</i>
Professora	<i>Para manter calor ou esquentar mais rápido?</i>
Professora	<i>É ótimo que vocês observam isso no dia a dia de vocês.</i>
Aluna A9	<i>Isso só acontece com o preto e o branco, com outras cores também acontece a mesma coisa?</i>
Aluno A10	<i>Eu acho se for cor clara e cor escura.</i>
Aluno A11	<i>Carro preto quando está no Sol, a cor preta esquenta muito mais.</i>
Professora	<i>Qual o nome do processo de transferência de calor aqui. Alguém tem ideia?</i>
Alunos A2, A10, A11.	<i>Radiação.</i>

Professora	<i>Aqui esse calor irradiou através do ar, mas a radiação de calor acontece tanto onde existe meio material como onde não existe meio material.</i>
Professora	<i>Qual a nossa principal fonte de calor enquanto planeta Terra?</i>
Turma no geral	<i>O Sol.</i>
Professora	<i>Então a energia que nós recebemos é a energia radiante do Sol. Todo espaço entre o Sol e a Terra é composto de matéria?</i>
Turma no geral	<i>Não</i>
Professora	<i>Então a radiação térmica é um meio de transferência de calor que não precisa, necessariamente, de um meio material para acontecer.</i>
Professora	<i>Todo corpo que é um bom absorvedor é também um bom emissor. Então do mesmo jeito que o preto esquentou mais rápido</i>
Aluna A9	<i>Ele vai esfriar mais rápido</i>
Professora	<i>A branca continua com a temperatura de 27 graus. A pretinha já caiu a temperatura para 29 graus.</i>
Aluna A9	<i>31 para 29.</i>

Assim como na turma A, houve grande participação dos alunos da turma B e estes também apresentaram uma certa dificuldade em ler a temperatura indicada nos termômetros. Todos concluíram, também após registros das temperaturas que a latinha que esquentava mais era a preta, já em relação ao que poderia estar influenciando esse fato, as respostas e perguntas foram bem variadas, sendo apresentadas na tabela 15.

Tabela 15 - Transcrições das falas dos alunos da turma B.

Sujeitos	Transcrição das falas.
Aluno B1	<i>Alguma substância na cor?</i>
Aluno B2	<i>Não, a cor.</i>
Aluno B3	<i>A cor preta é mais forte.</i>
Aluno B4	<i>Não é a questão da cor mesmo. O preto absorve todas as cores.</i>
Aluno B5	<i>É a energia.</i>
Aluno B6	<i>Não é isso, é porque o preto absorve mais calor e a branca reflete mais.</i>
Aluno B7	<i>É que nem quando a gente está, vamos supor no Sol, e a gente está com blusa preta, a gente percebe que esquentou mais do que quando a gente está de blusa branca.</i>
Alguns alunos	<i>Isso é verdade.</i>
Aluna B8	<i>Eu acho que o preto absorve mais a radiação.</i>

Aluno B9	<i>Eu acho assim: Na questão da latinha por ela ser preta, no caso ela deve ter alguma propriedade. Deve ser o material da própria tinta não?</i>
Aluno B10	<i>Eu acho que a preta troca mais calor com a luz do que a branca.</i>
Professora	<i>Troca mais calor em qual sentido?</i>
Aluno B10	<i>Transferência. A luz está transferindo pra ela, só que ela absorve mais que branca.</i>

Ao fim das colocações foi possível concluir que é realmente a cor das latas a responsável pela diferença de temperatura da água. Embora o termo radiação tenha sido colocado por uma aluna já no início das discussões, quando questionados sobre qual o nome dado a propagação de calor observado na demonstração, uma aluna citou a condução, o que abriu uma nova discussão. A tabela 16 abaixo, apresenta alguns trechos dessas discussões.

Tabela 16 - Interações discursivas dos alunos da turma B sobre a radiação térmica.

Sujeitos	Transcrição das falas.
Professora	<i>Tem condução envolvida no processo.</i>
Aluno B11	<i>Tem</i>
Professora	<i>Em qual parte do processo?</i>
Aluno B11	<i>Do metal que vai aquecer a água.</i>
Professora	<i>E o processo da energia da lâmpada aquecendo a água? Você chamaria de que?</i>
Aluno B6	<i>No sólido é condução.</i>
Professora	<i>No sólido é condução e está acontecendo da latinha para a água. E da lâmpada para a latinha?</i>
Aluno B11	<i>Absorção.</i>
Professora.	<i>Absorção está acontecendo sim, a latinha está absorvendo calor, mas por qual processo de propagação.</i>
Aluno B11	<i>Convecção.</i>
Aluno B12	<i>Convecção é em gases e líquidos.</i>
Aluno B8	<i>Não é radiação não?</i>
Professora.	<i>Radiação de energia térmica. Esse processo acontece onde existe meio material e onde não existe meio material. O meio material em torno das latas é o ar.</i>
Aluno B6	<i>Então isso aí também daria certo no vácuo.</i>
Professora	<i>Qual é a maior prova disso?</i>
Aluno B9	<i>O sol queimando nossa cabeça.</i>

Professora	<i>A radiação que a Terra recebe do sol. Porque existe um espaço entre a Terra e o Sol que não tem matéria, é vácuo.</i>
------------	--

Este trecho da aula abriu espaço para discutir com os alunos o efeito estufa, alguns alunos estranharam o fato dos corpos emitirem radiação infravermelha. O segundo ano B é a turma que, de forma geral, apresenta mais dificuldade na resolução de exercícios, no entanto, a turma demonstrou grande interesse em participar das aulas. As colocações eram pertinentes e os alunos estavam sempre atentos as colocações uns dos outros.

Assim como na turma A e B, na turma C foi solicitado aos alunos a verificação da temperatura nos termômetros inseridos na água e alguns alunos também apresentaram dificuldades em fazer a leitura, o que foi resolvido com o auxílio dos próprios colegas.

Para verificar a variação de temperatura, os alunos cronometraram o tempo e a primeira leitura, realizada após 10 minutos, indicou uma variação de 7 graus Celsius na água contida na lata preta e 3 graus Celsius para a água contida na lata branca. A luz da experimentação, aqui também não foi difícil para os alunos concluírem que a lata preta esquentou mais.

Após a verificação das temperaturas foi permitido também que os alunos segurassem as latas para que pudessem perceber através da sensação térmica qual estava mais quente. Os que o fizeram relataram para a turma que a lata branca estava praticamente a temperatura ambiente e que a preta estava bem quente.

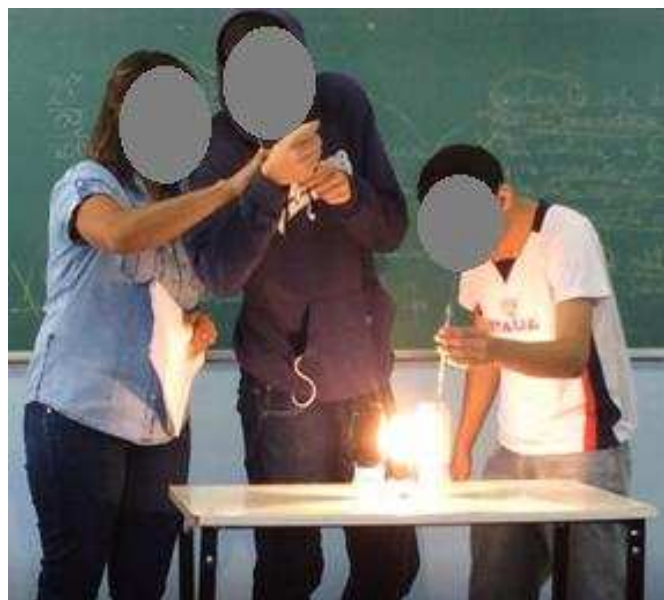


Figura 14 – Professora e alunos verificando a temperatura utilizando termômetros.



Figura 15 - Aluna verificando a temperatura utilizando sensação térmica.

Maiores discussões aconteceram na tentativa de explicar o que poderia estar influenciando esse fato, que segue registrado no quadro abaixo.

Tabela 17 - Transcrições das falas dos alunos da turma C sobre a demonstração 1F

Sujeitos	Transcrição das falas.
Professora	<i>Em qual das latas a água esquentará mais?</i>
Turma C	<i>A preta.</i>
Professora	<i>O que poderia estar influenciando isso?</i>
Aluno C1	<i>A cor da lata.</i>
Aluno C2	<i>A cor escura.</i>
Aluno C3	<i>A capacidade térmica também.</i>
Professora	<i>A capacidade térmica da lata branca é menor?</i>
Aluno C4	<i>Maior</i>
Aluno C5	<i>Em relação a lata branca o preto é mais quente.</i>
Aluno C2	<i>Não. Eu quero saber se é por conta das ondas?</i>

Nesse ponto da aula foi necessário relembrar que as duas latinhas eram de alumínio e que as duas continham o mesmo líquido, no caso a água e que não poderia ser então a capacidade térmica a responsável pela diferença de temperatura observada.

Uma pergunta de uma aluna abriu nova discussão.

Tabela 18 – Mais interações dos alunos da turma C, sobre a radiação térmica.

Sujeitos	Transcrição das falas.
Aluno C2	<i>Não. Eu quero saber se é por conta das ondas?</i>
Professora	<i>Que ondas?</i>
Aluno C2	<i>De radiação.</i>
Aluno C5	<i>De energia.</i>
Professora	<i>Então vamos pensar. O que está aquecendo as latas?</i>
Alguns alunos	<i>A radiação.</i>
Professora	<i>E essa radiação está vindo da ...</i>
Turma	<i>Lâmpada.</i>
Aluno C6	<i>Eu acho que a lata branca não absorve tanto quanto a lata preta.</i>
Aluno C7	<i>Eu também acho.</i>
Aluno C8	<i>Eu não sei explicar.</i>
Professora	<i>O (...) levantou a hipótese que a capacidade térmica seria diferente, uma receberia mais e a outra receberia menos. A(...) acha que tem a ver com a preta absorver mais e a branca absorver menos. E aí tem mais alguma hipótese?</i>
Aluno C9	<i>Eu acho que na hora de voltar, quando a radiação bate ela volta.</i>
Professora	<i>O (...) acha que a branca reflete mais.</i>

Nas três turmas fez necessário uma segunda aula para sistematização das atividades. Mesmo que a palavra “radiação” não tenha sido utilizada pela professora para denominar esse processo de propagação de calor, ele surgiu dos alunos, embora nesse ponto eles não conseguissem explicar com clareza como de fato isso acontecia.

Aproveitando a colocação do aluno C2, foi esclarecida que radiação significa transferência de energia por ondas eletromagnéticas. Toda onda eletromagnética é capaz de se propagar no vácuo com a velocidade da luz.

Quando a radiação térmica incide em um objeto parte dela é absorvida e parte é refletida por ele. Os objetos escuros absorvem a maior parte a radiação que neles

incide, por isso que um objeto negro, colocado ao Sol, tem sua temperatura sensivelmente elevada. De modo geral, o calor que uma pessoa recebe quando está perto de um corpo aquecido chega até ele por três processos: condução, convecção e radiação. Quanto maior a temperatura do corpo aquecido, maior será a quantidade de calor transmitida por radiação.

Os alunos deveriam também citar fatos do cotidiano onde fosse observado esse mesmo processo de transferência de calor, explicando cada um. Como nas interações eles já estavam fazendo isso, o exemplo mais citado foi o uso de roupas claras e escuras e a sensação térmica que elas causam, quando utilizadas em dias de altas temperaturas.

Algumas respostas dos alunos corroboram essa afirmação.

Aluno da turma A: “Quando estamos com blusa preta no Sol, podemos perceber que sentimos mais calor do que quando usamos blusa branca. Isso acontece porque a cor preta absorve calor mais rápido”.

Alunos da turma A: “As placas de aquecedor solar, que são feitas com um material de coloração preta”.

Aluno da turma C: “Quando usamos uma blusa mais escura sentimos mais calor, pois a cor escura absorve mais calor e quando usamos uma cor clara não sentimos tanto calor.

Aluno da turma C: “Quando ficamos em lugares com cores mais escuras o ambiente fica mais quente e lugares com cores mais claras são mais frios”.

Aluno da turma C: “Cores claras em telhados para as casas ficarem mais frescas”.

Aluno da turma B: “Painéis depois de ter estado na fonte térmica, a panela preta esfria mais rápido que uma panela branca”.

Textos sobre propagação de calor e alguns exercícios do livro didático adotado pela escola foram utilizados para encerrar a primeira unidade, não sendo apresentado por parte dos alunos dificuldades em resolver os exercícios.

5.2 Unidade 2: Trabalho e calor

Esta unidade foi planejada para identificar em diversas situações práticas o aquecimento de um corpo por fornecimento de calor ou realização de trabalho, objetivando valorizar o papel do aluno no processo de elaboração de hipótese e confrontação com situações de erro, como forma de convidá-lo a refletir sobre suas ideias e as dos colegas de classe, tendo como estratégia o laboratório aberto, onde o problema a ser investigado foi sugerido pelo professor, os procedimentos e conclusões foram

deixados em aberto. Neste tipo de atividade os alunos participam da resolução de um problema, elaboram hipóteses, coletam dados, elaboram conclusões e comunicam seus resultados. Participaram do desenvolvimento dessa unidade 29 alunos da turma A, 32 alunos da turma B e 23 alunos da turma C. Foram necessárias duas aulas para o desenvolvimento dessa unidade, na primeira foi proposta a seguinte questão-problema aos alunos: É possível aumentar a temperatura da água dentro de uma garrafa sem fornecer calor a ela?

Os alunos foram organizados em grupos de quatro alunos e para conduzir a aula e engajar os alunos no levantamento de hipóteses referentes a questão proposta, foram desenvolvidas três atividades, antes que os alunos partissem diretamente para o problema proposto, seguidas do questionamento da professora sobre os resultados alcançados. Na primeira parte da aula pediu-se aos alunos que esfregassem uma mão contra a outra e que em seguida encostasse as palmas das mãos no próprio rosto, feito isso eles deveriam relatar o que acontecia com as mãos durante a fricção e o que sentiram ao encostar as mãos recém friccionadas sobre seu rosto. Todos os alunos, de formas diversas, responderam que a temperatura das mãos aumentava e que ao encostá-la no rosto sentiram que as mãos estavam mais quentes que rosto. Na sequência eles deveriam se posicionar sobre a seguinte questão: O processo de aquecimento das mãos, ao serem friccionadas, e do rosto, em contato com as mãos aquecidas é o mesmo?

87% dos alunos responderam que não, relacionando o aquecimento das mãos ao atrito e o aquecimento do rosto a condução, 7% responderam que sim, alegando que os dois processos se tratavam de transferência de calor. E 6% optaram por não responderem a questão. Para fomentar maiores discussões foi pedido aos alunos que colocassem uma das mãos em uma vasilha contendo água, ligeiramente aquecida e relatassem o que aconteciam com a temperatura da mão após um certo tempo, nesse passo, todos relataram que a mão esquentava. Dando continuidade foi pedido que os alunos vestissem a outra mão (a que não havia sido colocada em água aquecida) com uma luva e que relatassem o que acontecia com a temperatura da mão após um certo tempo e todos responderam que a mão começava a se aquecer. Para sistematizar esse primeiro momento solicitei aos alunos que tentassem explicar o que acontecia comparando os processos anteriores e as respostas foram mais diversificadas mas registravam a ideia que nos dois primeiros processos existia transferência de calor e

que no terceiro a luva funcionava como um isolante térmico, como nos exemplos abaixo:

Aluno A1: “ A luva agiu como um isolante térmico impedindo a troca de calor da mão com meio ambiente, já na água houve troca de calor da mão com a água”.

Aluno A2: “A luva agiu como isolante térmico e água transfere calor para a mão”.

Aluno A3: “Luva é um isolante térmico, por isso impediu a transferência de calor com o ambiente e na vasilha a água transferiu calor para a nossa mão”.

Aluno A4: “No processo das mãos na vasilha a água transfere calor para as mãos; no outro processo a luva isola a troca de calor com o meio externo”.

Aluno B1: “No processo em que colocamos a mão na água o que esquenta a mão é a troca de calor, no processo que colocamos a luva a mão esquenta porque a luva é um isolante térmico”.

Aluno B2: “A água esquentou, porém nos processos anteriores a água esquentou por troca de calor. Neste último experimento não houve troca de calor”.

Aluno B3: A temperatura da mão não aumenta mas há a sensação térmica de que ela está quente devido a propriedades isolantes da luva”.

Aluno B4: “No processo em que colocamos a mão na água, o que esquenta a mão é a troca de calor e no processo que usamos a luva, a mão esquenta, pois, a luva funciona como um isolante térmico”.

Aluno C1: “A mão que entra em contato com a água troca calor até chegar em equilíbrio térmico. Com a luva, ela é um isolante térmico e impede que haja transferência de calor entre as mãos e o meio ambiente”.

Aluno C2: “ No processo em que colocamos a mão na água a troca de calor esquenta, e no segundo processo que colocamos a luva a mão esquenta porque a luva é um isolante térmico”.

Aluno C3: “Em todos houve aumento de temperatura, mas por processos diferentes, a primeira por atrito, a segunda por condução e a última por isolamento”.

Aluno C4: “ Em todos os processos ocorre elevação de temperatura, mas a forma como a elevação acontece é diferente. Nas mãos foi por atrito, na vasilha com água foi por condução e a luva por isolamento térmico”.

As questões propostas anteriormente e experimentadas pelos alunos carregavam o objetivo de auxiliar no levantamento de hipóteses e na capacidade de argumentação, para a solução da questão-problema proposta inicialmente, uma vez que ambas requerem altas habilidades cognitivas. Levantar hipóteses e capacidade de argumentação ocupam, segundo a Taxonomia de Bloom (1956), que apresenta hierarquicamente seis categorias do domínio cognitivo que são: conhecimento,

compreensão, aplicação, análise, síntese e avaliação, os níveis mais alto dessa categoria. Essas categorias representam resultados esperados nos objetivos de aprendizagem e são cumulativos, apresentando uma relação de dependência entre os níveis. Quanto mais alto o nível maior a habilidade requerida do sujeito que aprende.



Figura 16: categorias do domínio cognitivo proposta por Bloom, Englehart, Furst, Hill e Krathwohl.

Fonte: www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2010000200015> Acesso em 26 de março de 2018.

Neste momento da aula os alunos tiveram a oportunidade de expor suas ideias sobre a questão-problema manifestando seus conhecimentos prévios e elaborando hipóteses. As hipóteses sugeridas pelos alunos foram: (1) não é possível aquecer a água sem uma fonte de energia; (2) isolar a garrafa; (3) agitar a garrafa; (4) isolar a garrafa e depois agitar; (5) colocar a garrafa em água quente; (6) retirar uma quantidade significativa de ar da garrafa e agitar. (7) agitar a garrafa com as mãos vestidas com luvas. Das hipóteses levantadas pelos alunos a (5) gerou uma pequena discussão, levando a conclusão de que nesse caso haveria transferência de calor e a hipótese (6) não foi possível testar com os materiais disponíveis, pois não havia naquele momento um dispositivo que pudesse ser usado para retirar o ar do interior da garrafa.

Uma vez levantadas as hipóteses, na segunda aula, de posse dos materiais necessários os grupos realizaram os testes. Embora alguns alunos tenham permanecido passivos, foi grande o engajamento da maior parte, que de posse de um termômetro acompanhavam com frequência a temperatura da água contida no interior da garrafa para verificarem se conseguiram algum resultado, além de revesarem entre si na tarefa de agitar a garrafa objetivando conseguir um aumento ainda maior na temperatura da água.



Figura 17 - Grupos de alunos verificando a temperatura da água contida na garrafa.

Após realização dos testes, foi realizada a socialização dos resultados alcançados, onde cada grupo teve que ouvir o outro e relatar o que fez, sendo meu papel, de auxiliar na construção de suas explicações, ocorrendo dessa forma a sistematização coletiva do conhecimento. Quanto aos relatórios, que deveriam ser entregues por cada grupo, foram sucintos e revelaram certa dificuldade em expressar suas ideias, a principal preocupação foi o apontamento do resultado final, alguns demonstrando grande dificuldade em redigir de forma clara os passos seguidos pelo grupo, mas demonstraram uma compressão de que existem outras formas de aumentar a temperatura de um corpo sem o fornecimento de calor. Nesse aspecto torna-se ainda mais evidente a necessidade de se elaborar e executar atividades que desenvolvam habilidades de síntese e autonomia nos estudantes. Segue, breve relatório redigido pelos alunos referentes aos resultados alcançados:

Grupo A1: Ao balançar a garrafa por algum tempo, percebemos que houve alteração na temperatura da água e concluímos com a ajuda de um termômetro. Inicialmente a água estava a 25°C e logo após ser aquecida estava com 29°C.

Grupo A2: Antes de começar a balançar a água ela estava a 25°C e após agitarmos ela foi para uma temperatura de 29°C, o que leva a concluir que sim é possível aumentar a temperatura da água dentro da garrafa sem fornecer calor.

Grupo B1 Em sala de aula foi proposto aquecer a água dentro da garrafa sem que haja fornecimento de calor. Por meio de agitação das partículas, notou-se um pequeno aumento da temperatura que variou de 26°C até 30°C. Levantou-se a hipótese de que com toda garrafa envolvida em uma luva de lã ao ser agitada, pelo fato de que a luva é um isolante térmico, a temperatura poderia ser maior. Decidiu-se testá-la, o resultado foi um pequeno aumento na temperatura. Mesmo com a luva percebeu-se que a variação de temperatura não foi tão grande, apenas 2°C a 3°C acima da temperatura ambiente.

Grupo B2: Medimos a temperatura inicial da água que foi 24°C, com o processo de agitação a temperatura da água subiu para 28° C e com o isolamento a temperatura variou para 29°C, concluindo que é possível aumentar a temperatura da água sem fornecer calor.

Grupo B3: A temperatura inicial foi de 24°C e a final de 28°C. Balançamos a garrafa por um tempo, fazendo com que a temperatura aumentasse. Vários fatores poderiam alterar o resultado: o material, a mão, a quantidade de água, a temperatura ambiente.

Grupo C1: Através dos experimentos realizados em sala de aula, notamos que existe sim, uma maneira de aumentar a temperatura da água em um recipiente se fazer uso de uma fonte térmica. Para chegar até os resultados utilizamos uma garrafinha de água, 500 ml e um pouco de água em temperatura ambiente. Aplicando o conhecimento de que quanto maior a temperatura maior a agitação das moléculas, logo foi pensado em agitar a água contida na garrafinha e para que fosse comprovado que isso realmente poderia acontecer foi usado um termômetro para observação da temperatura antes e depois do processo.

Grupo C2: No meu grupo, nós testamos balançar a garrafa e até funcionou, mas a água não se aqueceu muito, então, colocamos a garrafa dentro das luvas, assim fazendo um isolamento térmico. Dessa maneira conseguimos aumentar um pouco mais a temperatura da água.

Grupo C3: Em sala de aula foi proposto aquecer a água dentro da garrafa sem que haja fornecimento de calor, por isso, decidimos agitar a água para que as partículas se agitem e a temperatura aumente. A temperatura variou de 26°C a 30°C. Levantou-se a hipótese de que com toda a garrafa envolvida em uma luva de lã ao ser agitada, pelo fato da luva ser um isolante térmico, a temperatura poderia ser maior. Decidiu-se testá-la, o resultado foi um pequeno aumento na temperatura.

Como nenhum aluno relacionou o “agitar” a garrafa com a energia mecânica foi necessário trazer essa discussão para a aula e esclarecer que nesse caso, temos uma transformação da energia mecânica em energia térmica e que a transferência e a transformação de energia são fenômenos que ocorrem constantemente na natureza e que assim como realizado na aula anterior, bastou esfregarmos as mãos para percebermos o aumento da temperatura delas, agitar a garrafa era a conversão de trabalho mecânico em energia térmica, podendo ser constatado através do aumento de temperatura da água.

A liberdade dada aos alunos na execução da atividade permitiu que eles participassem de todos processos da investigação, desde a elaboração das hipóteses até

a comunicação dos resultados, que são habilidades características da construção do conhecimento científico, requerendo também aprendizagem relacionadas ao trabalho em grupo e o respeito ao outro.

5.3 Unidade 3: Transformações gasosas

Para o desenvolvimento dessa unidade foram necessárias 4 aulas, sendo utilizado como recurso didático duas simulações: a primeira, *Propriedade dos gases*, está disponível no endereço eletrônico <https://phet.colorado.edu> e a segunda, *Simulador do comportamento dos gases ideais*, disponível no endereço eletrônico <http://www.educacional.com.br>

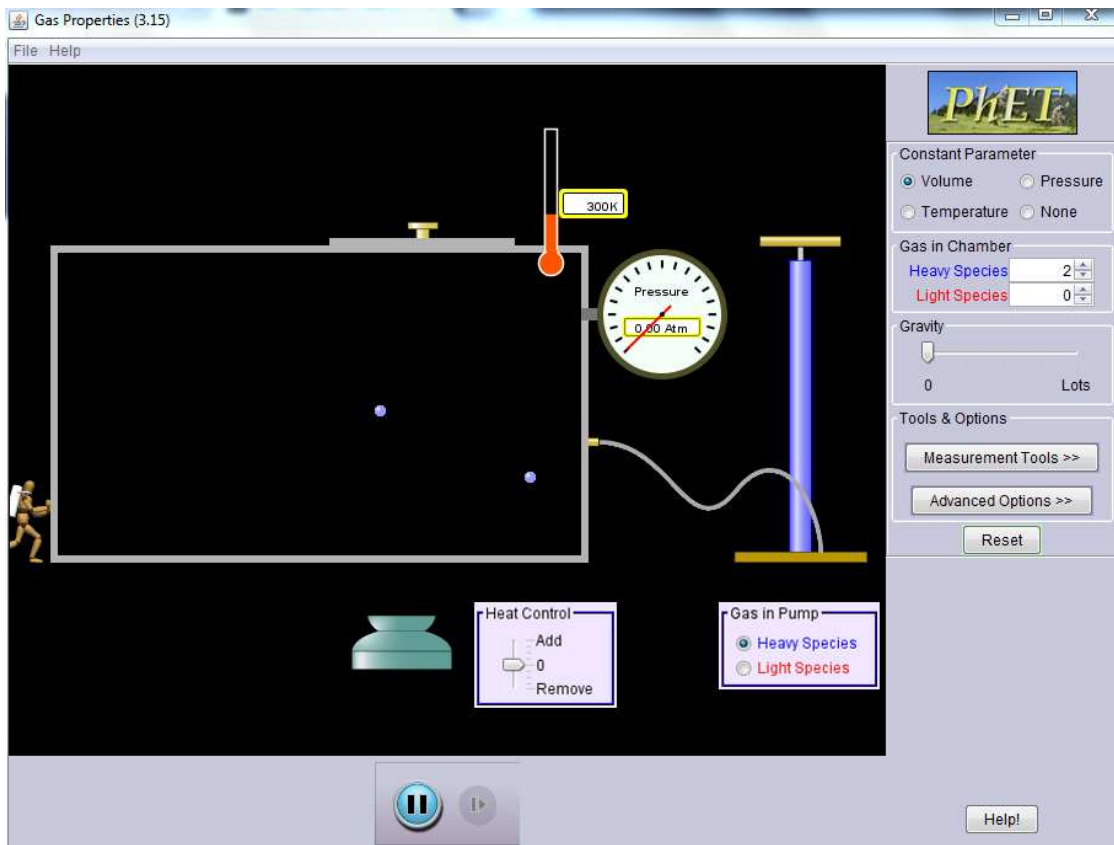
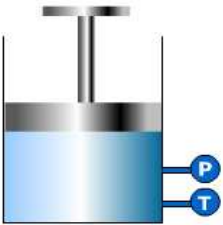


Figura 18 - Painel do simulador didático Propriedade dos gases.

Fonte: <<https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/gas-properties>>

Simulador de comportamento

Selecione uma atividade e digite os valores de três variáveis de estado do gás. A quarta variável não precisa ser digitada, pois é calculada automaticamente. Em seguida, clique em EXECUTAR para ver a transformação.



ATIVIDADES ?

1 2 3 4 5 6 7 8 9

5. Um êmbolo contém certa massa de gás Oxigênio a 10°C, a qual exerce pressão de 1,5 atm e ocupa o volume de 7 L. Qual será o volume ocupado por essa massa de gás O₂ se, a pressão constante, a temperatura sobe a 72°C?

isotérmica isobárica isocórica

$P_i =$ atm $P_f =$ atm
 $T_i =$ K $T_f =$ K
 $V_i =$ L $V_f =$ L

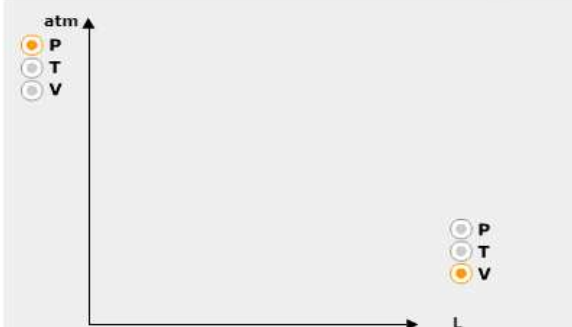


Figura 19 - Painel do simulador comportamento dos gases.

Fonte: <<http://www.educacional.com.br/recursos/conteudomultimedia/21/quimica/gases/gases3.asp>>

Medeiros (2002) aponta os benefícios do uso de simulações no ensino de ciências:

Reduzir o 'ruído' cognitivo de modo que os estudantes possam concentrar-se nos conceitos envolvidos nos experimentos; fornecer um *feedback* para aperfeiçoar a compreensão dos conceitos; permitir aos estudantes coletarem uma grande quantidade de dados rapidamente; permitir aos estudantes gerarem e testarem hipóteses; engajar os estudantes em tarefas com alto nível de interatividade; envolver os estudantes em atividades que explicitem a natureza da pesquisa científica; apresentar uma versão simplificada da realidade pela destilação de conceitos abstratos em seus mais importantes elementos; tornar conceitos abstratos mais concretos; reduzir a ambigüidade e ajudar a identificar relacionamentos de causas e efeitos em sistemas complexos; servir como uma preparação inicial para ajudar na compreensão do papel de um laboratório; desenvolver habilidades de resolução de problemas; promover habilidades do raciocínio crítico; fomentar uma compreensão mais profunda dos fenômenos físicos; auxiliar os estudantes a aprenderem sobre o mundo natural, vendo e interagindo com os modelos científicos subjacentes que não poderiam ser inferidos através da observação direta; acentuar a formação dos conceitos e promover a mudança conceitual. (MEDEIROS, 2002, p. 3.).

Esta unidade tem como objetivo estudar as propriedades dos gases observando-se as variáveis pressão (P), volume (V) e temperatura (T) de um gás encerrado em um cilindro, dando aos alunos possibilidade de modificar essas variáveis, observar os resultados provenientes dessa modificação, manter parâmetros constantes, chegando às transformações: isobárica, isocórica e isotérmica e através de perguntas elaboradas pelo professor promover o debate de ideias.

A opção pelo uso de duas simulações se justifica pelo fato da segunda permitir a construção dos gráficos $P \times V$, $V \times T$ e $P \times T$, recurso não disponível na primeira.

Como a escola possui um laboratório de informática com apenas 20 computadores em funcionamento foi necessário que os alunos trabalhassem em duplas para a exploração dos recursos da simulação. Para que fosse possível a utilização desses recursos, foi necessário realizar a instalação dos mesmos em cada um dos computadores, uma vez que o sistema operacional era o Linux e os computadores não permitiram baixar tais recursos diretamente da rede de computadores.

Participaram desta aula 33 alunos da turma A, 30 alunos da turma B e 29 alunos da turma C. Muitos alunos relataram estar entrando pela primeira vez no laboratório de informática, desde que se matricularam na escola.

Na primeira aula foi trabalhado apenas a primeira simulação *Propriedade dos gases*, os alunos estavam bem eufóricos e foi necessário um tempo para tranquilizá-los explicando que a simulação permitiria observações que dificilmente seriam possíveis utilizando apenas o livro didático. Uma vez ligado os computadores e aberto o simulador, foi necessário mais um tempo da aula para eles se familiarizassem com o painel do simulador conhecendo os seus recursos, para isso foi pedido que eles bombassem moléculas de gás na câmara, espécies leves e pesadas e verificassem e discutisse com o colega o que acontecia na câmara de gás ao modificar a pressão, o volume, a temperatura e outros parâmetros disponíveis na tela. A partir dessa fase foram propostas as seguintes questões:

- ✓ O que ocorre com a velocidade das moléculas ao diminuirmos o volume da câmara de gás?
- ✓ O que ocorre com a pressão do gás ao diminuirmos o volume?
- ✓ O que ocorre com a temperatura ao diminuirmos o volume?

Além de relatarem o observado eles deveriam entregar suas respostas por escrito. Várias foram as colocações dos alunos, mas todos, a luz da observação, responderam as questões propostas afirmando que a velocidade, a pressão e a temperatura das moléculas aumentavam.

Aluna A1: A velocidade das moléculas aumenta na medida que o volume diminui, pois há mais colisões entre elas.

Aluna A2: Conforme diminuimos o volume da câmara de gás a velocidade das moléculas aumentam, ocorrendo mais colisões.

Aluno B1: A velocidade das moléculas aumenta e conseqüentemente aumenta também o número de colisões.

Aluno B2: A velocidade das moléculas aumenta, porque aumentou a pressão sobre elas.

Aluno B2: Ao diminuirmos o volume a velocidade da agitação das moléculas aumenta assim como a pressão e a temperatura.

Aluno C1: Aumenta a velocidade. Aumenta porque tem menor volume e também vai aumentar as colisões entre as moléculas.

Na segunda aula, de volta ao laboratório e com os alunos mais familiarizados com o simulador, solicitou-se que realizassem na simulação uma transformação isotérmica (temperatura constante) mantendo constante também o número de partículas moléculas na câmara de gás, que diminuíssem e aumentassem o volume algumas vezes, observando o que estava acontecendo com a pressão, não só pelo movimento das partículas, mas também pelo instrumento de medida disponível no simulador e que relatassem o que estavam observando. Também a luz da observação eles conseguiram responder que a pressão aumentava, abrindo espaço para a discussão da relação de proporcionalidade existente entre a pressão e volume nas transformações isotérmicas, aqui tratados apenas qualitativamente, uma vez que a simulação não permite precisar numericamente qual o volume da câmara de gás.

Procedimento semelhante foi realizado mantendo-se constantes as variáveis pressão e volume para que fossem analisadas as transformações isobáricas e isocóricas, nesse caso, os alunos foram indagados sobre quais parâmetros deveriam ser mantidos constantes e convidados a explorar a suas ideias no simulador.

Numa segunda fase desta aula, outras duas questões foram propostas aos alunos:

- ✓ O que ocorre com as variáveis quando adicionamos calor? E quando retiramos?
- ✓ Como explicar isso em termos de balanço energético?

Mais uma vez eles deveriam explorar esse recurso no simulador, discutir entre seus pares e entregar por escrito suas observações para que posteriormente essas respostas fossem socializadas para toda a turma, sendo que 90% dos alunos participantes das duas aulas conseguiram redigir alguma resposta e 10% dos alunos não redigiram nenhuma resposta. Dentre as respostas redigidas pelos alunos seguem alguns exemplos.

Dupla de Alunos A1: Quando retiramos calor sua temperatura diminui, as moléculas perdem velocidade e seu volume mantém-se constante. Quando fornecemos calor, a velocidade das moléculas aumenta, a temperatura e seu volume aumentam.

Dupla de Alunos A2: Quando ocorre acréscimo de calor, o volume e a pressão aumentam, ao retirar calor a pressão e o volume diminuem.

Dupla de Alunos A3: As moléculas se agitam mais, fazendo com que a câmara de gás exploda. As moléculas perdem a agitação chegando em um dado momento a paralisar no ar pois chega no zero absoluto.

Dupla de Alunos B1: Quando adicionamos calor a temperatura, a pressão e a velocidade aumentam. Quando retiramos calor a temperatura, pressão e velocidade das moléculas diminuem. Em termos de balanço energético, quando aumentamos a temperatura a energia interna aumenta.

Dupla de Alunos B2: Ao fornecer calor, a temperatura e a pressão aumentam e as moléculas se agitam rapidamente, fazendo com que tampa se abra. Quando retiramos calor, a temperatura e a pressão diminuem e as moléculas perdem a agitação. Quando aumentamos a temperatura, a pressão e a energia interna aumentam.

Dupla de Alunos B3: Quando é adicionado calor, tanto a pressão quanto a temperatura aumentam ocasionando maior movimento de moléculas. Já com a retirada do calor houve efeito inverso, onde a temperatura (graças ao fornecimento de calor) aumentou também a energia interna das moléculas.

Dupla de Alunos C1: Quando adicionamos calor a pressão e temperatura aumentam, já o volume permanece constante. Quando retiramos calor a temperatura e a pressão diminuem, sendo que o volume permanece constante.

Dupla de Alunos C2: Quando adicionamos calor a temperatura e a pressão aumentam e o volume fica o mesmo e quando retiramos calor a temperatura e a pressão diminuem, mas o volume continua o mesmo.

Uma vez que os alunos começaram a expor os resultados ocorreram muitas discussões em relação a alteração do volume da câmara e eles justificaram que quando o fornecimento de calor é levado ao extremo, a câmara “explode” e que por isso estavam considerando que o volume também variava. Foi pedido então que eles retomassem o procedimento no simulador e observassem as variáveis sem permitir que a câmara explodisse. Outro ponto de discussão foi a retirada extrema de calor, que faz com que as moléculas praticamente cessassem sua movimentação. Muitos ficaram intrigados e foi preciso relembrar conceitos de termometria em relação a escala Kelvin de temperatura e o significado do zero absoluto. Outros não haviam explorado esse ponto e quiseram retomar a simulação para poderem observar tal fato. Quando foi solicitado que eles falassem sobre as variáveis, parece não ter havido entendimento por parte de alguns que estas variáveis se referiam a pressão, ao volume e a temperatura, muitas respostas referiram-se apenas a agitação das moléculas sendo necessário auxiliá-los nesse aspecto no momento da sistematização.

Outro aspecto relevante é em relação ao balanço energético, inserido nesta atividade como forma de pré-requisito para a próxima unidade que tratará da Primeira Lei da Termodinâmica. Apenas 7% dos alunos se referiram ao balanço energético na construção de suas respostas, relacionando o aumento de temperatura com o aumento da energia interna do gás contido na câmara, sendo necessário uma intervenção maior da minha parte para relacionar, qualitativamente, a variação do volume à realização de trabalho e que uma vez que este volume permanece constante não existe realização de trabalho, portanto todo calor fornecido ou retirado à câmara de gás está sendo utilizado apenas para aumentar ou diminuir a energia interna, provocando dessa forma maior ou menor agitação molecular. Foi possível também discutir se o trabalho estava sendo realizado pelo gás ou sobre o gás estabelecendo a relação entre essa grandeza e a variação de volume da câmara.

Na terceira aula retomamos ao laboratório, agora para explorar a segunda simulação, onde os alunos seguindo uma sequência de atividades sugeridas pelo simulador, teriam a oportunidade de verificarem quantitativamente a relação de proporcionalidade entre as variáveis de estado de um gás e a construção dos gráficos das transformações isotérmicas, isocóricas e isobáricas. Além de permitir a construção dos gráficos o simulador traz também uma determinada massa de gás contido em um cilindro provido de um pistão, à medida que os comandos vão sendo executados e os gráficos gerados é possível acompanhar o que acontece com o volume e a pressão. De posse dos gráficos foi possível tornar ainda mais claro o estudo das transformações gasosas.

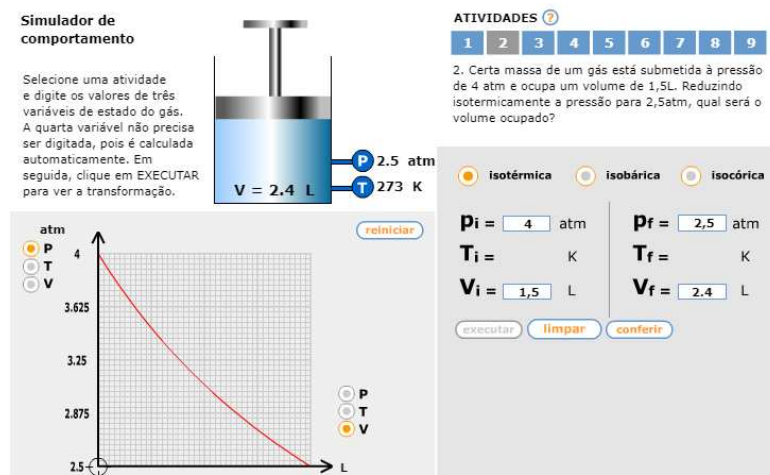


Figura 20 - Painel do simulador comportamento dos gases. Gráfico P x V da transformação isotérmica.

Fonte: <<http://www.educacional.com.br/recursos/conteudomultimedia/21/quimica/gases/gases3.asp>>

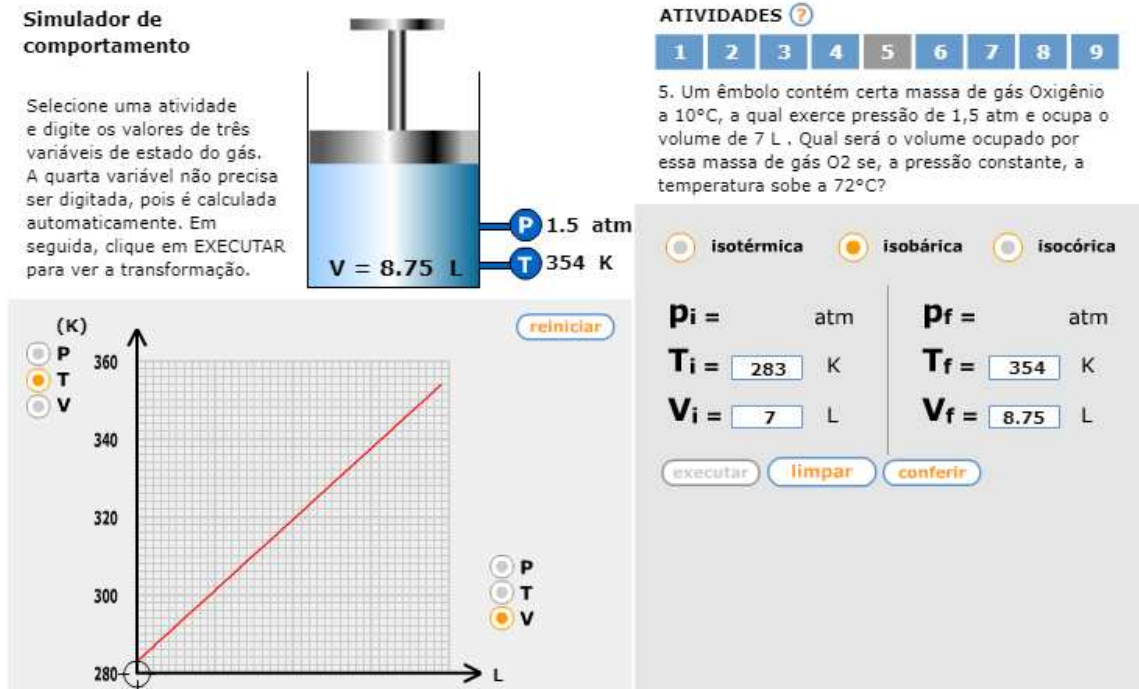


Figura 21 - Painel do simulador comportamento dos gases. Gráfico VxT da transformação isobárica.

Fonte: <<http://www.educacional.com.br/recursos/conteudomultimedia/21/quimica/gases/gases3.asp>>

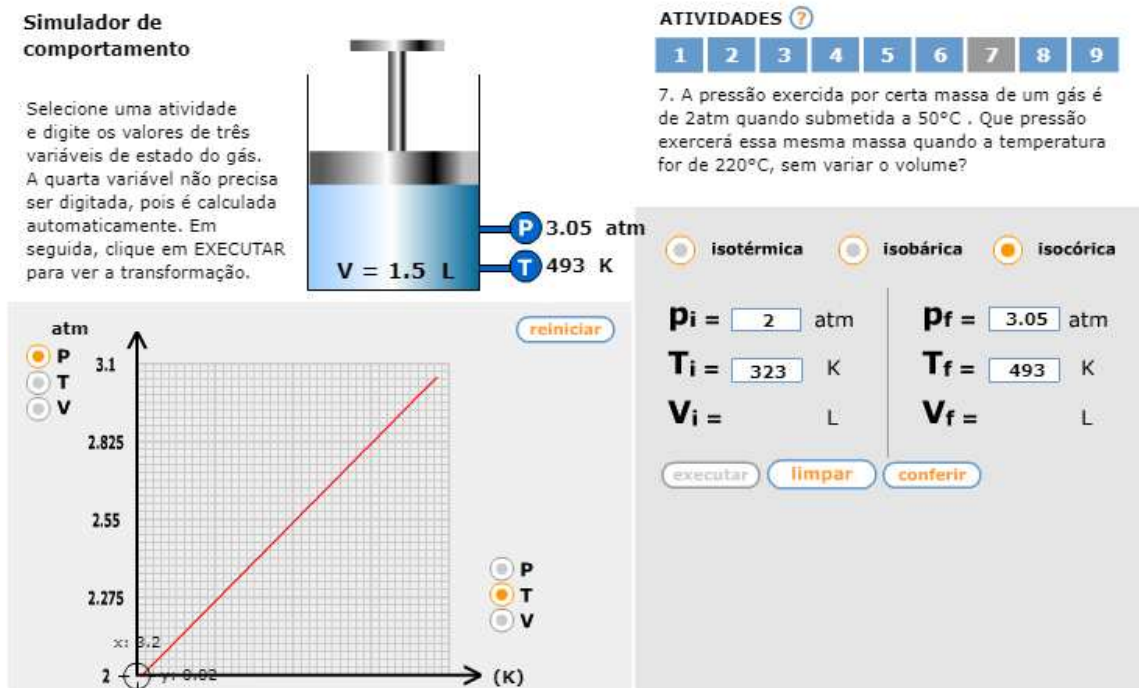


Figura 22 - Painel do simulador comportamento dos gases. Gráfico PxT da transformação isocórica.

Fonte: <<http://www.educacional.com.br/recursos/conteudomultimedia/21/quimica/gases/gases3.asp>>

A quarta aula foi utilizada para sistematizar o estudo dos gráficos realizados no simulador. Foi providenciado a impressão de alguns dos gráficos que os alunos construíram e feito um comparativo com os mesmos e as curvas foram relacionadas com as leis de Boyle-Mariotte, Lei de Charles e Gay-Lussac e a Lei Geral dos gases perfeitos.

Pode-se dizer que não foi tarefa fácil conduzir uma atividade nunca antes experimentadas pelos alunos, mas foi muito enriquecedor e o caráter dinâmico da aula permitiu que os alunos visualizassem fenômenos que dificilmente o caráter estático das imagens contidas nos livros didático permitiriam. O aumento do interesse dos alunos, vivenciar as dificuldades que eles possuem em expressar em termos científicos, as ideias que eles trazem dos conteúdos tratados deixa cada vez mais evidente a necessidade de se planejar atividades que desenvolva essa habilidade.

5.4 Unidade 4: Primeira Lei da Termodinâmica.

O desenvolvimento desta unidade foi realizado em uma sequência de 3 aulas, tendo como objetivo a compreensão da Primeira Lei da Termodinâmica por meio de uma demonstração investigativa sobre a expansão ou compressão de um gás e a realização de trabalho mecânico. Os materiais utilizados para demonstração são todos de fácil acesso e baixo custo:

- ✓ Balões.
- ✓ Garrafas pets de 500 mL a 1000 mL.
- ✓ Ebulidor.
- ✓ Recipiente contendo água (temperatura próxima do ponto de ebulição).
- ✓ Recipiente contendo uma mistura de água e gelo.

Alguns balões parcialmente inflados à diferentes volumes e outros completamente murchos devem ser acoplados ao gargalo das garrafas pets e estas deverão ser inseridas primeiramente no recipiente contendo água próxima ao ponto de ebulição (temperatura em torno de 95°C) e posteriormente no recipiente contendo a mistura de água e gelo.



Figura 23: Materiais utilizados para o desenvolvimento da unidade 4.

Participaram desta aula 30 alunos da turma A, 25 alunos da turma B e 31 alunos da turma C.

Antes de iniciada a demonstração foram propostas as seguintes questões:

- ✓ **Quando mergulharmos a garrafa em água quente o que ocorrerá com o balão?**
- ✓ **Por que isso acontece?**
- ✓ **Houve realização de trabalho?**

Embora a aula tenha caráter de demonstração investigativa por envolver características típicas, tais como: partir da apresentação de um problema relacionado ao fenômeno a ser estudado e propor ao aluno uma reflexão acerca desse fenômeno, nesta unidade, assim como na unidade 1 (um), a demonstração não foi realizada apenas pelo professor pesquisador, os alunos participaram ativamente repetindo o procedimento quantas vezes acharam necessário, para que pudessem da melhor forma responder aos questionamentos realizados pelo professor no início da aula.



Figuras 24: Alunos participando da demonstração no desenvolvimento da unidade 4.

No primeiro momento da aula os alunos mergulharam as garrafas contendo os balões, alguns completamente murchos e outros parcialmente inflados, no recipiente contendo água quente (temperatura em torno de 95°C). A atividade permitiu aos alunos perceberem que o volume do balão aumentava. As maiores discussões se deram em torno da explicação de porque isso estava acontecendo. Seguem transcrições de algumas interações ocorridas nos grupos de alunos durante o desenvolvimento da aula.

Tabela 19- Transcrições das falas ocorridas na turma A durante o desenvolvimento da unidade 4.

Sujeitos	Transcrição das falas.
Aluno A1	<i>O ar está preenchendo tudo aí porque o balão lá em cima encheu. Porque o ar dilatou?</i>
Aluno A2	<i>Porque a pressão diminuiu, aí como a pressão diminuiu eu acho que o ar subiu e encheu o balão.</i>
Aluno A3	<i>Mas o ar fica quente, não fica? Mas o ar quente sobe. Mas tá envolvido com pressão?</i>
Aluno A4.	<i>Também. Eu acho. Mas se for para pensar, igual aquele exemplo, aquele dia, na sala de vídeo, quanto mais calor você fornecia mais as moléculas se agitavam, mais a pressão dentro daquilo aumentava.</i>
Aluno A3	<i>Maior volume.</i>

Aluno A4	<i>A pressão também aumenta. Aumenta a pressão quando você aumenta a temperatura. São grandezas diretamente proporcionais. Eu acho.</i>
Aluno A5	<i>Eu não acho que a pressão aumenta não.</i>
Aluno A6	<i>Quando a pressão aumenta o volume diminui.</i>
Aluno A2	<i>O volume aumenta também. Então tem que ter uma constante, ou não?</i>
Aluno A7	<i>Quando o volume aumenta a pressão diminuiu.</i>
Aluna A5	<i>Tipo assim, vamos supor, aí o volume é esse, o balão. O volume vai aumentar, mas como o volume vai aumentar o espaço vai aumentar e a pressão vai diminuir.</i>
Professora	<i>Aqui, vamos pensar. Estou ouvindo muitas discussões aí, se a pressão aumenta, algumas pessoas colocando aí, se tem que manter uma grandeza constante ou não. Vamos pensar o seguinte: Quando a gente tem a garrafa e o balão a gente tem aqui uma determinada quantidade de ar contida nesse sistema. Não estamos nem acrescentando nem retirando moléculas. Está sujeito a uma pressão, um volume e a uma temperatura, não é? No momento que nós colocamos a garrafa dentro da água aquecida há transferência de...</i>
Turma	<i>Calor</i>
Professora	<i>Da água para a garrafa. Obviamente esta transferência está acontecendo da garrafa para o ar que está lá dentro também. Acontece que a gente observa que o volume do balão, o que acontece com ele?</i>
Turma	<i>Aumenta.</i>
Professora	<i>O volume aumenta porque o gás....</i>
Aluno A7	<i>Dilatou.</i>
Professora	<i>A palavra certa é dilatou?</i>
Aluno A6	<i>Aumentou o volume.</i>
Professora	<i>Quando ele aumenta o volume a gente fala que ele...</i>
Alunos	<i>Expandiu.</i>
Professora	<i>No que ele expande, será que houve uma variação de pressão?</i>
Alunos	<i>Sim.</i>
Aluno A4	<i>Quando o volume aumenta a pressão diminui.</i>
Professora	<i>Isso se a transformação for o que?</i>
Vários alunos	<i>Isotérmica.</i>
Professora	<i>A gente tem uma transformação isotérmica aqui. Tem variação de temperatura? É uma transformação isovolumétrica?</i>
Alunos	<i>Não.</i>

Professora	<i>Será que estão variando as três ou será que a pressão está permanecendo constante. É algo para a gente pensar. Se o volume aumenta será que está havendo um aumento de pressão?</i>
------------	--

Muitas foram as discussões sobre o que estava acontecendo com a temperatura e com a pressão enquanto o volume do gás aumentava. Os alunos estavam relacionando a aumento da pressão com o aumento da temperatura, mas não estavam levando em consideração a variação de volume. Neste momento foi possível discutir a relação entre a temperatura e a energia interna do ar dentro da garrafa. Foi necessário argumentar que antes de ser colocada em água quente o volume do ar no interior da garrafa mantinha o balão com um volume constante, ou seja esse volume não estava aumentando nem diminuindo, dessa forma podemos considerar que a pressão no interior da garrafa é igual a pressão externa. Após inserir a garrafa em água quente observamos um aumento no volume do balão, porém após um certo tempo, o volume do balão fica constante, o que permite concluir que no final do processo as pressões interna e externa voltam a se igualar. Discussão semelhante ocorreu também nas turmas B e C.

Tabela 20 - Transcrições das falas dos alunos da turma B no desenvolvimento da unidade 4.

Sujeitos	Transcrição das falas.
Professora	<i>O que ocorreu ao balão?</i>
Aluno B1	<i>Ele aumentou o volume com o aumento da temperatura, a pressão também aumenta porque elas são diretamente proporcionais.</i>
Aluno B2	<i>O balão começa a encher porque com a pressão constante, o balão recebendo uma certa temperatura, mais elevada, o volume aumenta, pois maior temperatura maior volume.</i>
Professora	<i>O que ocorreu com o volume do ar ao ser aquecido?</i>
Turma	<i>O volume aumentou.</i>
Professora	<i>E com sua pressão?</i>
Aluno B3	<i>A pressão aumentou também.</i>
Aluno B4	<i>São proporcionais temperatura e pressão.</i>
Professora	<i>Proporcionais temperatura e pressão se consideramos que o volume está permanecendo constante, mas o volume está permanecendo constante?</i>
Aluno B3	<i>A medida que coloca na água quente ele sobe e coloca na fria ele desce.</i>
Professora	<i>O balão estava aumentando, como que eu posso falar que o volume é constante? E a pressão?</i>

Aluno B3	<i>Aumenta também.</i>
Professora	<i>Mas o balão continua inflando infinitamente até arrebentar, por exemplo?</i>
Aluna B2	<i>Quando parou de receber temperatura a pressão ficou constante?</i>
Professora	<i>Mas ai (...) é correto a gente falar que ele recebeu temperatura?</i>
Turma	<i>Não.</i>
Professora	<i>Calor.</i>

Tabela 21- Transcrições das falas dos alunos da turma C no desenvolvimento da unidade 4.

Sujeitos	Transcrição das falas.
Professora	<i>Quando nós mergulhamos a garrafa na vasilha com água muito quente, o que ocorreu com o balão?</i>
Aluno C1	<i>Inflou.</i>
Vários alunos	<i>Encheu.</i>
Aluno C2	<i>Isso ocorre devido ao processo de convecção, quando o ar frio desce e o ar quente sobe.</i>
Aluno C3	<i>O ar quente por ele ser menos denso tende a subir enquanto o ar frio por ele ser mais denso tende a descer.</i>
Aluno C4	<i>É a mesma coisa</i>
Aluno C5	<i>Com o aumento da temperatura o ar contido dentro da garrafa tende a expandir.</i>
Professora	<i>O que ocorre com o volume do ar ao ser aquecido?</i>
Vários alunos	<i>Aumenta.</i>
Professora	<i>E a pressão?</i>
Aluno C6	<i>Se mantém constante.</i>
Aluno C5	<i>Eu acho que permanece constante porque varia a temperatura e varia o volume.</i>
Aluno C7	<i>Eu acho que a pressão aumenta também.</i>
Professora	<i>Por que vocês acham que a pressão aumenta?</i>
Aluno C7	<i>Porque a temperatura aumenta também.</i>
Aluno C8	<i>Como o volume aumenta as partículas ficam mais espalhadas, então eu acho que a pressão diminui.</i>
Aluno C9	<i>Eu acho que permanece constante.</i>
Aluno C5	<i>Eu não acho que permanece constante. Eu não concordo que permanece constante, porque senão o volume não ia variar.</i>
Aluno C10	<i>Mas a pressão e o volume são inversamente proporcionais.</i>
Professora	<i>Pressão e volume são inversamente proporcionais se a transformação for isotérmica. Nossa transformação não é isotérmica.</i>

Aluna C10	<i>Ela é isobárica?</i>
Aluna C5	<i>Pressão é constante.</i>

Quanto a realização de trabalho, os alunos conseguiram estabelecer uma relação com a variação do volume do balão, concluindo inclusive que uma vez que o volume estava variando, um trabalho estava sendo realizado (no caso pelo ar contido dentro da garrafa). Seguem exemplos de redações entregues pelos alunos que corroboram essa afirmação:

Aluno A1: "Sim houve, pois, o volume aumenta com a transferência de calor".

Aluno A2: "Sim. Porque o volume aumenta, fazendo com que haja uma expansão do ar, realizando trabalho".

Aluno A3: "houve realização de trabalho realizado pelo gás, pois a variação de volume aumenta".

Aluno A4: "Sim, se o volume varia há realização de trabalho".

Aluno B1: "Houve, da transferência de calor da água para o gás. O gás realiza trabalho".

Aluno B2: Sim, se o volume aumenta ou diminui, há realização de trabalho. O gás realiza trabalho.

Aluno B3: "Sim houve trabalho positivo".

Aluno C1: "Sim, pois houve variação de volume".

Aluno C2: "Sim, pois o volume variou".

No segundo momento, as discussões ocorreram à cerca do que aconteceria com o balão ao ser mergulhado em uma vasilha com água gelada (temperatura próxima de 0°C), sendo relatado por praticamente todos os alunos que o balão iria esvaziar ou murchar, sendo as justificativas mais diversificadas.

Aluno A1: "O balão volta ao normal, porque é retirado calor quando o balão é mergulhado na água gelada".

Aluno A2: "O balão volta ao seu tamanho original, pois a temperatura diminui e conseqüentemente o volume também diminui".

Aluno A3: "O balão diminui porque a baixa temperatura as moléculas que estavam muito agitadas (com a alta temperatura) diminuem sua energia interna e se acalmam".

Aluno A4: "O balão quando colocado na água fria vai murchando, pois, as moléculas vão diminuir a energia interna".

Aluno B1: "Ele murcha porque sua temperatura e pressão diminuem"

Aluno B2: "O balão começa a esvaziar, porque a temperatura vai diminuir fazendo com que a pressão diminua e o balão esvazie.

Aluno B3: “O balão diminui o volume ao ar interno, pois a pressão e a temperatura diminuem”.

Aluno C1: “Ele se esvazia, porque a temperatura diminui fazendo com que o volume diminua”.

Aluno C2: “Murcha porque as partículas ficam menos agitadas e diminui o volume”.

Aluno C3: “O balão diminui o seu volume. Isso ocorre devido a diminuição da agitação das partículas”.

Aluno C4: “Ele começa a esvaziar, pois ao retirar calor o ar se comprime”.

Aluno C5: “O volume diminui, porque temperatura e volume são diretamente proporcionais, então se a temperatura baixa o volume também”.

Nesse segundo momento, 80 alunos apontaram haver realização de trabalho, sendo que desse total, 18 responderam apenas sim, sem justificar suas respostas, 32 alunos utilizaram a variação de volume do balão para justificarem sua resposta, 26 alunos classificaram esse trabalho como sendo realizado sobre o gás e, portanto, como sendo negativo e 5 alunos usaram de outras justificativas.

Na terceira aula foram sistematizados, no quadro os conceitos de trabalho e energia. Embora esses conceitos não sejam novos para eles, uma vez que já foram tratados no primeiro ano, aqui com o apoio da atividade demonstrativa esses conceitos vão sendo discutidos a luz da termodinâmica, nas interações entre os grupos e com toda classe e com o apoio do livro didático. Aqui o conceito prévio de trabalho e energia ficam ainda mais elaborados, dando oportunidade para que eles percebam que forças em um sistema termodinâmico, decorrentes da pressão, podem realizar trabalho, relacionando também a energia interna com a agitação molecular.

Supondo que o gás, contido em uma câmara provido de um pistão, que se encontre em um estado inicial i , ocupando um volume V_i .

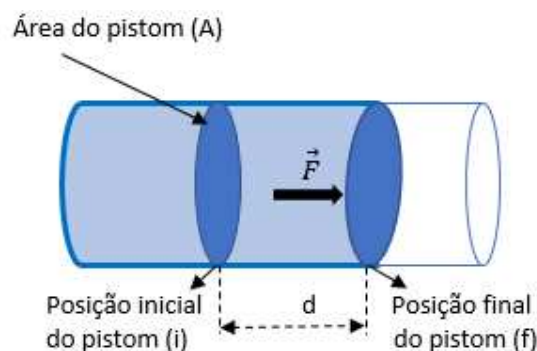


Figura 25 - Representação de um gás em uma expansão isobárica.

Em virtude da pressão do gás, ele exerce uma força \vec{F} sobre o pistão, que estando livre, desloca-se a uma distância d . Assim o gás se expandiu até o estado final f , no qual seu volume é V_f e realizou um trabalho W . Se a pressão, P , do gás permanecer constante (transformação isobárica), o valor da força \vec{F} também será constante durante a expansão, e o trabalho realizado pelo gás pode ser calculado. Sendo a força constante e no mesmo sentido do deslocamento, temos:

$$W = \vec{F} \cdot d$$

Como $\vec{F} = P \cdot A$, em que A é a área do pistom, então:

$$W = p \cdot A \cdot d$$

Observando que $A \cdot d$ é o volume varrido pelo pistom durante a expansão, que é a variação de volume do gás, $A \cdot d = (V_f - V_i)$, logo:

$$W = p (V_f - V_i)$$

Essa expressão permite calcular o trabalho que o gás realiza, ao sofrer uma variação de volume, sob pressão constante, ou seja ao sofrer uma transformação isobárica.

Com o objetivo de compreender Lei da conservação da energia, agora em termos da Termodinâmica, a primeira lei foi explorada relacionada às transformações gasosas trabalhada na unidade 3.

Quando a lei da conservação da energia é estendida para incluir o calor, passamos a chama-la primeira lei da termodinâmica. Vamos enuncia-la de uma forma geral como: Quando o calor flui para um sistema ou para fora dele, o sistema ganha u perde uma quantidade de energia igual a quantidade de calor transferido (...) O sistema pode usar essa energia para aumentar a sua própria energia interna ou para realizar trabalho sobre sua vizinhança. (HEWITT, 2002. P.314).

A primeira lei da termodinâmica, pode ser expressa, segundo a equação:

$$Q = W + \Delta U$$

Calor adicionado a um sistema = trabalho realizado + variação da energia interna.

Na qual (Q) representa o calor, (W) representa o trabalho e (ΔU) a variação da energia interna do sistema. Esta equação traduz matematicamente o que pode acontecer com um sistema nas trocas de energia com sua vizinhança, sendo necessário para a compreensão do comportamento de cada uma dessas grandezas a realização de um balanço energético, atribuindo valores positivos, negativos ou nulo para cada uma delas. Se um sistema recebe calor então, a quantidade de calor assume valores positivos ($Q > 0$) e que se o sistema perde calor esses valores serão negativos ($Q < 0$), se a transformação for adiabática, não haverá troca de calor com a vizinhança ($Q = 0$). Quanto a energia interna, se a temperatura do sistema aumenta, a variação da energia interna aumenta ($\Delta U > 0$), se a temperatura diminui a variação da energia interna diminui ($\Delta U < 0$), se a transformação for isotérmica, não haverá variação da energia interna do sistema ($\Delta U = 0$) e por último, se o volume aumenta o sistema realiza trabalho ($W > 0$) e se o volume diminui, um trabalho é realizado sobre o sistema ($W < 0$), sendo a transformação isocórica o trabalho será nulo ($W = 0$).

Neste ponto, se o professor dispuser de uma carga horária maior, vale a pena voltar ao simulador apresentado na unidade 3 e explorar mais deste recurso, agora direcionados a uma melhor compreensão da primeira lei da termodinâmica.

Para finalizar esta unidade foram resolvidos alguns exercícios como exemplos e indicados algumas atividades do livro didático para que os alunos resolvessem na sala de aula e outros para serem resolvidos em casa.

5.5 Unidade 5: Máquinas Térmicas e a Segunda Lei da Termodinâmica.

Vários são os enunciados existentes para a segunda lei da Termodinâmica:

- ✓ Enunciado de Rudolf Clausius (1822-1888): O calor não passa de forma espontânea de um corpo de menor temperatura para outro que esteja em temperatura mais alta. (FUKE, 2007. P.134).
- ✓ Enunciado de Max Planck (1858-1947) e Lorde Kelvin (1824-1907): É impossível a construção de uma máquina que, operando em um ciclo termodinâmico, converta toda a quantidade de calor recebido em trabalho. (FUKE, 2007. P.134).

O objetivo é estudar a segunda lei da Termodinâmica explorando o funcionamento das máquinas térmicas (refrigeradores e o motor de quatro tempos) analisando os processos térmicos envolvidos.

Esta lei identifica o sentido das transformações de energia em processos naturais. O fluxo espontâneo do calor é do quente para o frio. Pode-se fazer o calor fluir no outro sentido, mas apenas se realizamos trabalho sobre o sistema adicionando energia de alguma outra forma – como ocorre nas bombas térmicas ou nos condicionadores de ar, que fazem o calor fluir de lugares mais frios para lugares mais quentes. (HEWITT, 2006. p.319).

Infelizmente por questões dos prazos estabelecidos pela escola não foi possível desenvolver todo planejamento desta unidade, nos moldes de uma atividade investigativa, portanto, será apresentando o que foi desenvolvido acompanhado de sugestões para os professores que se interessarem em utilizar essa metodologia no desenvolvimento de suas aulas.

Os alunos haviam experimentado na unidade 2 a conversão de trabalho em calor. Ao esfregarem rapidamente as mãos, uma na outra, foi possível perceber um aumento na energia interna das mãos, tornando-as mais quentes, sendo necessário agora levá-los a perceber se o processo inverso é possível e em quais condições isso pode acontecer.

O desenvolvimento da unidade iniciou-se com atividades que permitiram aos alunos apontarem os seus conhecimentos prévios. Nesta aula os alunos foram organizados em grupos e para dar início as discussões duas questões foram propostas aos alunos:

- ✓ Tente explicar o funcionamento de uma máquina térmica.
- ✓ Listem as máquinas térmicas que vocês conhecem.

Na primeira etapa da aula alunos foram solicitados a redigirem um pequeno parágrafo, onde pudessem explicitar tudo que lhes viessem à mente sobre máquinas térmicas, externando assim as suas concepções. O objetivo nesse momento não era a busca por repostas corretas e sim o de partir do que eles já conheciam para ir aprofundando gradativamente no assunto. Seguem, como exemplo, algumas dessas repostas:

Alunos A1: “ Máquina térmica é um mecanismo que altera a temperatura em função de algo para aquecer ou esfriar um corpo”.

Alunos A2: A máquina térmica permite a contenção ou troca de calor de um certo objeto ou ambiente, até que entre no trabalho desejado, gerando trabalho e convertendo o calor de um para o outro.

Alunos C1: “ Máquina térmica são máquinas que trocam calor ou fornecem calor para algo, podendo ser positiva a realização de trabalho, transforma energia térmica em trabalho útil, converte calor em trabalho, não transforma 100% do trabalho, parte da energia se perde.

Alunos C2: “ Máquina térmica é qualquer material que ocorre aumento na temperatura, diminuição na temperatura, troca de calor.

Alunos C3: Converte calor em trabalho, porém o rendimento não é total. Trabalham em dois ciclos, calor quente e frio. O quente é fornecido onde a máquina o usa para o trabalho, em seguida cede o frio.

As respostas revelam que os alunos tentaram fazer alguma relação entre as máquinas térmicas, o conceito de calor e temperatura, que foram os assuntos abordados nas unidades anteriores, no entanto não encontraram um termo científico para encaixarem suas explicações, demonstrando ser necessário ampliar o conhecimento sobre as máquinas térmicas, o vocabulário e o uso da linguagem científica.

Após a explicitação das ideias eles deveriam listar exemplos de máquinas térmicas que eles conheciam. A intenção era perceber se havia coerência entre o texto e os exemplos apontados, o que foi confirmado. As listagens continham aparelhos que podem ser classificados em três grupos:

- ✓ Grupo 1: Dispositivos que são realmente máquinas térmicas
- ✓ Grupo 2: Dispositivos que convertem a energia elétrica em energia térmica.
- ✓ Grupo 3: Outros dispositivos.

Tabela 22 - Exemplos de dispositivos que os alunos consideram como sendo máquinas térmicas, classificados por grupo de respostas.

Grupo 1: Máquinas Térmicas.	Grupo 2: Dispositivos que convertem energia elétrica em energia térmica.	Grupo 3: outros dispositivos.
Motor de carro. Geladeira. Freezer. Máquina a vapor.	Secador de cabelo. Ebulidor. Ferro de passar. Chuveiro elétrico. Chuveiro a gás. Panela elétrica.	Fogão. Micro-ondas. Máquina de lavar. Motor elétrico. Fogão a lenha. Churrasqueira.

As respostas sugerem que para os alunos máquinas térmicas são quaisquer dispositivos que transformam algum tipo de energia em energia térmica. Um segundo momento da aula foi disponibilizado para que os grupos explanassem suas ideias e percebessem quais as concepções dos colegas sobre o tópico tratado.

Pós explanações foi apresentado aos estudantes uma demonstração de uma máquina térmica, cuja construção é de baixo custo e sugerida em alguns livros didáticos e em vários sites na rede mundial de computadores. O modelo apresentado na figura 26 tinha por objetivo, demonstrar o princípio de funcionamento de uma máquina térmica levando-os a confrontar as ideias previamente apresentadas com o modelo agora observado e a construção do conhecimento de máquinas como sendo dispositivos que convertem energia térmica em trabalho mecânico.

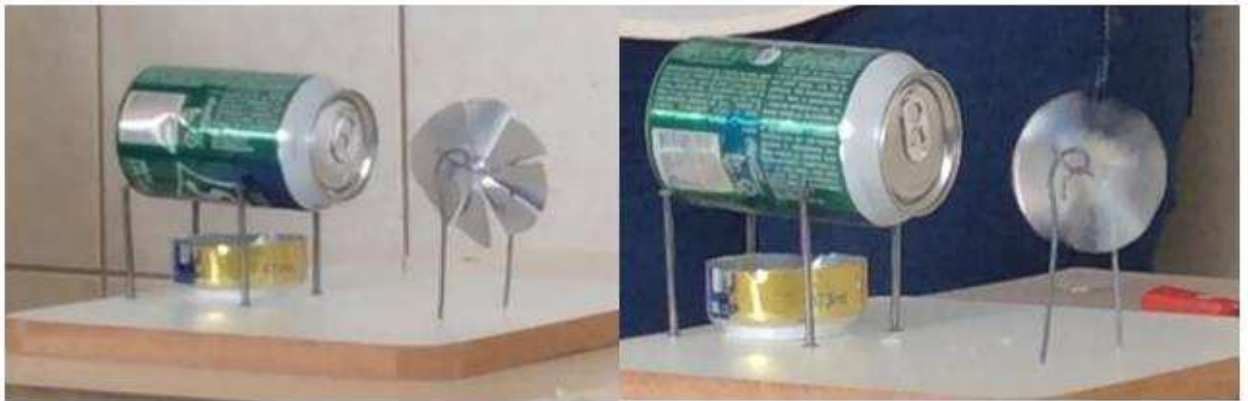


Figura 26 - Máquina térmica construída com materiais de baixo custo.

A partir da demonstração os alunos conseguiram perceber que o movimento da hélice acontecia em virtude do vapor expelido pela pequena caldeira, quando a água contida no seu interior entra em ebulição. A demonstração facilita a explicação do princípio de funcionamento das máquinas térmicas promovendo uma discussão sobre a semelhança e/ou diferença entre os exemplos de máquinas térmicas, citados por eles, no início da aula, e o modelo agora apresentado.

O Princípio de funcionamento das máquinas térmicas foi estabelecido por Nicolas Sadi Carnot (1796-1832) antes de ser enunciada a segunda lei da Termodinâmica. Carnot percebeu que era fundamental uma diferença de temperatura para que a máquina térmica funcionasse. Para converter calor em trabalho, a máquina térmica deve funcionar entre duas fontes térmicas: uma fonte quente a uma temperatura (T_1), da qual retira uma quantidade de calor (Q_1), e uma fonte fria a uma temperatura (T_2), para qual transfere uma quantidade de calor (Q_2). A diferença entre essas duas quantidades de calor é exatamente o trabalho (W) obtido da máquina.

$$W = Q_1 - Q_2$$

Nesse ponto da aula os alunos foram questionados sobre qual seria a fonte quente e qual seria a fonte fria na máquina térmica apresentada, sendo possível relacionar a fonte quente como caldeira e a fonte fria o ambiente, relacionando ainda o trabalho realizado ao movimento da hélice. No fechamento da primeira aula foi feita a opção de recorrer, também, ao livro didático para apresentar aos alunos a representação esquemática de uma máquina térmica e explorar o fato de que todas as máquinas térmicas funcionam em ciclos e o rendimento das máquinas térmicas.

“É impossível construir uma máquina térmica que operando em ciclo, transforme em trabalho todo calor a ela fornecido”

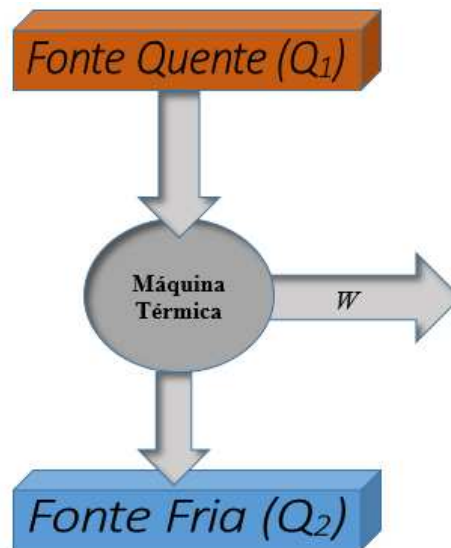


Figura 27 - Esquema do funcionamento de uma máquina térmica.

Como sugestão, em uma segunda aula, seria apresentado aos alunos o motor de explosão (motor de 4 tempos) e os refrigeradores. Para os motores de 4 tempos sugere-se a utilização de uma animação em 3D, disponível no Youtube, no endereço eletrônico <https://www.youtube.com/watch?v=Knpk9Hmn4kQ>.

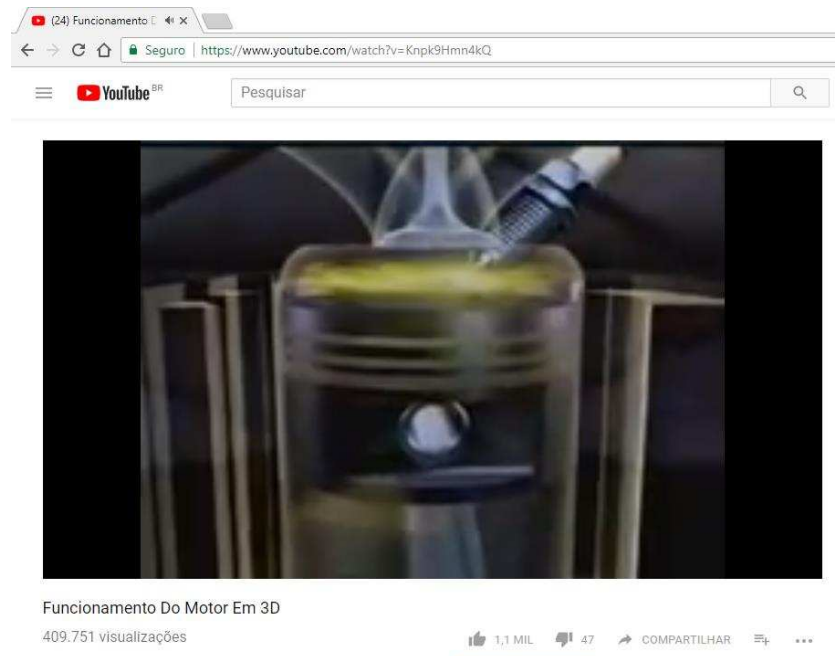


Figura 28 - Funcionamento do motor em 3D.

Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=Knpk9Hmn4kQ>.

No decorrer do século XX, foram inventados vários tipos de máquinas térmicas, destacando-se os motores de explosão, as turbinas a vapor e os motores a jato. Os motores de explosão a gasolina tornaram-se muito conhecidos em virtude do seu uso em automóveis. A animação tem duração de quatro minutos e o professor poderá pausar e discutir com os alunos cada um dos quatro tempos, assim denominado porque seu funcionamento se faz em quatro etapas (admissão, compressão, explosão e exaustão).

A segunda Lei da termodinâmica é uma lei que estabelece o sentido das transformações de energia em processos naturais: “O calor flui espontaneamente do corpo de maior temperatura para o corpo de menor temperatura”.

Embora os refrigeradores estejam presentes em praticamente todos os lares brasileiros, o (a) professor (a) não deve esperar que os alunos conheçam tecnicamente o funcionamento desta máquina térmica e sua relação com os conhecimentos da termodinâmica, por isso a necessidade de se conhecer os aspectos gerais dos processos físicos presentes no funcionamento de um refrigerador. Sugere-se começar com as seguintes questões:

- ✓ Nos refrigeradores comuns identifique a fonte fria e a fonte quente.
- ✓ Como a substância refrigerante retira calor da fonte fria e cede à fonte quente?

Deve-se reservar um tempo da aula para que os alunos possam elaborar uma explicação e socializa-las com o professor e com toda turma.

Após promover essa interação sugere-se a apresentação do vídeo “Física: Que Gelo - Como funciona uma geladeira”. O vídeo tem duração de 8,09 minutos, foi produzido pela editora FTD educação, explica o funcionamento de um refrigerador doméstico e está disponível no endereço eletrônico https://www.youtube.com/watch?v=kp_vVuBtc-U.

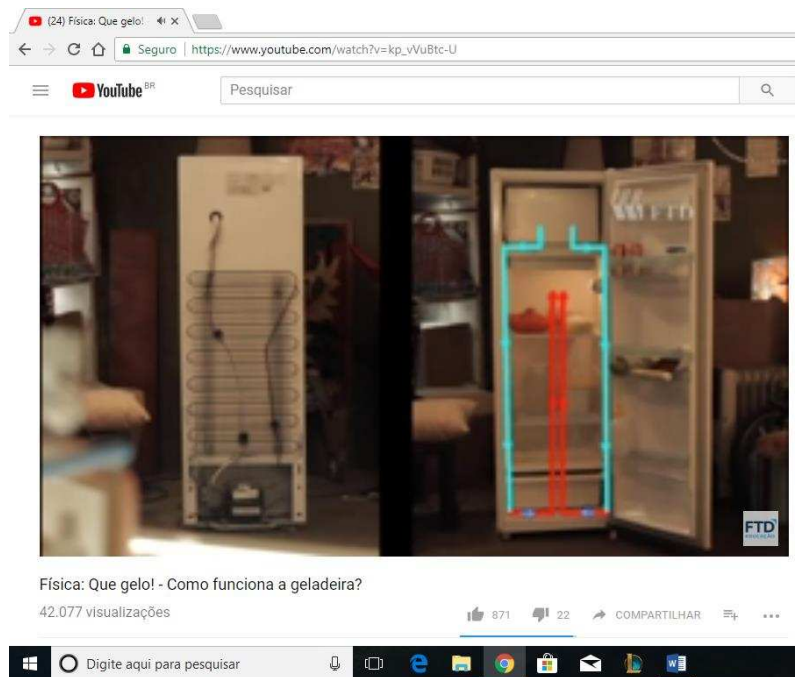


Figura 29 - Física: que gelo- Como funciona o refrigerador.
Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=kp_vVuBtc-U.

Uma vez apresentado o vídeo o professor poderá retomar a discussão das questões propostas anteriormente para sistematizar a construção de conhecimento.

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) dentre as competências e habilidades a serem desenvolvidas em Física está a capacidade de investigação e compreensão. Os estudantes deverão compreender a física presente no mundo vivencial e nos equipamentos e procedimentos tecnológicos, por isso a necessidade de apresentar aos estudantes equipamentos, objetos e fenômenos com os quais eles efetivamente lidam. Seja no contexto doméstico, por meio da compreensão do funcionamento de uma geladeira ou no contexto social, quando a tomada de decisão sobre a instalação de uma usina termelétrica, o conhecimento sobre os processos físicos e

o funcionamento de máquinas térmicas promove ganho significativo de autonomia por parte do aluno.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.

A presente pesquisa foi desenvolvida tendo como um dos objetivos verificar as potencialidades das atividades em caráter investigativo como recurso pedagógico, na qual foram desenvolvidos os conceitos de termodinâmica em turmas do ensino médio de uma escola pública estadual: propagação de calor; medindo trabalho e calor; transformações gasosas; primeiro princípio da Termodinâmica e máquinas térmicas. Diante disso, ocorreu a busca em desenvolver atividades que pudessem ser realizadas em espaços escolares diversos, como sala de aula, laboratório de informática, pátio da escola, haja visto que a escola, campo do presente estudo, não possui laboratório de ciências.

As atividades desenvolvidas se mostraram adequadas aos objetivos propostos e tomam como pressupostos o ensino de ciências por investigação com o intuito de favorecer a construção do conhecimento científico, despertar o interesse dos alunos pela Física, motivando-os a participarem das aulas e também de verificar os conhecimentos prévios e as dificuldades apresentadas à cerca do conteúdo tratado. Os registros áudio visuais e escritos, colaboraram sobremaneira, permitindo a análise detalhada das vivências experimentadas no conjunto das dezesseis aulas desenvolvidas na sequência didática, uma vez que só registradas pela minha memória, poderiam deixar a desejar.

Outro objetivo era o de substituir o modelo de ensino tradicionalmente aplicado nas aulas de física, aprendizagem mecânica com ênfase no decorar de conceitos e fórmulas, resolução de listas de exercícios, que embora muito utilizados, afasta a ciência da sala de aula do modo próprio de construção dos saberes científicos.

A análise dos resultados da pesquisa, explicitam a necessidade de envolver cada vez mais o aluno no seu processo de aprendizagem tendo o professor como um orientador nesse processo, que juntamente com a metodologia adotada se torna um facilitador dos conhecimentos aceitos e compartilhados pela comunidade científica e além disso como sendo fruto da construção humana.

De início os alunos se mostraram receosos em colocar suas opiniões, a importância primeira era se a atividade seria valorada na distribuição de pontos previamente estabelecida pela escola, se as respostas estariam certas ou não. Para muitos se a atividade não vale ponto, não vale a pena participar. Confesso que também não foi tarefa fácil para minha atuação enquanto professora mediadora oriunda de uma formação completamente tradicional, assumir uma postura completamente diferente da adotada até então. Aulas expositivas e transmissão direta de conteúdos requerem menos planejamento e dedicação por parte do professor.

Como foram necessárias seis aulas para o desenvolvimento da unidade, a partir da segunda unidade, já foi possível perceber uma mudança atitudinal dos alunos que demonstraram estar um pouco mais à vontade frente as indagações e colocações dos próprios colegas e do professor.

Como o número de aulas reservados para a física, na proposta curricular para as escolas públicas de Minas Gerais é de apenas duas aulas por semana, alguns poderão considerar excessivo o número de aulas necessários para o desenvolvimento da primeira unidade, que trata da propagação de calor por condução, convecção e radiação. No entanto, como foi a primeira aplicação dessa metodologia estas atividades foram desenvolvidas com mais de uma demonstração investigativa e em cada uma delas fez-se necessário valorizar a interação aluno - aluno, aluno- professor, aluno-metodologia e alunos com toda turma, processo que demandou um pouco mais de tempo que um módulo aula de cinquenta minutos. Sendo parte das características das atividades investigativas, iniciar-se por um problema, experimental ou teórico e após a resolução do problema que haja sistematização do conhecimento adquirido pelos alunos há de se esperar a demanda de um tempo maior para que unidade seja finalizada. As interações discursivas, que foram além das transcritas no presente trabalho, demonstram a importância de propiciar momentos em que, as explicitações dos conhecimentos prévios abram espaços para os saberes científicos. O professor que optar pela utilização dessa metodologia, se preferir, poderá utilizar apenas uma das demonstrações sugerida no desenvolvimento de suas aulas. As transcrições escritas, embora não sejam tema de estudo da presente dissertação, explicitam também a necessidade de utilização de atividades e tarefas, tanto nas atividades em sala de aula quanto nas atividades avaliativas, da opção pela utilização de questões discursivas, tamanhas as dificuldades apresentadas pelos alunos ao expressarem suas ideias de forma escrita e na linguagem científica.

Pode-se salientar que tanto a professora quanto os alunos foram surpreendidos por essa abordagem, por ser uma proposta que envolve tanto o professor quanto os alunos no seu desenvolvimento. O professor, pela busca de atividades que sejam atrativas e coerentes com o desenvolvimento cognitivo dos alunos e os alunos por serem estimulados a romperem com a abordagem do ouvir, decorar, resolver exercícios e repetir, tão presente no ensino de física.

Por parte dos resultados apresentados anteriormente é possível inferir que houve construção de saberes por parte dos alunos que participaram dessa pesquisa, em relação aos conceitos de termodinâmica. Mesmo que os registros iniciais demonstrem certa dificuldade em expressar corretamente os conceitos de calor e temperatura esses conceitos vão sendo aprimorados e a partir da maior participação foi possível perceber um crescimento na apropriação desses conceitos. Alunos que se mostravam totalmente apáticos em aulas tradicionais se mostraram dispostos a participar e contribuir. As atividades desenvolvidas concederam, também, aos alunos um grau de autonomia, ainda não experimentado nas aulas. O interesse em participar, ao invés de apenas observar se mostrou evidente, principalmente nas atividades de demonstração, se oferecendo para contribuir no desenvolver das atividades.

A atividade envolvendo o uso de simuladores, recurso utilizado para desenvolvimento da unidade três, encantou sobremaneira os alunos, muitos relataram estarem conhecendo e utilizando o laboratório de informática da escola pela primeira vez, desde que realizaram sua matrícula. Confesso que o entusiasmo dos alunos me causou sentimentos dúbios, constrangimento, uma vez que como professora desta unidade de ensino desde 2002, foi essa a primeira vez que fiz a opção pelo uso deste espaço escolar enquanto recurso didático, e satisfação, por presenciar tamanho interesse dos alunos na atividade. Muitos anotaram o endereço eletrônico para que pudessem continuar em casa o uso do recurso educacional. O simulador permitiu que os alunos vivenciassem o caráter dinâmico das transformações gasosas que jamais poderiam ser observado através imagens estáticas presentes no livro didático e/ou resolvendo listas de exercícios.

Diante dos resultados apontados pode-se dizer que a sequência didática em caráter investigativo constitui uma boa estratégia pedagógica, uma vez que, teve uma boa aceitação por parte dos alunos que se mostraram mais motivados e envolvidos nas aulas de Física. O uso de recursos variados contribuíram sobremaneira para a

abordagem dos conteúdos de Termodinâmica e as interações durante as aulas estreitaram as relações entre eu professora e os alunos se demonstraram muito mais participativos e à vontade para fazerem suas colocações. O resultado dos última etapa letiva revelou uma melhora no desempenho quantitativo, da totalidade dos alunos participantes da pesquisa, 77,5 % dos alunos alcançaram nota igual o superior a média adotada pela escola.

Como professora desenvolver e aplicar essa sequência didática foi um grande desafio. Posso dizer que o crescimento foi verificado não apenas no desempenho dos alunos mas também no meu desempenho profissional. Ainda que não seja possível desenvolver todos os conteúdos dessa forma, devido ao pequeno número de aulas reservadas à Física no ensino médio, com certeza essa metodologia irá, daqui para frente, acompanhar a minha forma de ensinar.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, M.C.P.S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: _____. **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática**. Anna Maria Pessoa de Carvalho (Org). São Paulo. Thomson, 2006.

BRASIL. MEC. IDEB. 2015. Disponível em: < ideb.inep.gov.br/resultado/>. Acesso em: 20/02/2017.

_____. Lei 4.024/61. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Brasília: MEC, 1961.

_____. Lei Nº 5.692/71, Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Brasília: MEC, 1971.

_____. Lei Nº 9.394/96, Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Brasília: MEC, 1996.

_____. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e tecnológica (SEMTC). **PCN+ Ensino médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias**. Brasília: MEC/Semtec, 2002.

_____. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e tecnológica (SEMTC). **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília: MEC/Semtec, 1999.

_____. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e tecnológica (SEMTC). **Orientações Curriculares para o ensino Médio**. Brasília: MEC/Semtec, 2006.

CARVALHO, A.M.P.; SANTOS, E.; AZEVEDO, M.C.; DATE, M.; Fujii, S. & Nascimento, V.B. **Termodinâmica: um ensino por investigação**. São Paulo: Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 1999.

CARVALHO, A. M. P. Ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo, SP: Cengage Learning. 2013, p.1 -20.

CARVALHO, A. M. P. Ensino de Ciências: Unindo a pesquisa e a prática. In Carvalho, A. M. P. (Org.). **Critérios estruturantes para o ensino de ciências**. São Paulo, SP: Cengage Learning, 2004, p. 1 – 17.

CARVALHO, A. M. P. Las practicas experimentales en el proceso de enculturación científica . In: GATICA, M Q; ADÚRIZ-BRAVO, A (Ed). **Enseñar ciencias en el Nuevo milenio: retos e propuestas**. Santiago: Universidade católica de Chile.2006

FERRAZ, Ana Paula do Carmo Marcheti and BELHOT, Renato Vairo. **Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais**. Gest. Prod. [online]. 2010, vol.17, n.2, pp.421-431.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários a prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra,1996.

FUKE, Luíz Felipe, SHIGEKIYO, Carlos Tadashi, YAMAMOTO, kazuhito. **Os alicerces da física**. São Paulo: saraiva, 2007.v.2.

GASPAR, Alberto. **Compreendendo a física: ensino médio**. São Paulo: Ática, 2017.v.2, P.201.

HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. Porto Alegre: Bookman, 2002, p.319.

LIMA, M. E. C; MARTINS, M. C. C; MUNFORD, D. **Ensino de Ciências por investigação**. V.2, p.84-89. – ENCI: módulo. Belo Horizonte. UFMG/FAE/CECIMIG. 2008.

LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da, ÁLVARES, Beatriz Alvarenga. **Curso de Física**. São Paulo: Scipione, 2014. V2, p.69.

MAUÉS, Ely e LIMA, Maria Emília Caixeta de Castro. Atividades Investigativas nas séries iniciais. **Presença Pedagógica**, v.12, n.72, nov./dez. 2006.

MEDEIROS. A. Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino da Física. **Rev. Bras. Ensino Fís**. vol.24. no.2. São Paulo. Junho. 2002. Disponível em: << <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v24n2/a02v24n2>> Acesso 01 mar. 2018.

MINAS GERAIS. Secretaria do Estado de Educação. Conteúdo Básico Comum: CBC Física. Belo Horizonte, 2007. 60 p.

MOREIRA, M.A. **O que é afinal Aprendizagem Significativa?** Aula Inaugural do Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, 23 de abril de 2010, Aceito para publicação, Qurriculum, La Laguna, Espanha, 2012.

MOREIRA, M.A. (1999). **Aprendizagem significativa**. Brasília: Editora da UnB.

YAMAMOTO, Kazuhito, FUKU, Luiz Felipe. **Física para o ensino médio**. São Paulo: Saraiva, 2016. v. 2.

SASSERON, L. H; DUSCHI, R.A. Ensino de ciências e as práticas epistêmicas: o papel do professor e o engajamento dos estudantes. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.21(2), ago.2016, p.52-67.

SASSERON, L.H., Interações discursivas e investigação em sala de aula: o papel do professor. In: Anna Maria Pessoa de Carvalho. (Org.). **Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. 1ed.São Paulo: Cengage Learning, , v. 1, p. 41-62, 2013.

VYGOTSKY, L. S. **A Formação Social da Mente**:o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores. 4. ed.São Paulo: Martins Fontes. 1991.

APÊNDICE: PRODUTO EDUCACIONAL**ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO:
uma estratégia pedagógica para o ensino de Ter-
modinâmica no Ensino Médio**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE MESTRADO NACIONAL
PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

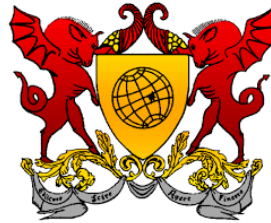
Produto Educacional

**ENSINO POR INVESTIGAÇÃO:
uma estratégia pedagógica para o ensino de
Termodinâmica no Ensino Médio**

MERCIA CRISTINA FÉLIX TEIXEIRA BRAGA

Viçosa

2018



Universidade Federal de Viçosa- MG

MERCIA CRISTINA FÉLIX TEIXEIRA BRAGA

Produto Educacional

ENSINO POR INVESTIGAÇÃO: uma estratégia pedagógica para o ensino de Termodinâmica no Ensino Médio

Produto Educacional apresentado à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, para a obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientadora: Profa. Dra. Regina Simplício Carvalho.

VIÇOSA
2018

SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	90
1.1 OBJETIVOS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	90
1.2 ORGANIZAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	91
2 UNIDADES DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	91
2.1 UNIDADE 1 – PROPAGAÇÃO DE CALOR POR CONDUÇÃO, CONVECÇÃO E RADIAÇÃO.....	91
2.1.1 PROPAGAÇÃO DE CALOR POR CONDUÇÃO (DEMONSTRAÇÃO 1A).....	91
2.1.2 PROPAGAÇÃO DE CALOR POR CONDUÇÃO (DEMONSTRAÇÃO 1B).....	92
2.1.3 PROPAGAÇÃO DE CALOR POR CONDUÇÃO (DEMONSTRAÇÃO 1C).....	93
2.1.4 PROPAGAÇÃO DE CALOR POR CONVECÇÃO (DEMONSTRAÇÃO 1D).....	96
2.1.5 PROPAGAÇÃO DE CALOR POR CONVECÇÃO (DEMONSTRAÇÃO 1E).....	98
2.1.6 PROPAGAÇÃO DE CALOR POR RADIAÇÃO (DEMONSTRAÇÃO 1F)	100
2.2 UNIDADE 2 – MEDINDO CALOR E TRABALHO.....	102
2.3 UNIDADE 3 – TRANSFORMAÇÕES GASOSAS.....	104
2.4 UNIDADE 4 – PRIMEIRO LEI DA TERMODINÂMICA	107
2.5 UNIDADE 5 – MÁQUINAS TÉRMICAS	110

1 APRESENTAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A sequência didática apresentada segue os pressupostos teóricos do ensino de ciências por investigação. Foi elaborada para o desenvolvimento do estudo da Termodinâmica, tendo como base atividades que priorizam a participação ativa do aluno valorizando também o seu conhecimento prévio.

Para que uma atividade de ensino seja considerada investigativa deve partir de uma situação problema, a partir da qual os alunos serão conduzidos a participarem da investigação por meio do levantando de hipóteses sobre o fenômeno estudado, teste das hipóteses levantadas, discussão acerca dos resultados encontrados, elaboração de conclusões e divulgação dos resultados.

Pensando nesses pressupostos, cada unidade está estruturada de forma a utilizar recursos pedagógicos diversificados, como demonstrações, simuladores, laboratório aberto e vídeos, contendo atividades acompanhadas de situações problematizadoras, que levem a reflexões, discussões, ponderações e sistematização do conhecimento através de interações entre os próprios alunos, entre os alunos e o professor e entre os alunos e os recursos utilizados. Nesse contexto em que aluno deixa de ser mero espectador, o professor assume o papel de mediador, estimulando os debates entre os alunos e propiciando um clima favorável à aprendizagem, e os recursos são facilitadores da aprendizagem .

1.1 Objetivo da sequência didática

Diante das dificuldades enfrentadas pelos professores de Física destacando-se principalmente a de atrair a atenção dos alunos e aumentar o interesse pela Física o objetivo deste trabalho foi desenvolver e aplicar uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI), isto é, uma sequência de atividades (aulas) para o ensino de Termodinâmica visando:

- ✓ Promover a aprendizagem da Termodinâmica.
- ✓ Aumentar o interesse o grau de participação dos alunos nas aulas de Física.
- ✓ Promover a interação entre professores e alunos, bem como a interação entre os próprios alunos.

1.2 Organização da sequência didática

A sequência didática foi estruturada em cinco unidades, totalizando 16 aulas, conforme representado no quadro abaixo:

Tabela 1- Organização da sequência didática em unidades.

Unidades	Tópicos	Número de aulas
Unidade 1	Propagação de calor	06
Unidade 2	Medindo Trabalho e calor.	02
Unidade 3	Transformações gasosas.	04
Unidade 4	Primeiro Princípio da Termodinâmica.	03
Unidade 5	Máquinas Térmicas.	01

2. UNIDADES DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

2.1. UNIDADE 1: PROPAGAÇÃO DE CALOR POR CONDUÇÃO, CONVECÇÃO E RADIAÇÃO.

O desenvolvimento da unidade 1, tem por objetivo:

- ✓ Caracterizar isolantes e condutores.
- ✓ Caracterizar as transferências de calor e suas formas de propagação: condução, convecção e radiação.
- ✓ Entender como se processa cada um dos processos de transferência de calor.
- ✓ Identificar em situações do cotidiano as formas de propagação de calor.

Para o desenvolvimento desta unidade deverão ser realizadas seis demonstrações investigativas, para a construção do conhecimento sobre dos processos de propagação de calor, denominadas como demonstrações 1A, 1B, 1C, 1D e 1E e 1F.

2.1.1: Propagação de calor por condução (demonstração 1A)

Os materiais utilizados para o desenvolvimento das demonstrações são materiais de fácil acesso e baixo custo. Serão utilizados:

- ✓ Cubos de gelo.
- ✓ Um pedaço de lã (ou cobertor).
- ✓ Um recipiente plástico.



Figura 1- Cubos de gelo enrolados em um pedaço de cobertor de lã.

O professor deverá levar para a sala os materiais listados acima, apresentá-los aos alunos e propor a seguinte questão:

“Se embrulharmos uma pedra de gelo num cobertor, o gelo demora mais ou menos para derreter”?

Diante da turma, o professor deverá envolver parte do gelo na lã e o restante deverá ser colocado no recipiente plástico aberto. O resultado deverá ser apresentado aos alunos ao final da aula.

Para iniciar as discussões, proponha a seguinte questão:

“Um cobertor de lã é “quente”? Ele produz calor”?

Os alunos deverão elaborar uma resposta para essa questão, que poderá ser feito individualmente ou em grupo, a critério do professor e posteriormente essas respostas mediadas pelo professor deverão ser socializadas para toda turma.

2.1.2: Propagação de calor por condução (demonstração 1B).

Para o desenvolvimento dessa demonstração serão utilizados os seguintes materiais:

- ✓ Colheres com cabo de metal.
- ✓ Colheres com cabo revestido de plástico.
- ✓ Um ebulidor.
- ✓ Um recipiente de vidro (para água aquecida).

Antes de iniciada a demonstração o professor deverá propor as seguintes questões:

A) Por que sentimos um piso de ladrilho mais frio que um de madeira, apesar de ambos estarem à mesma temperatura?

B) Por que os cabos de panelas normalmente não são feitos de metal?

Peça aos alunos que introduzam num recipiente contendo água recém fervida, uma colher com cabo metálico de modo que sua mão mantenha contato com a extremidade metálica fora da água. Faça o mesmo com a colher metálica com cabo revestido de madeira ou plástico segurando-o com a mão pelo cabo.



Figura 2- Experimentando transferência de calor por condução

Após a experimentação, o professor deverá retornar as questões propostas anteriormente. Os alunos deverão discutir em grupo e anotar suas observações, relacionando as questões propostas com a atividade experimental realizada durante a aula.

2.1.3: Propagação de calor por condução (demonstração 1C).

Para o desenvolvimento dessa demonstração o professor deverá utilizar os seguintes materiais:

- ✓ Uma haste metálica (alumínio).
- ✓ Parafina.
- ✓ Tachinhas.
- ✓ Um suporte para vela.
- ✓ Uma vela.

Fixe tachinhas na haste metálica, utilizando a parafina derretida da vela, mantendo uma distância de 5 cm entre eles, a partir de uma das extremidades da haste de alumínio.



Figura 3: Tachinhas fixadas com parafina a haste metálica.

Com o auxílio de um isolante segure a haste e coloque a outra extremidade da haste metálica sobre a chama da vela.

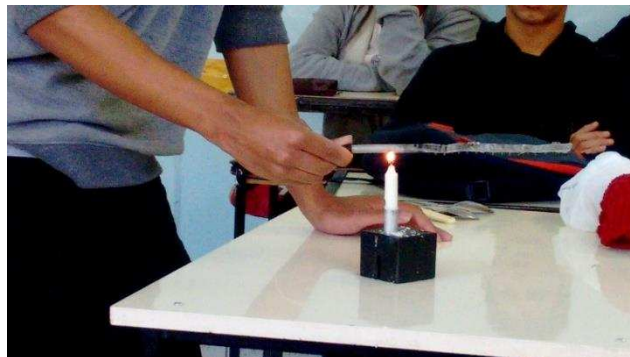


Figura 4 - Experimentando transferência de calor por condução (demonstração 1C).

Os alunos deverão responder as seguintes questões:

A) O que acontecerá com a parafina ao aquecermos a haste?

B) O que aconteceu com as tachinhas?

C) De que forma o calor vai se propagando?

Sistematização da atividade.

Após a discussão das questões acima, o professor deverá sistematizar as atividades desenvolvidas solicitando aos alunos que entreguem por escrito as respostas das seguintes questões:

A) Como é denominado, na física, esse processo de propagação de calor?

B) Cite outros fatos do cotidiano que usem esse mesmo processo de transferência de calor, explicando cada um.

C) Elabore uma lista de materiais que são bons condutores de calor, isto é, que possuem boa condutividade térmica e outra lista de materiais maus condutores de calor.

Neste momento, o professor deverá voltar a atenção para o gelo embrulhado no cobertor de lã e o gelo contido no recipiente plástico (demonstração 1A). Observado os resultados, os alunos deverão discutir e responder a seguinte questão:

D) Afinal, o cobertor esquenta?

2.1.4 : Propagação de calor por convecção (demonstração 1D)

Após o desenvolvimento das demonstrações sobre propagação de calor por condução, o professor poderá iniciar os estudos sobre propagação de calor por convecção, visando a compreensão do fenômeno da convecção térmica utilizando água em processo de aquecimento, sendo necessário duas aulas para seu desenvolvimento.

Materiais:

- ✓ Um recipiente de vidro transparente (aquário, tigela, jarra, ou um béquer).
- ✓ Água.
- ✓ Saquinho de chá.
- ✓ Ebulidor.



Figura 5 – Materiais necessários para a demonstração 1D.

Reservando um tempo da aula para que os alunos possam fazer suas colocações, inicialmente o professor poderá propor as seguintes questões:

A) Por que o ar condicionado é instalado no alto da parede, enquanto os aquecedores são utilizados no chão?

B) Como se formam os ventos e as brisas, tão agradáveis no verão?

Iniciar pelas questões acima permitirá que os alunos explicitem seus conhecimentos prévios acerca do fenômeno a ser tratado à partir de dispositivos e situações vivenciadas no dia-a-dia.

Após as discussões recomenda-se a realização da seguinte demonstração:

- ✓ Encha o recipiente com água.
- ✓ Rasgue o saquinho de chá e despeje o conteúdo, delicadamente, na água.
- ✓ Coloque o ebulidor na água e espere aquecer.

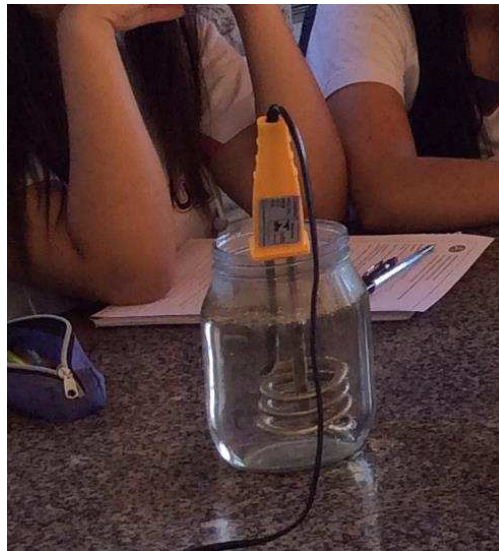


Figura 6 - Água contendo partículas de chá em processo de aquecimento.

Peça aos alunos que observem o que acontece com as partículas de chá durante o aquecimento e que tentem responder aos seguintes questionamentos:

C) Como explicamos o que acontece com as partículas do chá?

D) O que causa esse movimento?

Dê oportunidade para que aos alunos discutam em pequenos grupos e depois com toda a turma suas observações acerca dos fenômenos tratados.

2.1.5 : Propagação de calor por convecção (demonstração 1E)

Para demonstrar o fenômeno da convecção térmica nos gases utiliza-se a montagem do cata-vento.

Para a construção do cata-vento, professor irá precisar de:

- ✓ Uma latinha de alumínio
- ✓ Estilete ou tesoura
- ✓ Régua
- ✓ Compasso

Demais materiais

- ✓ 1 vela.
- ✓ Fósforos ou isqueiro.
- ✓ Um suporte para vela.
- ✓ fio de linha.

O professor deverá fazer um cata-vento utilizando as laterais da latinha de alumínio. Como para a construção do cata-vento, são utilizados materiais cortantes, o ideal é que ele seja construído pelo professor e apresentando aos alunos durante o desenvolvimento da atividade.



Figura 7 - Cata-vento construído com latinha de alumínio.

Suspenda o cata-vento a uns 15 cm da chama da vela, conforme a figura a seguir:



Figura 8: Progação de calor por convecção (cata-vento).

Após realização da demonstração, o professor poderá propor as seguintes questões para discussão:

A) O que acontece com o cata-vento?

B) Qual o sentido do movimento das camadas de ar?

C) Compare o observado nesse experimento com o experimento da água. O que há de comum entre eles?

Após respondidas as questões acima o professor deverá solicitar aos alunos que leiam suas respostas, gerando um debate sobre os processos observados sistematizando a aula com as ideias chaves referentes ao tema da aula. Usando o cata-vento, ficará constatado que alguma coisa põe o ar em movimento. O professor deverá

ajudá-los para que entendam que o movimento tanto das partículas de chá quanto do cata-vento é resultado da movimentação das camadas de líquido e ar próximas da fonte térmica, que mais leves, pela diferença de densidade resultante do aquecimento, sobem. O professor deve aproveitar, também, este momento e retomar as discussões sobre as questões iniciais que versam sobre o funcionamento do ar condicionado e a formação das brisas explicando que tanto o funcionamento do ar condicionado e a formação das brisas têm por princípio as correntes de convecção.

2.1.6 : Propagação de calor por radiação (demonstração 1F).

O desenvolvimento dessa atividade deverá ocorrer na quinta aula, após os estudos sobre propagação de calor por condução e convecção, sendo necessário duas aulas para seu desenvolvimento.

O professor irá precisar de:

- ✓ Duas latas de refrigerantes vazias, uma pintada externamente de preto e a outra de branco.
- ✓ Dois termômetros
- ✓ Uma lâmpada incandescente.
- ✓ Água.

O professor deverá colocar duas latas de refrigerante, inicialmente vazias, uma pintada de preto e outra de branco equidistantes de uma lâmpada. Coloque a mesma quantidade de água nas duas latas preenchendo a metade do volume total da lata. Os termômetros devem ser colocados no interior de cada lata para medir a variação de temperatura da água, conforme ilustrado na figura abaixo:



Figura 9: Demonstração de propagação de calor por radiação.

Apresente os materiais aos alunos e com a lâmpada inicialmente desligada, peça para que eles meçam a temperatura da água contida no interior das latas.

Explique que a lâmpada será ligada, e antes de fazer isso, proponha aos alunos a seguinte questão:

A) Em qual das latas a água irá esquentar mais?

O professor deve permitir aos alunos explicitarem e escreverem sobre suas ideias mediando as interações.

Após as interações, acenda a lâmpada e peça aos alunos que realizem medidas, em iguais intervalos de tempo, das temperaturas das massas de água contidas nas latinhas, orientando-os para que anotem os resultados encontrados. Caso algum aluno tenha dificuldade em realizar essas medidas, o professor deverá orientá-lo nesse processo.

Retome as discussões sobre a questão anterior e proponha as questões seguintes para gerar mais interações.

B) O que poderia estar influenciando esta diferença?

C) Cite exemplos do cotidiano, onde são observados esse mesmo fenômeno, explicando cada um.

O professor deve estimular os alunos, para que participem, permitindo que eles também façam a leitura nos termômetros e para que construam suas respostas, percorrendo grupos verificando as respostas dadas e discutindo os resultados. Num segundo momento essas respostas deverão ser socializadas com toda turma, sistematizando, dessa forma, a construção do conceito de propagação de calor por radiação.

2.2. UNIDADE 2: MEDINDO CALOR E TRABALHO

Esta unidade foi planejada para ser desenvolvida ao longo de duas aulas tendo como objetivo: identificar e comparar em diversas situações práticas, os processos de aquecimento de um corpo por meio de fornecimento de calor ou pela realização de trabalho.

Materiais.

- ✓ Garrafas de água mineral de 200 ml, contendo cerca de 100 ml de água.
- ✓ Uma vasilha de vidro;
- ✓ Água.
- ✓ Luvas de lã.
- ✓ Termômetros.
- ✓ Ebulidor.



Figura 10: Materiais necessários para desenvolvimento da unidade 2.

1. Peça aos alunos que esfreguem uma mão contra a outra e em seguida encoste as palmas da mão sobre o rosto.

Feito isso, os alunos deverão responder as seguintes questões:

A) O que acontece com a temperatura das mãos durante a fricção?

B) O que você sentiu ao encostar suas mãos recém friccionadas sobre o seu rosto?

C) O processo de aquecimento das mãos, ao serem friccionadas, e do rosto, em contato com as mãos aquecidas, é o mesmo?

D) A variação da energia interna da pele aumenta, diminui ou permanece inalterada?

Para que os alunos tenham condições de responder a última questão, o professor já deve ter introduzido o conceito de energia interna ou aproveitar a atividade em questão para a introduzir esse conceito. Reserve um tempo da aula para que os alunos socializem suas respostas. Após a realização desta atividade dê prosseguimento a aula realizando as atividades 2 e 3.

2. Peça aos alunos que coloquem uma das mãos em uma vasilha contendo água ligeiramente aquecida.

E) O que você sentiu? Explique.

3. Peça aos alunos para vestirem as mãos com uma luva de lã.

F) O que acontece com a temperatura da mão após um certo tempo?

G) Explique o que acontece, comparando com os processos anteriores.

Após as discussões de todas as questões anteriores proponha o seguinte problema:

É possível aumentar a temperatura da água dentro de uma garrafa sem fornecer calor a ela?

Organize a turma em grupos. Cada grupo deverá:

- ✓ Levantar hipóteses,
- ✓ Realizar os testes.
- ✓ Redigir um pequeno relatório sobre os resultados alcançados.

O professor deverá percorrer os grupos para verificar e ponderar junto aos alunos quais hipótese poderão ser testadas com os materiais reservados para a atividade.

Um tempo da aula deve ser reservado para que os alunos realizem os testes e escrevam o relatório.

Após a realização dos testes e relatórios o professor permitirá a socialização dos resultados alcançados, mediando durante a sistematização da atividade.

2.3. UNIDADE 3: TRANSFORMAÇÕES GASOSAS

Embora essa unidade tenha sido planejada para ser desenvolvida em um laboratório de informática, caso a escola não disponha de tal recurso, o professor poderá utilizar um projetor (data show) e realizar, a título de demonstração, todos os passos sugeridos para o desenvolvimento da atividade.

Objetivo.

Estudar as propriedades de um gas, contido em uma câmara, observando-se variações no volume, pressão, temperatura, gravidade entre outros.

Como utilizar o recurso didático.

Bombear moléculas de gás em uma caixa e ver o que acontece quando altera o volume, adiciona ou remove o calor, muda a gravidade, e muito mais. Medir a temperatura e a pressão descobrindo como as propriedades do gás variam entre si.

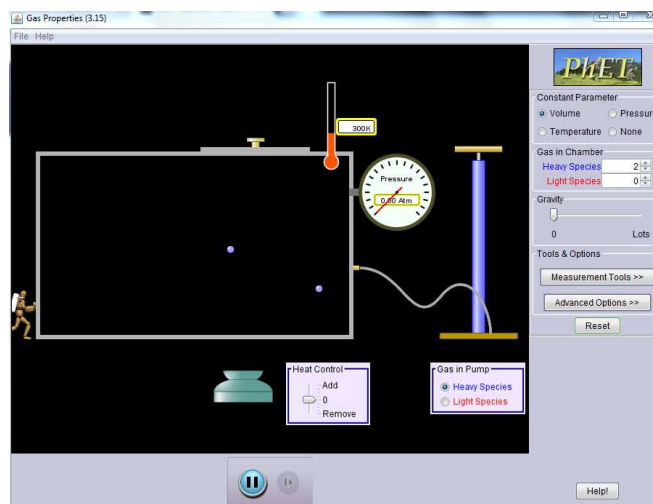


Figura 11 - Painel do simulador didático Propriedade dos gases.

Fonte: <<https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/gas-properties>>

Para iniciar esta atividade o professor deverá apresentar aos alunos o simulador da plataforma do grupo Phet Universidade Colorado, direcionando para que eles explorem o painel e as funcionalidades do simulador. Peça aos alunos que injetem uma quantidade de gás na câmara e observem o que ocorre com as variáveis pressão, volume e temperatura. Oriente, também, que esses parâmetros (pressão, volume e temperatura) podem ser mantidos constantes, sendo possível também marcar nenhum deles como constante.

O simulador oferece também duas espécies de moléculas gás (leves e pesadas). Estimule-os a experimentar as duas espécies, observando o comportamento dessas moléculas no interior da câmara.

Ao usar o simulador, discutir com os alunos as seguintes questões:

A) O que ocorre com a velocidade das moléculas ao diminuirmos o volume da câmara de gás?

B) O que ocorre com a pressão do gás ao diminuirmos o volume?

C) O que ocorre com a temperatura o diminuirmos o volume?

D) O que ocorre com as variáveis quando adicionamos calor? E quando retiramos?

O professor ouvirá as tentativas de respostas dos alunos e irá orientá-los na construção das respostas para as questões propostas e para a compreensão da primeira lei da termodinâmica. Espera-se que os alunos percebam a expansão do gás quando o calor é fornecido e o que acontece no processo inverso.

Como o primeiro simulador não permite a plotagem dos gráficos referentes as transformações gasosas, isotérmicas, isobáricas e isocóricas, sugere-se a utilização de um segundo simulador.

Simulador de comportamento

Selecione uma atividade e digite os valores de três variáveis de estado do gás. A quarta variável não precisa ser digitada, pois é calculada automaticamente. Em seguida, clique em EXECUTAR para ver a transformação.

ATIVIDADES

1 2 3 4 5 6 7 8 9

5. Um êmbolo contém certa massa de gás Oxigênio a 10°C, a qual exerce pressão de 1,5 atm e ocupa o volume de 7 L. Qual será o volume ocupado por essa massa de gás O₂ se, a pressão constante, a temperatura sobe a 72°C?



isotérmica
 isobárica
 isocórica

P_i = atm **P_f** = atm
T_i = K **T_f** = K
V_i = L **V_f** = L

atm ↑

P
 T
 V



P
 T
 V

Figura 12 - Painel do simulador 2

Fonte: <<http://www.educacional.com.br/recursos/conteudomultimedia/21/quimica/gases/gases3.asp>

A primeira parte do simulador, no canto superior, apresenta atividades (exercícios) que devem ser realizadas pelos alunos e acompanhadas pelo professor no decorrer da aula. São três atividades para cada transformação gasosa (isotérmica, isobárica e isocórica).

Na segunda parte os alunos deverão, de acordo com a interpretação de cada atividade, selecionar o ícone do simulador correspondente a transformação. Realizar os cálculos e posteriormente clicar no comando executar para verificarem se os resultados apresentados correspondem ao que foi encontrado por eles em cada caso. Se as ações estiverem corretas, ao clicar no comando executar, a quarta variável é preenchida automaticamente pelo simulador, que inicia a plotagem do gráfico de acordo com a atividade proposta.

O simulador permite alterar as variáveis nos eixos do gráfico, portanto, é importante orientar os alunos sobre qual variável deve ser fixada em cada um dos eixos.

Além de permitir a construção dos gráficos o simulador traz também uma determinada massa de gás contido em um cilindro provido de um pistão, à medida que os comandos vão sendo executados e os gráficos gerados é possível acompanhar o que acontece com o volume e a pressão. De posse dos gráficos foi possível tornar ainda mais claro o estudo das transformações gasosas.

Para sistematizar o estudo dos gráficos realizados no simulador o professor providenciado a impressão de alguns dos gráficos que os alunos construíram, ou apresentá-los em um projetor fazendo um comparativo das curvas relacionando-as com leis de Boyle-Mariotte, Lei de Charles e Gay-Lussac e a Lei Geral dos gases perfeitos.

2.4. UNIDADE 4: PRIMEIRA LEI DA TERMODINÂMICA.

Objetivo.

Compreender a expansão ou compressão de um gás e realização de trabalho mecânico.

Materiais.

- ✓ Garrafas pets de 200 mL, 500 mL e 1 L.
- ✓ Um recipiente contendo água quente (temperatura de aproximadamente 100°C);

- ✓ Um recipiente contendo uma mistura de água e gelo (temperatura de aproximadamente 0°C)
- ✓ Balões de aniversário nº 5, 6 ou 7.
- ✓ Ebulidor.

Adapte, firmemente, ao gargalo de cada uma das garrafas plásticas um balão de borracha ligeiramente inflado a diferentes volumes. Com isso haverá certa massa de ar ocupando o volume do recipiente e do balão.



Figura 13: Materiais necessários para desenvolvimento da unidade 4.

Apresente o material aos alunos e peça para que eles contribuam na realização da demonstração.

Em um primeiro momento os alunos deverão mergulhar as garrafas em água quente e responder as seguintes questões:

A) O que ocorre ao balão? Por que isso acontece?

B) O que ocorre com o volume do ar ao ser aquecido? E com sua pressão?

C) Houve realização de trabalho?

Permita que os alunos construam em pequenos grupos uma resposta para questão anterior para que em seguida essas respostas sejam socializadas com toda turma, mediando, levando-os a estabelecer relações entre o conceito de calor, temperatura, energia interna e trabalho.

Vale ressaltar que o conceito de trabalho pode não ser um conceito totalmente novo para os alunos, uma vez que este conceito é construído no estudo de energia mecânica. Este momento será importante para que os alunos, com o auxílio do professor possa construir, agora, este conceito relacionado a energia térmica.

Num segundo momento da aula peça para que os alunos mergulhem a garrafa no recipiente contendo água gelada, observem e respondam as seguintes questões:

D) O que ocorre ao balão? Por que isso acontece?

E) O que ocorre com o volume do ar ao ser resfriado? E com sua pressão?

F) Houve realização de trabalho?

Nessa parte, permita também que os alunos construam em pequenos grupos respostas para cada questão, permitindo também a socialização das respostas.

No terceiro momento, de sistematização dos conceitos tratados o professor deve discutir os conceitos de trabalho e energia. Embora esses conceitos não sejam novos para eles, uma vez que já foram tratados no primeiro ano, aqui com o apoio da atividade demonstrativa esses conceitos vão sendo discutidos a luz da termodinâmica,

nas interações entre os grupos e com toda classe. Após discussões o professor poderá definir a primeira lei da termodinâmica.

2.5. UNIDADE 5: MÁQUINAS TÉRMICAS.

O desenvolvimento desta unidade tem como objetivo:

- ✓ A compreensão da segunda lei da Termodinâmica
- ✓ Explorar o funcionamento das máquinas térmicas (refrigeradores e o motor de quatro tempos) analisando os processos térmicos envolvidos.

Inicie a unidade 5 solicitando que os alunos, organizados em pequenos grupos, que respondam as seguintes questões:

A) Liste as máquinas térmicas que vocês conhecem.

B) O que você entende por uma máquina Térmica.

Essas questões permitirão aos alunos apontarem os seus conhecimentos prévios, explicitando tudo que lhes vem à mente sobre máquinas térmicas, externando assim as suas concepções. O objetivo nesse momento não é a busca por respostas corretas e sim o de partir do que eles já conhecem para ir aprofundando gradativamente no assunto.

Eles deverão discutir e cada grupo deverá apresentar sua resposta. Após mediar a resposta o professor poderá apresentar um dispositivo, representado pela figura 10, que representa o funcionamento de uma máquina térmica, mas especificamente de uma máquina a vapor.



Figura 14: Máquina térmica construída com materiais de baixo custo.

A demonstração trata-se de uma pequena caldeira feita de lata de refrigerante, na qual, em uma das extremidades foi feito um pequeno orifício para retirada do seu líquido original. Com certo cuidado e com a ajuda de uma seringa foi introduzido em seu interior, através desse mesmo orifício, uma pequena quantidade de água. Foi construída, também com latinha de alumínio, uma pequena hélice. Com o fornecimento de calor para a caldeira, a água contida em seu interior entra em ebulição e os vapores são expelidos pelo pequeno orifício provocando o movimento da hélice.

A partir da demonstração, o professor poderá solicitar aos alunos que tentem explicar o funcionamento do dispositivo, solicitando ainda que eles apontem se o dispositivo apresentando tem alguma semelhança com os dispositivos listados por eles anteriormente.

Aproveite este momento da aula e introduza o conteúdo teórico sobre o funcionamento das máquinas térmicas, destacando as condições necessárias para realização de trabalho e aproveite o dispositivo para destacar o papel das fontes quentes e frias no processo de funcionamento de uma máquina térmica.

Motor de 4 tempos e os refrigeradores.

Na segunda aula, apresente aos alunos o motor de explosão (motor de 4 tempos) utilizando uma em 3D, disponível no Youtube, no endereço eletrônico <https://www.youtube.com/watch?v=Knpk9Hmn4kQ>.

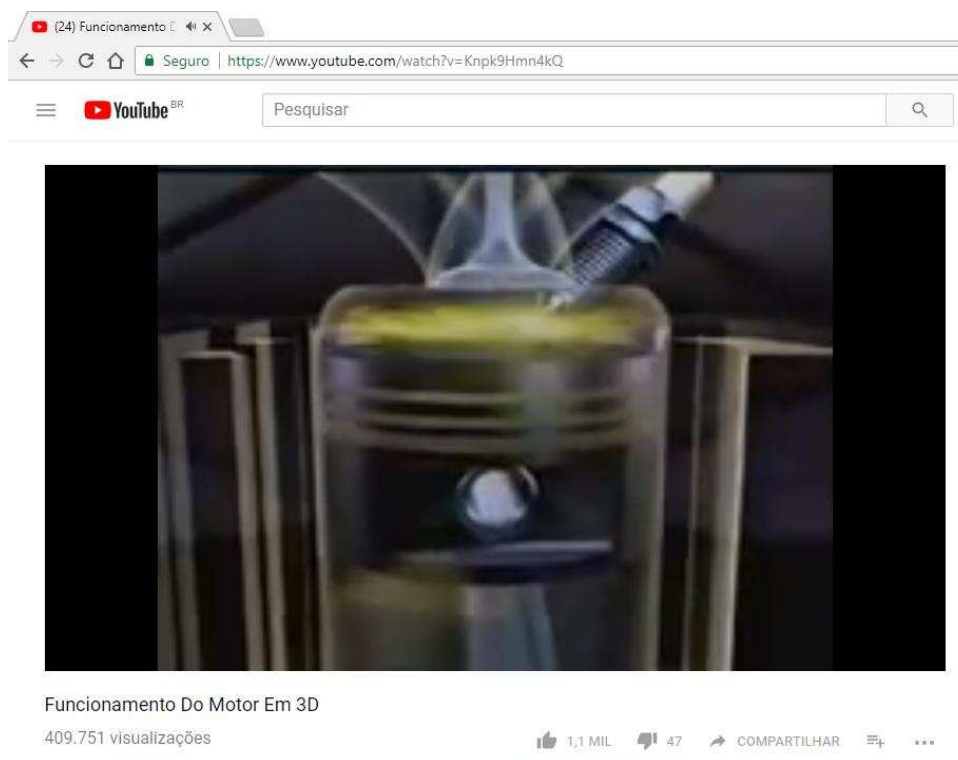


Figura 15: Funcionamento do motor em 3D.

Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=Knpk9Hmn4kQ>

A animação tem duração de quatro minutos e o professor poderá pausar e discutir com os alunos cada um dos quatro tempos, assim denominado porque seu funcionamento se faz em quatro etapas (admissão, compressão, explosão e exaustão).

Embora os refrigeradores estejam presentes em praticamente todos os lares brasileiros, o (a) professor (a) não deve esperar que os alunos conheçam tecnicamente o funcionamento desta máquina térmica e sua relação com os conhecimentos da termodinâmica, por isso a necessidade de se conhecer os aspectos gerais dos processos físicos presentes no funcionamento de um refrigerador. Sugere-se começar com as seguintes questões:

A) Nos refrigeradores comuns identifique a fonte fria e a fonte quente.

B) Como a substância refrigerante retira calor da fonte fria e cede à fonte quente?

Deve-se reservar um tempo da aula para que os alunos possam elaborar uma explicação e socializa-las com o professor e com toda turma.

Após promover essa interação sugere-se a apresentação do vídeo “Física: que Gelo - Como funciona uma geladeira”. O vídeo tem duração de 8,09 minutos, foi produzido pela editora FTD educação, explica o funcionamento de um refrigerador doméstico e está disponível no endereço eletrônico https://www.youtube.com/watch?v=kp_vVuBtc-U.

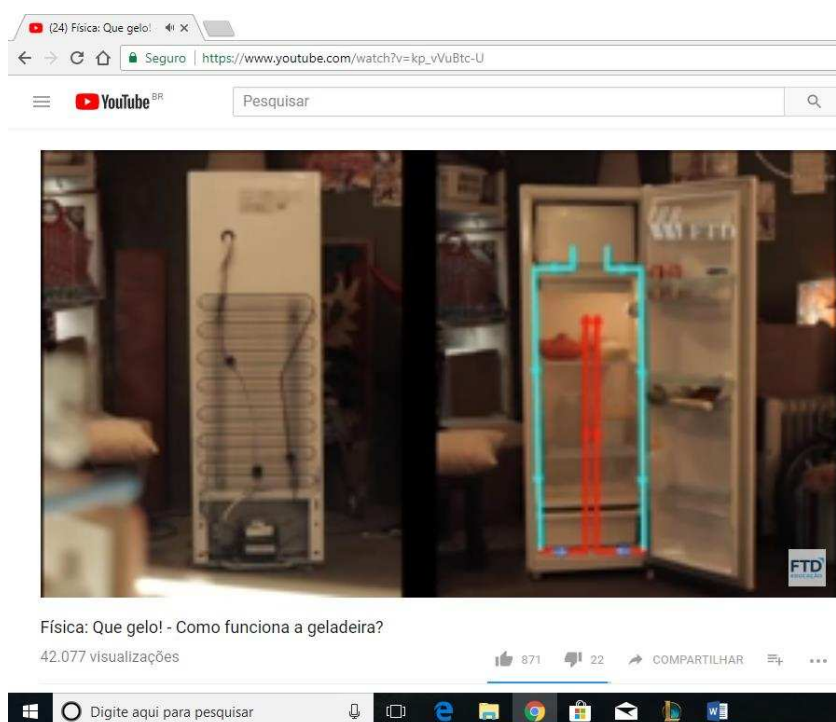


Figura 16: Física: que gelo- Como funciona o refrigerador.

Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=kp_vVuBtc-U

Uma vez apresentado o vídeo o professor poderá retomar a discussão das questões propostas anteriormente para sistematizar a construção de conhecimento.