

ENSINANDO TERMODINÂMICA ATRAVÉS DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA

Teaching thermodynamics through an investigative teaching sequence

Mercia Cristina Félix Teixeira Braga [mercyafelix@hotmail.com]

Escola Estadual Maurilo de Jesus Peixoto – Sete Lagoas – MG

Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – polo Universidade Federal de Viçosa - MG

Regina Simplício Carvalho [resicar@ufv.br]

Universidade Federal de Viçosa -Departamento de Química – Viçosa - MG

Recebido em: 23/11/2020

Aceito em: 20/05/2021

Resumo

Esta pesquisa teve como objetivo central investigar o desenvolvimento de uma sequência didática com caráter investigativo no ensino da 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 para 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 foi desenvolvida em cinco unidades: Propagação de calor; Medindo trabalho e calor; Transformações gasosas; Primeiro princípio da Termodinâmica e Máquinas térmicas, subdivididas em dezesseis aulas. Neste trabalho contém a discussão dos resultados obtidos no tópico propagação de calor por condução da unidade I, através de atividades que levam em conta situações problematizadoras envolvendo reflexões, discussões, ponderações, tomadas de decisões e principalmente a participação ativa dos alunos no processo de aprendizagem. Observou-se maior engajamento dos alunos nas aulas de física e a participação efetiva dos mesmos registradas nas interações discursivas e na execução das atividades.

Palavras chaves: Ensino por investigação; Ensino de Física; Sequência Didática; Termodinâmica.

Abstract

This research had as main goal 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. In this paper, the results of the unit will be discussed with

a set of activities. Each activity was made with problems situations involving reflections, discussions, weightings, decision making, and especially the active participation of students in the learning process. Greater student engagement was observed in physics classes and their effective participation recorded in discursive interactions and in the execution of activities.

Keywords: Investigation Teaching; Physics teaching; Didactical Sequence; Thermodynamics.

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. 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, por exemplo, nas avaliações externas dos estudantes. O Índice de Desenvolvimento da Educação Básica, IDEB (BRASIL, 2019) aponta que desde 2013 o ensino médio não tem alcançado a meta. Em 2019 a meta era 5,0 e o IDEB foi 4,2.

Embora os Parâmetros Curriculares Nacionais, PCN, Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais, PCN⁺ e as Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, OCEM (BRASIL, 2000, 2002, 2006) 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 (MOREIRA, 2018; COSTA e BARROS, 2019). 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 a 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).

No intuito de contribuir para modificar esse tipo de ensino, o presente trabalho propõe uma estratégia pedagógica, uma sequência de ensino investigativa para o ensino de Termodinâmica no ensino médio, 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.

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) a ser adotado por todas as escolas estaduais. 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 (tabela 1) 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 anos.

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

Eixos Temáticos	Temas
Eixo Temático I 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.

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 deste trabalho foi investigar o desenvolvimento e as potencialidades de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) para o ensino de Termodinâmica. As aulas contêm atividades acompanhadas de situações problematizadoras, questionadoras propiciando reflexões, discussões, ponderações e explicações que priorizem 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.

Referencial teórico

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 (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 conceitual 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

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. Sasseron (2013) ainda aponta que 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.

Para Lima et. al. (2008), o ensino por investigação é uma das estratégias que o professor utiliza em sua prática escolar, onde 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 conteúdo.

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.

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(P)/alunos(A) 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.

Procedimentos metodológicos

Neste trabalho investigamos o processo de aplicação de uma SEI com conteúdo de Termodinâmica, em três turmas do segundo ano do ensino médio na qual a professora pesquisadora leciona.

O campo de estudo

O 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 na região central a maioria dos alunos residem na região periférica da cidade. 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 Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM).

Os sujeitos da pesquisa

Foram escolhidos como sujeitos da pesquisa, todos os alunos regularmente matriculados nas três turmas do segundo ano do ensino médio, totalizando 102 alunos, 34 alunos da turma A, 35 da turma B e 33 da turma C. Todos os alunos participantes estavam cientes do objetivo da pesquisa e manifestaram o seu livre consentimento, concordando em participar da mesma.

A presente pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa e protocolado sob o número CAAE: 67952317.2.0000.5153.

A coleta de dados

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

A construção das atividades em caráter investigativo

As atividades desenvolvidas em sala de aula foram retiradas de alguns livros didáticos do Centro de Referência Virtual do Professor (CRV) cuja abordagem é o ensino por investigação. Cada atividade foi planejada para ser desenvolvida como atividade 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 sobre o que está sendo estudado.

Para a Sequência de Ensino Investigativa (SEI) elaborada para o estudo da Termodinâmica, a pesquisadora buscou abordar conceitos sobre o calor, a transferência de energia térmica, sua relação com trabalho e máquinas térmicas. A SEI foi organizada em cinco unidades para serem desenvolvidas

em um conjunto de 16 aulas. Neste artigo discutiremos as atividades desenvolvidas no primeiro item da Unidade I, com a temática: propagação do calor por condução.

A tabela 3 apresenta o número de aulas utilizadas na unidade I da SEI, os tópicos trabalhados e as habilidades, de acordo com o CBC.

Tabela 3 - Número de aulas utilizadas para o desenvolvimento da Unidade I da SEI

Unidade	Tópicos	Habilidades a serem desenvolvidas 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

Fonte: CBC versão 2007- SEE/MG

Para Azevedo (2006) a aprendizagem de procedimentos e atitudes durante o desenvolvimento de uma atividade investigativa se torna tão importante quanto a aprendizagem de conceitos e/ou conteúdo. Esta autora 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) (CARVALHO, 2014). No presente trabalho fez-se a opção por atividades utilizando-se de experiências de demonstração investigativas, problemas abertos, e aulas de sistematização.

Avaliação na SEI

A avaliação foi realizada em todas as etapas de desenvolvimento das atividades e teve caráter formativo. As respostas, relatórios e falas transcritas da participação dos alunos permitiu perceber o desenvolvimento e a motivação dos mesmos. Com a observação da professora, os registros dos

instrumentos utilizados pelos alunos e pelas atitudes deles no decorrer das atividades foi possível avaliá-los procedimentalmente e atitudinalmente. 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 durante a manifestação dos colegas; aumento ou não no grau de participação nas atividades; os relatórios e as respostas escritas elaborados ao final de cada atividade.

Análise dos resultados

O processo de análise de dados foi construído a partir da sistematização das atividades aplicadas, sendo um processo dinâmico e que se constituiu a partir das interações que se estabeleceram entre os sujeitos da pesquisa. Na análise dos resultados foram considerados os seguintes aspectos relativos ao processo de ensino-aprendizagem:

- O conhecimento prévio dos estudantes em relação ao conteúdo curricular considerado.
- O grau de participação dos estudantes no desenvolvimento das atividades.
- A relação entre o que os estudantes falavam e escreviam.
- Se com a aplicação da SEI foi possível alcançar os objetivos estabelecidos no início da proposta.

A SEI apresentada neste trabalho foi organizada para ser desenvolvida em 5 unidades com diferentes atividades investigativas. A análise dos resultados será apresentada para o tópico propagação de calor por condução da unidade I.

Unidade 1: Propagação de Calor

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

Caracterizar isolantes e condutores térmicos.

- ✓ Caracterizar os processos de transferência de calor e suas formas de propagação: Condução, Convecção e Irradiação.
- ✓ Entender os mecanismos físicos associados a cada um destes processos.
- ✓ Identificar tais processos em situações do cotidiano.

Para a descrição de cada um dos processos foram necessárias duas aulas, sendo uma para o desenvolvimento da atividade e a outra para a sistematização e conclusão. Todos os materiais utilizados para o desenvolvimento das demonstrações são materiais de fácil acesso e baixo custo.

Propagação de Calor por Condução

Para dar início sobre o estudo da transferência de energia térmica por condução, foi realizada a demonstração investigativa 1A, cujos materiais utilizados foram os seguintes: cubos de gelo, um pedaço de lã e um recipiente plástico.

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, ou seja, como eles seriam avaliados. A professora buscou esclarecer que o objetivo era tornar as aulas mais interessantes e aumentar a participação deles e 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.

Nesta etapa da aula foi apresentado 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, como mostrado na figura 1.



Figura 1: Materiais utilizados para a demonstração 1A. Pedaço de lã, cubos de gelo e um copo plástico

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

Para conflitar as concepções espontâneas dos alunos com as concepções científicas, diante do que eles estavam observando, foi proposta a seguinte questão: **Se embrulharmos uma pedra de gelo num pedaço de cobertor de lã, o gelo demorará mais ou menos para derreter?**

Diante dos questionamentos os alunos, ainda que receosos, foram propondo suas hipóteses em relação ao tema em questão. Na tabela 4 são apresentados alguns trechos das interações discursivas ocorridas nas turmas. Os alunos da turma A foram nomeados como A1, A2, A3 e assim por diante. O mesmo foi feito para os alunos da turma B e C.

Tabela 4 - Trechos das interações discursivas ocorrida na 1º 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 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 discursivas registradas apareceram termos já utilizados na sala de aula como, energia e transferência de energia, como o estudo da Termodinâmica é posterior ao estudo de Termometria esses alunos já tinham tido 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 a sua concepção prévia de que existem dois tipos de energia, os corpos podem ceder calor, mas também podem ceder frio.

Segundo Young e Freedman (p. 113) “a transferência de energia produzida apenas por uma diferença de temperatura denomina-se transferência de calor ou fluxo de calor, e a energia transferida deste modo denomina-se calor! Ainda, segundo estes autores (p. 122) “a transferência de calor ocorre somente entre regiões que possuem temperaturas diferentes, e o sentido de transferência de calor é sempre da temperatura maior para a temperatura menor.”

Ao comparar as falas dos alunos com as respostas entregues por escrito, após as discussões, é possível perceber um maior amadurecimento das ideias quando estas são apontadas por escrito. Nas figuras 2, 3 e 4 são apresentadas 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.

Foram consideradas como corretas as respostas que justificavam que o cobertor de lã não é quente e nem produz calor e nem energia térmica e, por ser um isolante térmico, dificulta a troca de calor entre a pessoa, que está envolvida por ele, e o ambiente com temperatura inferior, daí a pessoa se sente aquecida.

Um grupo de alunos, correspondendo a 15% de alunos da turma A, respondeu que o **cobertor de lã é quente**, mas que não produz calor, mostrando que o senso comum prevalece mesmo após as interações durante a aula.

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 entender que calor é uma forma de energia transferida de um corpo para outro devido à diferença de temperatura entre eles, é também importante compreender que a matéria não contém calor. O escasso uso da linguagem científica dificulta o entendimento. Popularmente os alunos costumam utilizar os termos “estou com calor” para se referirem a dias de altas temperaturas e não é tão simples a construção do conceito de calor como estando associado à transferência de energia térmica entre os corpos. A matéria contém energia e não calor. A energia é transferida espontaneamente de um corpo a outro, sempre do corpo que está com a temperatura mais elevada para o corpo vizinho que está com a temperatura mais baixa.

Na segunda etapa da aula trabalhamos o conceito de propagação de calor por condução a partir de uma segunda demonstração, nomeada como 1B. Os materiais utilizados nesta prática foram os seguintes: colheres com cabo de metal, colheres com cabo revestido de plástico, um ebulidor e um recipiente de vidro (para água aquecida).

Para dar início as interações foram propostas as seguintes questões problematizadoras conforme recomendado por Carvalho (2013).

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 os cabos das colheres, colheres de metal e colheres com cabos revestidos de plástico, estando todas elas com a base em contato com uma fonte térmica, no caso água aquecida. Veja figura 5.



Figura 5 - Participação dos alunos na demonstração 1B. Mergulhando-se colheres com diferentes tipos de cabos em uma vasilha com água quente.

Os alunos deveriam anotar suas observações e nos pequenos grupos discutir o observado nas duas situações e explicar suas observações, procurando relacioná-las com o modelo microscópico da matéria abordado nas aulas de química.

As tabelas 5 e 6 apresentam as transcrições de falas dos alunos da turma B durante o e da turma C no desenvolvimento da demonstração 1B. As falas dos alunos da turma A ficaram inaudíveis e não foi possível transcrevê-las.

Tabela 5 - Trechos da discussão ocorrida na turma B, durante o 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 a colher 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>

Tabela 6 - Trechos da discussão ocorrida na turma C durante o 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	<i>Perguntando aos alunos que seguravam a colher com cabo revestido de plástico: 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 térmica 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 foi pedido aos alunos que também registrassem as suas observações, os trechos da atividade de sistematização apresentados a seguir mostram as concepções de alguns alunos da 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 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”.

A análise das falas dos alunos e das respostas escritas demonstra haver compreensão do fato do metal ser um bom 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 era transferida da parte da colher imersa na água quente para a outra parte da colher (o cabo), que não estava mergulhado na água quente.

É bem estabelecido que quando um 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.

A figura 6 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.

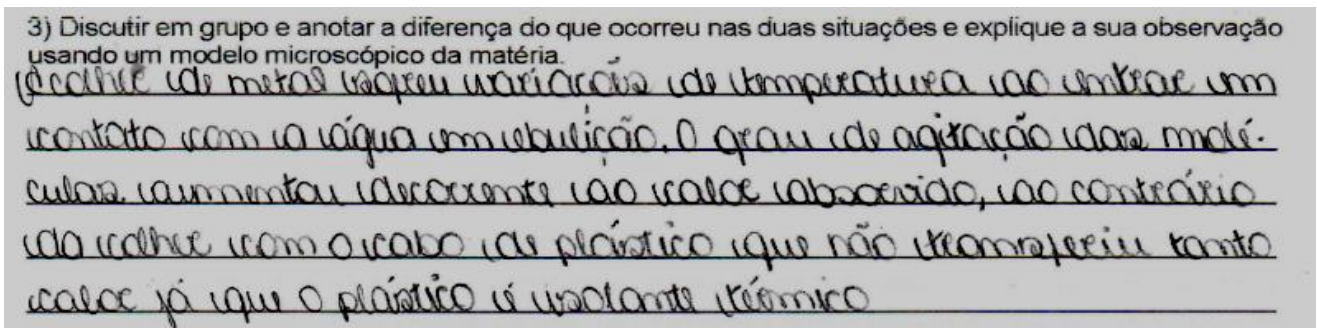


Figura 6 - Resposta de um grupo de alunos da turma B sobre propagação de calor por condução.

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 atividade demonstra ter havido um entendimento de que a condutividade térmica dos materiais é a responsável pela sensação que causa de ser mais frios que outros, mesmo estando à mesma temperatura. Todos os alunos citaram o piso de ladrilho como bom condutor e a madeira como isolante. A tabela 7 apresenta as transcrições de algumas interações discursivas ocorridas na turma B.

Tabela 7 - Transcrições de interações discursivas 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, a demonstração 1C.

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. O sistema montado é apresentado na figura 7.



Figura 7 - Tachinhas fixadas com parafina em uma haste metálica.

Após a observação, os alunos argumentaram sobre a forma que a energia térmica estava se propagando. Durante toda a aplicação da sequência foi estimulado que os alunos argumentassem e apresentassem hipóteses, entendendo que essa etapa compõem o ensino por investigação (MAUÉS e LIMA, 2006; AZAVEDO, 2006). 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? (De que forma a energia vai se propagando?)**

Na figura 8 é apresentada a participação dos alunos durante a realização da atividade.



Figura 8 - Participação dos alunos na demonstração 1C de propagação de calor por condução.

Neste momento os alunos já estavam bastante envolvidos na aula, muitos querendo colaborar. A função da professora naquele momento foi de incentivá-los e orientá-los para que houvesse um ambiente propício para 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 energia na haste metálica. Já no início da demonstração surgiram questionamentos, que com a participação de todos, foram enriquecidos. A tabela 8 apresenta trechos de interações discursivas ocorridas na turma B referentes a demonstração 1C.

Tabela 8 - 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 adequado às 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 térmicos devido ao fato dos seus átomos 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 suas estruturas não apresentam a mesma mobilidade.

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 porque os átomos da barra que estão em contato com a fonte térmica recebem calor 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 térmica poderia ser o processo responsável pelo aquecimento dos corpos a fim de contextualizarem o conhecimento, conforme recomendado por Carvalho (2013). As situações mais citadas por eles foram: o aquecimento da colher em contato com a panela, o aquecimento da panela em contato com a chama e 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.

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, 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.

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 (MOREIRA, 2018), 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.

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. Ressalta-se que as 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 do presente trabalho 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.

Pelos resultados apresentados é possível inferir que houve construção de saberes por parte dos alunos que participaram dessa pesquisa, em relação aos conceitos de termodinâmica. Os conceitos vão sendo aprimorados e apropriados a partir da maior participação dos alunos. 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 tradicionais. O interesse em participar, ao invés de apenas observar se mostrou evidente, principalmente nas atividades de demonstração, se oferecendo para contribuir.

Diante dos resultados apontados pode-se dizer que a SEI 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 contribuiu sobremaneira para a abordagem dos conteúdos de Termodinâmica e as interações durante as aulas estreitaram as relações entre professora e os alunos e estes se mostraram muito mais participativos e à vontade para fazerem suas colocações.

Desenvolver e aplicar essa SEI foi um grande desafio e o crescimento foi verificado não apenas no desempenho dos alunos, mas também em nosso 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 forma de ensinar.

REFERÊNCIAS

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

Brasil. Mec. Ideb. (2019). Disponível em: <http://ideb.inep.gov.br/>. Acesso em: 23/11/2020.

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

_____. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e tecnológica (SEMTC). (2000). *Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio*. Brasília: MEC/Semtec.

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

Carvalho, A. M. P.; Santos, E.; Azevedo, M. C.; Date, M.; Fujii, S. & Nascimento, V. B. (1999). *Termodinâmica: um ensino por investigação*. São Paulo: Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.

Carvalho, A. M. P. (2013). 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. p. 1 -20.

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

Carvalho, A. M. P. (2014). Introdução. In: Carvalho, A. M. P. (Org.) *Calor e temperatura: um ensino por investigação*: São Paulo: Editora Livraria da Física.

Carvalho, A. M. P. (2006). 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.

Costa, L. G.; Barros, M. A. (2019). O ensino de física no Brasil: Problemas e desafios DOI: 10.36229/978-85-7042-166-1. CAP.16. p. 112- 122. In: *Educação no Século XXI - Volume 39 – Matemática, Química, Física/Organização*: Editora Poisson Belo Horizonte - MG: Poisson.

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

Lima, M. E. C; Martins, M. C. C; Munford, D. (2008). *Ensino de Ciências por investigação*. V.2, p.84 - 89. – ENCI: módulo. Belo Horizonte. UFMG/FAE/CECIMIG.

Maués, E. e Lima, M. E. C. C. (2006). Atividades Investigativas nas séries iniciais. *Presença Pedagógica*, v.12, n.72.

Minas Gerais. Secretaria do Estado de Educação. (2007). *Conteúdo Básico Comum: CBC Física*. Belo Horizonte, 60 p.

Moreira, M. A. (2018). Uma análise crítica do ensino de Física. *Estudos Avançados*, 32(94),73-80. <https://doi.org/10.1590/s0103-40142018.3294.0006>.

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

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