



ENSINANDO CONDUÇÃO TÉRMICA PARA O ENSINO FUNDAMENTAL

TEACHING TERMIC CONDUCTION FOR ELEMENTARY SCHOOL

DELZIMAR PRATES ALVES¹, OLAVO LEOPOLDINO DA SILVA FILHO²,
MARCELLO FERREIRA², MARCOS ROGÉRIO MARTINS COSTA²

¹Centro Educacional Estância III - Planaltina DF

²Instituto de física, Universidade de Brasília, UnB

Resumo

Por meio de um levantamento de pesquisas realizadas nos últimos cinco anos, verificamos que os conceitos da termodinâmica ensinados utilizando-se a metodologia do ensino por investigação ainda se concentram no ensino médio. Este trabalho buscou suprir em parte essa lacuna, ao buscar acessar os alunos do ensino fundamental a partir de um ensino mais investigativo e ativo no campo da termodinâmica. Neste sentido, o objetivo foi saber como as atividades baseadas no ensino por investigação e na aprendizagem significativa de Ausubel poderiam proporcionar uma melhor compreensão das formas de propagação de calor. Focou-se no ensino das formas de propagação de calor visando a habilidade (EF07CI03) da Base Nacional Comum Curricular. A sequência didática utilizada propôs uma atividade investigativa sobre condução térmica baseada no modelo de Monk e Dillon. A pesquisa foi feita com alunos do 7º ano de uma escola pública do Distrito Federal. A teoria de Ausubel foi relevante para orientar o planejamento das atividades investigativas traçando ações, como a necessidade de organizadores prévios, para que os alunos tivessem subsunçores suficientes para elaborar a argumentação durante a aplicação da atividade investigativa. Ao final, os resultados mostraram que os alunos compreenderam adequadamente o que são condutores e isolantes térmicos.

Palavras-chave: Propagação de calor. Ensino por investigação. Aprendizagem significativa.

Abstract

Through a survey of researches carried out in the last five years, we verified that the concepts of thermodynamics taught using the methodology of teaching by investigation are still concentrated in high school. This work sought to partially fill this gap, by seeking to access elementary school students from a more investigative and active teaching in the field of thermodynamics. In this sense, the objective was to know how Ausubel's activities based on inquiry-based teaching and meaningful learning could provide a better understanding of the forms of heat propagation. It focused on teaching the forms of heat propagation targeting the skill (EF07CI03) of the National Common Curricular Base. The didactic sequence used proposed an investigative activity on

thermal conduction based on the Monk and Dillon model. The research was carried out with 7th grade students from a public school in the Federal District. Ausubel's theory was relevant to guide the planning of investigative activities, tracing actions, such as the need for previous organizers, so that students had enough subsumers to elaborate arguments during the application of the investigative activity. In the end, the results showed that the students adequately understood what thermal conductors and insulators are.

Keywords: Heat propagation. Inquiry-based teaching. Meaningful learning.

I. INTRODUÇÃO

O ensino comumente praticado nas aulas de ciências ainda hoje se fundamenta na memorização de fórmulas e/ou conceitos, ou em práticas experimentais que tem por objetivo a mera comprovação da teoria. Isso é feito em detrimento de um ensino que estimule a investigação, no qual os alunos possam vivenciar os processos de produção do conhecimento científico. Isso pode ser corroborado pela ausência de trabalhos direcionados para as séries finais do ensino fundamental que abordem o ensino por investigação.

Por meio de um levantamento feito por meio de periódicos (Revista Brasileira de Ensino de Física e Revista Investigações em Ensino de Ciências), atas do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC) e o banco dissertações e teses, buscamos compreender o estado da arte das pesquisas fundamentadas no ensino por investigação e que trabalharam os conceitos de calor, temperatura e propagação de calor envolvidos na área da termodinâmica no ensino fundamental, séries finais. Percebemos que dentro do nosso escopo de pesquisa não foram desenvolvidos trabalhos direcionados para as séries finais do ensino fundamental, mas apenas para o ensino médio, como, por exemplo, as seguintes pesquisas: FALCOMER, GUIMARÃES e SILVA, 2017; MARTINS, FERNANDES e GOMES, 2017; DURÃES, XAVIER e SOARES, 2017; FEITOSA e MENEZES, 2015; PEREIRA e ABIB, 2015; SEFERIN, ALVARENGA e AMBRÓZIO, 2015.

Considerando esse contexto e com o objetivo de que as aulas de ciências possam proporcionar ao aluno essa vivência do processo de produção da ciência, consideradas suas adaptações ao espaço escolar, trazemos, neste trabalho, a proposta do ensino por investigação.

Nela buscamos compreender como as atividades baseadas no ensino por investigação e na aprendizagem significativa de Ausubel podem proporcionar uma compreensão significativa das formas de propagação de calor. O nosso objetivo geral foi que ao final da aplicação da sequência didática, os alunos pudessem compreender significativamente as formas de propagação de calor trabalhando a habilidade (EF07CI03) da Base Nacional Comum Curricular (BNCC):

(EF07CI03) Utilizar o conhecimento das formas de propagação do calor para justificar a utilização de determinados materiais (condutores e isolantes) na vida cotidiana, explicar o princípio de funcionamento de alguns equipamentos (garrafa térmica, coletor solar etc.) e/ou construir soluções tecnológicas a partir desse conhecimento. (BRASIL, 2018, p. 347)

Assim, essa habilidade, ao ser trabalhada em sala de aula com o ensino por investigação poderá permitir um ensino mais contextualizado. Segundo Lutfi *apud* Leite, Wenzel e Radetzke 2020, p. 227: a contextualização é mais do que a mera ligação entre conceitos cotidianos e científicos, deve promover a compreensão de problemas sociais e contribuir para que o aluno consiga intervir no meio em que vive. Assim o aluno poderá compreender situações cotidianas como o uso de determinados materiais isolantes térmicos em utensílios domésticos.

A seguir dividimos nosso trabalho em quatro seções: na seção II, abordaremos o referencial teórico utilizado neste trabalho (esta seção se subdivide em II.1 o ensino por investigação em ciências e II.2 características do amálgama entre Ausubel e Lipman); na seção III, apresentaremos o percurso metodológico; faremos, na seção IV, a discussão dos resultados (subdivide-se em IV.1 análise da discussão do primeiro experimento e IV.2 análise da discussão do segundo experimento) e teceremos, na seção V, as considerações finais.

II. REFERENCIAL TEÓRICO

I. O Ensino por Investigação em Ciências

O método de ensino por investigação aproxima o aluno do próprio processo de produção da ciência com seu levantamento de hipóteses, manipulação de variáveis e elaboração de modelos explicativos. Ao se planejar um ensino baseado na investigação, este se afasta de uma aprendizagem baseada na memorização e se aproxima de um ensino em que o aluno é estimulado a desenvolver seu raciocínio e argumentação. Para Scarpa, Batistoni e Silva,

ao se considerar a investigação uma das características centrais da produção do conhecimento científico, utilizá-la nas aulas de Ciências é uma maneira de ensinar não só o conteúdo científico, mas também as características que compõem a natureza desse conhecimento, além de utilizar a linguagem argumentativa, contemplando os três eixos estruturantes da alfabetização científica (SCARPA, BATISTONE e SILVA, 2019, p. 132).

Assim, a adoção desta metodologia transcende a aprendizagem somente de conceitos científicos, fornecendo aos estudantes um vislumbre importante da própria natureza do conhecimento científico. Um ensino que vai além do que comumente é feito com o objetivo de memorização de fórmulas e/ou conceitos.

O ensino por investigação pode trazer a vivência com o fazer científico. Segundo Baptista (2016), tal ensino se concretiza nas atividades de investigação. A autora, em sua obra, elenca várias pesquisas sobre como desenvolver estas atividades. Neste trabalho, abordaremos uma delas: trata-se da abordagem de Monk e Dillon (*apud* Baptista, 2016), que classifica as atividades por meio do seu grau de abertura. A Figura 1 (Batista, 2016, p. 95) resume as ideias destes autores.

Segundo Monk e Dillon (*apud* Baptista, 2016), o professor deve considerar essas três fases para delimitar, na construção de sua sequência didática, o grau de abertura das atividades de investigação. Optamos, na nossa pesquisa, por atividades investigativas mais fechadas,

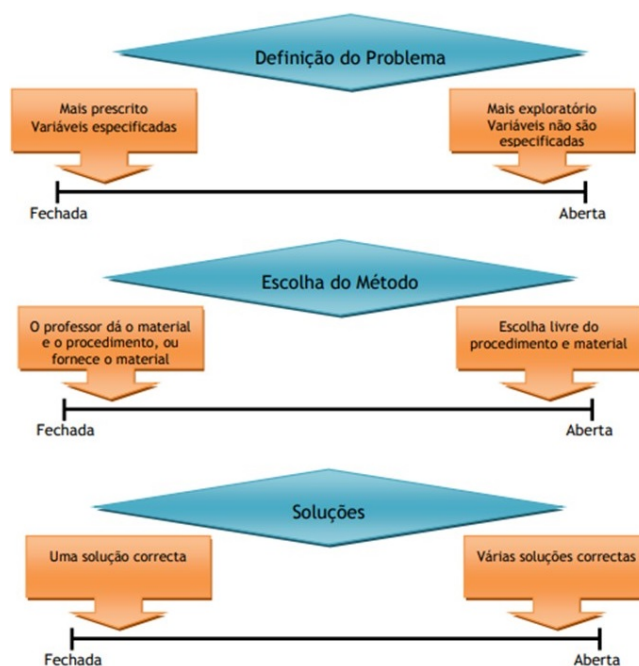


Figura 1: : Graus de definição do problema, escolha do método e apresentação das soluções. Fonte: Baptista (2016, p. 95).

em função da faixa etária dos alunos e de sua conseqüente menor autonomia na resolução de problemas, e também porque as atividades envolvem a manipulação de altas temperaturas.

Para Munford, Castro & Lima (2007, p. 100), conforme o documento *Investigação e os Parâmetros Curriculares Nacionais de Ciências: Um Guia para Ensino e Aprendizagem* é essencial, para que ensino por investigação seja bem sucedido, que os estudantes:

- engajem-se com perguntas de orientação científica;
- dêem prioridade às evidências ao responder questões;
- formulem explicações a partir de evidências;
- avaliem suas explicações à luz de outras alternativas, em particular as que refletem o conhecimento científico;
- comuniquem e justifiquem explicações propostas.

Note-se que todas essas orientações se conformam exatamente àquelas que haurimos da síntese entre Ausubel e Lipman, como veremos mais adiante, indicando a considerável naturalidade com que os referenciais teóricos adotados se amálgamam entre si.

Tal metodologia de ensino por investigação, entretanto, depende de um nível mais profundo de fundamentação teórica, uma vez que se trata de uma tecnologia de ensino que pode se ancorar nas mais diversas abordagens descritivo-psicológicas e/ou normativo-educacionais (SILVA FILHO et al. 2021). Segundo os autores Silva Filho et al. (2021, p. 9), enquanto as teorias psicológicas de aprendizagem são de natureza (predominantemente) descritiva; as teorias pedagógicas, as teorias de educação e as metodologias de ensino são

de natureza (predominantemente) normativa. Assim, como pano de fundo de nossas ações, no que concerne à dimensão descritivo-psicológica, adotamos a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), de David Ausubel. Como seu desdobramento natural, adotamos ainda o amálgama da TAS, com as perspectivas de Lipman, na complementação da perspectiva descritivo-psicológica por uma prescritiva-educacional (SILVA FILHO e FERREIRA, 2018).

Na seção a seguir, apresentamos a TAS em suas principais características, articulando-as com a abordagem de Lipman.

II. Características do Amálgama entre Ausubel e Lipman

Para Ausubel a aprendizagem significa organização e integração do material na estrutura cognitiva do aprendiz. (MOREIRA, 1999, p.150). Assim, no âmbito da TAS, existe a aprendizagem significativa e a aprendizagem mecânica, como polos de um *continuum* de possibilidades de aprendizagem. A aprendizagem significativa, nosso objetivo, ocorre quando o processo envolve a interação da nova informação com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel define como conceito subsunçor, ou simplesmente subsunçor, existente na estrutura cognitiva do indivíduo (MOREIRA, 1999, p. 151).

O subsunçor, segundo Moreira (2012, p. 30), é o nome dado a um conhecimento específico, existente na estrutura de conhecimento do indivíduo, que permite dar sentido a um novo conhecimento que se apresenta a ele ou que é descoberto por ele. Serve como ideia âncora para novos conhecimentos.

Ausubel traz três tipos de aprendizagem significativa: a aprendizagem representacional; por conceitos e a proposicional. (MOREIRA, 1999, p. 155).

Outro ponto importante da TAS é o conceito de assimilação. Segundo ele, trata-se de um processo que ocorre quando um conceito ou proposição, potencialmente significativo, é assimilado sob uma ideia ou conceito mais inclusivo, já existente na estrutura cognitiva, como um exemplo, extensão, elaboração ou qualificação do mesmo (MOREIRA, 1999, p. 156).

Para que ocorra a aprendizagem significativa, Moreira (2012) traz duas condições: que o material seja potencialmente significativo e a que haja predisposição do estudante para aprender. Um material, portanto, não é significativo em si mesmo. O processo de significação ocorre sempre a partir de uma relação entre o material e a estrutura cognitiva do aluno. Faz-se necessário, para que o potencial de significação do material se converta em verdadeira significatividade, que o aluno possua, em sua estrutura cognitiva, conceitos nos quais esse material possa se ancorar. Tais âncoras cognitivas são chamadas de subsunçores e são condição *sine qua non* para que uma verdadeira aprendizagem significativa possa ocorrer. É a partir dessa estrutura cognitiva que se torna possível ao aluno relacionar os novos conhecimentos, de forma não arbitrária e não literal, com os conhecimentos prévios. (MOREIRA, 2012, p. 36).

A TAS pode se relacionar com a teoria de educação de Lipman a partir da introdução, por este último, das Comunidades de Investigação e o Pensamento de Ordem Superior (SILVA FILHO e FERREIRA, 2018). Lipman concretiza a ideia de aprendizagem significativa ao propor quatro habilidades (raciocínio, formação de conceitos, investigação e tradução) necessárias para o desenvolvimento do Pensamento de Ordem Superior. Elas, por sua vez,

devem ser articuladas a partir das comunidades de investigação, que introduzem o processo dialógico na aprendizagem. Tais comunidades

se estabelecem a partir de um diálogo no qual os conteúdos são inicialmente apresentados a partir das próprias suposições dos alunos (ou seja, em termos Ausubelianos, seus subsunçores, que agora passam ser compartilhados por intermédio das comunidades de investigação). (SILVA FILHO e FERREIRA, 2018, p. 113).

Os subsunçores citados anteriormente, que servirão de âncora para os novos conhecimentos, devem ser trabalhados, na perspectiva do amálgama TAS-LIP, a partir das comunidades de investigação, uma vez que, por meio das comunidades de investigação, é possível reposicionar as concepções dos alunos ao colocá-los em contato com perspectivas diferentes (SILVA FILHO e FERREIRA, 2018, p. 113). Com a dialogia, é possível introduzir o desenvolvimento das habilidades propostas por Lipman no contexto da aprendizagem significativa.

III. METODOLOGIA

Nosso objetivo, considerando o referencial teórico adotado, foi propiciar aos alunos uma aprendizagem significativa sobre propagação de calor. Consideramos que os alunos (do 7º ano) já tinham alguns subsunçores na sua estrutura cognitiva, pois foi previamente trabalhado com eles os conceitos de calor, de temperatura e de transferência de energia térmica, tanto de forma macroscópica, quanto microscópica, por meio do registro escrito e de desenhos.

Os conhecimentos prévios que esperávamos que eles tivessem estão no mapa conceitual apresentado na Figura 2.

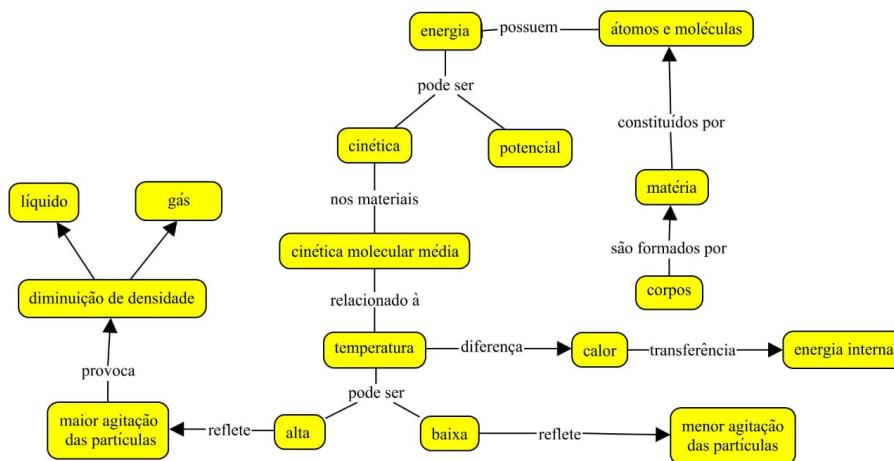


Figura 2: Mapa Conceitual dos subsunçores desejados.

Foi aplicado um questionário para o levantamento desses subsunçores. Na Figura 3 apresentamos um mapa conceitual relacionado aos conceitos que desejamos ensinar, e que foi diretor da construção do mapa conceitual referente aos subsunçores desejados. Nele está presente a propagação de calor por convecção térmica, ainda que a atividade investigativa completa não tenha sido feita somente sobre condução térmica.

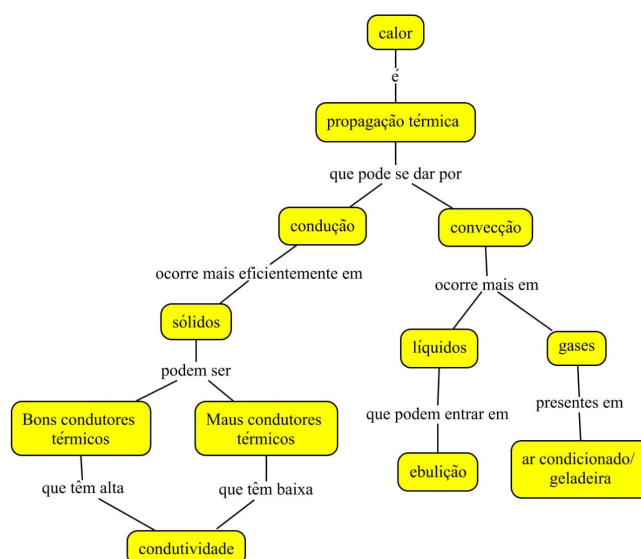


Figura 3: Mapa Conceitual dos conceitos a ensinar.

A partir deste mapa foi construída a atividade investigativa. A pesquisa foi realizada com 30 alunos de uma turma do 7º ano em uma escola de Planaltina DF. Entretanto, participaram, efetivamente, apenas 16 alunos. Devido à pandemia, a turma foi organizada em duas equipes (verde e amarela), que se alternavam em cada semana. Na Tabela 1 apresentamos uma síntese da atividade investigativa.

Aula 1- experimento 1 (2 aulas de 35min)	
Ações	Apresentação das questões problematizadoras: 1- Por que as panelas de ferro que compramos possuem os cabos de madeira? 2- Ana colocou uma panela de cerâmica para cozinhar um feijão e uma panela de inox para cozinhar o arroz. A panela de inox rapidamente estava quente para colocar o arroz. Como você explica o que aconteceu a partir de suas observações e do material que compõem cada panela?
	Realização do experimento pela docente: Derretimento da margarina em diferentes materiais: colheres de pau, ferro, plástico imersas parcialmente na água quente.
	Discussão do experimento 1
Aula 2- experimento 2 (2 aulas de 35min)	
Ações	Retomada das questões problematizadoras apresentadas na aula anterior e comparação pelos alunos do derretimento do gelo em diferentes materiais.
	Realização do experimento pela docente: Derretimento do gelo em diferentes materiais: madeira, plástico, alumínio e vidro.
	Discussão do experimento 2.
	Avaliação final (questões abertas)

Tabela 1: Síntese da aplicação da atividade investigativa sobre condução de calor.

Os experimentos foram feitos de forma demonstrativa pela professora regente, devido à impossibilidade de manipulação dos materiais pelos alunos em grupo, e pelo fato de o experimento envolver materiais em altas temperaturas, ensejando perigo para alunos da faixa etária em questão.

A atividade investigativa foi aplicada em duas semanas. Na primeira, com o grupo verde,

e na segunda, com o grupo amarelo. Aqui os resultados serão analisados considerando a turma como um só grupo, uma vez que se tratava, de fato, de um mesmo conjunto razoavelmente homogêneo de indivíduos, separados apenas por uma conveniência sanitária.

Estavam presentes 8 alunos do grupo verde e 8 do amarelo. Para apresentação dos diálogos, os alunos serão identificados usando códigos A1, A2, A3, ... (grupo verde) e B1, B2, B3, ... (grupo amarelo), visando preservar a identidade dos participantes da pesquisa. Usamos as gravações das aulas em áudio e registro escrito realizado no decorrer da aplicação da sequência didática. Os resultados foram analisados a partir do registro escrito dos alunos e da análise dos diálogos feitos entre professora e alunos. Essa escolha foi baseada no referencial teórico adotado, que seleciona a dialogia como mecanismo precípua de veiculação da aprendizagem significativa, por intermédio da construção, em sala de aula, de uma Comunidade de Investigação.

IV. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Inicialmente foi aplicado um questionário para os 16 alunos, com o intuito de fazer o levantamento dos subsunçores em suas estruturas cognitivas que, como vimos, é, segundo a teoria de Ausubel, crucial para identificar ideias que servirão de âncora para novos conhecimentos (MOREIRA, 2012, p.39). A partir dos resultados do questionário foi possível direcionar as ações para elaboração da atividade investigativa. A seguir apresentaremos os resultados dos dois experimentos realizados durante a atividade investigativa.

I. Análise da discussão do primeiro experimento

A apresentação dos diálogos segue a perspectiva teórica adotada que elegeu este elemento como fundamento do ensino e da aprendizagem significativa. Trechos do diálogo do primeiro experimento com o grupo verde e amarelo estão apresentados na Tabela 2.

Foram, então, apresentadas as questões problema para que os alunos tivessem um ponto inicial para elaborar suas hipóteses explicativas, apresentarem conclusões e avaliarem seus argumentos, condizente com o método investigativo e a proposta de Lipman.

Como podemos observar, na Tabela 2, os alunos usaram conhecimentos prévios trabalhados anteriormente para formular seus argumentos, como aquele da transmissão de energia, da matéria formada por partículas e do calor como associado ao grau de agitação das partículas, o que permitiu que eles não permanecessem somente na observação macroscópica, mas pudessem pensar a partir de uma perspectiva microscópica sobre a constituição dos materiais inclusive. Isso ensejou, por exemplo, a explicação de que o metal é um bom condutor, como disse o grupo verde, pela forma rápida ou lenta em que a condução ocorre. Isso, de certa maneira, é um indício de aprendizagem significativa, pois mostra que os novos conhecimentos estão sendo ancorados de maneira não-arbitrária na estrutura cognitiva dos alunos (MOREIRA, 1999). Em outro diálogo, o grupo verde chega à conclusão de que a madeira é um mau condutor:

Grupo Verde	Grupo Amarelo
<p>A1: Não é um bom condutor de calor. Professora: O que não é um bom condutor de calor? A1: Como se fosse...o calor transmitisse calor mais facilmente. Professora: Pra você o que significa essa palavra? A1: Condutor então vai passar energia de uma coisa para outra. Professora: Vamos ajudar o Guilherme? Isso aqui é o que ele está vendo macroscopicamente, macroscopicamente é o que estou visualizando a partir do que fizemos ali e microscopicamente como poderia fazer isso? Como poderia explicar isso aqui microscopicamente? Primeira coisa o que tem aqui dentro desse copo? A1 e A2: água quente. Professora: E o ferro ele está em contato com quem? O que está acontecendo para ele ser um bom condutor de calor se eu conseguisse visualizar microscopicamente? A1: a água está passando energia para o ferro. Professora: Como ela está passando energia para o ferro se eu conseguisse visualizar microscopicamente? Como é a água microscopicamente? A2: a água é umas gotinhas. Professora: Como eu represento umas gotinhas? A1: as partículas? Professora: As partículas como eu posso representar? Posso fazer bolinhas assim? Como é o nome da molécula de água? A1: H₂O. Professora: E aí a água está entrando em contato com quem? A1: com o metal. Professora: Como posso representar o metal? Posso representar o metal da mesma forma que a água? A2: Não. Professora: Por que não posso representar da mesma forma que a água? A2: Por que as partículas são diferentes.</p>	<p>Professora: qual o problema de eu falar que a temperatura está passando? Eu posso falar que ela está passando? Alunos: não. Professora: o que que passa de um corpo para outro? Tenta responder as duas perguntas de acordo com que vocês estão pensando. B1: professora essa colher é de alumínio mesmo? Metal? Professora: metal. Alumínio. B1: No meu pensamento os átomos do metal aquecem mais rápido, recebem o calor mais rápido que as outras. B2: eu pensei nisso. B1: os átomos de alumínio aquecem mais rápido do que a de plástico e muito mais rápido do que a de madeira. Professora: Como a gente poderia representar os átomos de alumínio em contato com a água. As moléculas de água estão em contato com os átomos de alumínio. E como está sendo essa interação dos dois aí? O que está acontecendo com um e com o outro? B1: Na minha cabeça obviamente os átomos da colher de plástico, da de madeira e de metal são diferentes. Acho que os de alumínio tem uma aceitação maior com as moléculas de água. As moléculas da água estão aquecidas. Professora: Quando elas estão aquecidas como é que está agitação das moléculas de água? B1: mais rápida.</p>

Tabela 2: *Discussão do experimento 1.*

Professora: Por que você afirmou pra mim que não é um bom condutor de calor?

A1: a Madeira.

Professora: Se a madeira não é um bom condutor de calor e o ferro? E o ferro é o que?

A1: é um excelente condutor de calor.

Professora: é um excelente condutor de calor?

A2: sim.

Neste diálogo, eles já percebem que a condutividade térmica é diferente entre os materiais usados no experimento. No entanto, ainda ocorre uma confusão (grupo verde e amarelo) inicial em compreender a condução térmica, considerando que a temperatura da água era diferente para cada material, ou que a temperatura passa de um material para o outro, como apresentado na tabela 3.

Grupo verde	Grupo amarelo
<p>A2: A temperatura do ferro estava diferente para madeira. Professora: a temperatura do ferro estava diferente para madeira? Ou estão na mesma temperatura? A2: o ferro é uma coisa a madeira é outra. Professora: Mas se eles estão no mesmo ambiente eles terão a mesma temperatura? Quem está transferindo energia para quem ali? A1: a água. Professora: a temperatura da água é a mesma tanto para o ferro e a mesma para madeira? A2: eu não sei como dizer isso. Professora: o que é temperatura? A1: temperatura é a agitação das partículas. Professora: isso. É a agitação das partículas. Se temperatura é a agitação das partículas e essa água aqui a temperatura dela está a mesma tanto para o ferro quanto para madeira quanto para o plástico então quer dizer que a transferência de energia é diferente? A1: sim. A2: Porque o ferro transmite mais fácil. Professora: Transmite o que? A1: Transmite energia, calor. Professora: Calor ou energia? Qual diferença de um para outro? A3: energia vem da água. Professora: Que energia vem da água? A2: a energia das moléculas de água. Professora: Elas têm energia quanto está quente? Essa energia passa de quem para quem? A1: A água passa energia para a colher.</p>	<p>B1: a temperatura da água vai passar para colher de metal. Professora: a temperatura passa de um lugar para o outro? Alunos: não. B1: dependendo da situação pode. B3: vai se igualando as duas temperaturas. B4: a temperatura quente da água passou para colher.</p>

Tabela 3: discussão do experimento 1 - continuação.

É comum os alunos confundirem temperatura com calor, inclusive usando os dois conceitos como sinônimos (SILVA, FERNANDES NETO e CARVALHO *apud* GOMES et al., 2003). No grupo verde, logo após a docente intervir no raciocínio dos alunos, como preconizado pela abordagem educacional de Mathew Lipman, eles começaram a perceber que o conceito

de calor é diferente daquele de temperatura, inclusive expondo o conhecimento prévio adquirido de que a temperatura está associada ao grau de agitação média das partículas e pensando no calor como um trânsito de energia de um corpo para outro.

Em outro trecho os alunos já passaram a articular a condução de calor com a velocidade com que a energia envolvida é propagada pelo material, como pode ser visto no diálogo a seguir:

Professora: Então posso dizer que ele (ferro) transmite mais fácil o calor ou a energia?

A2: transmite mais fácil energia.

Professora: Da água para o ferro. Qual a conclusão podemos chegar? Por que a panela de ferro tem cabos de madeira?

A2: para não queimar mão.

Professora: Como a ciência explica? Por que eu escolho cabo de madeira e não cabo de ferro?

A2: Porque a madeira não transmite energia.

Professora: a madeira não transmite energia.

A1: transmite devagar.

Professora: Não transmite energia ou transmite devagar? A madeira transmite devagar como o A1 falou. Por isso eu falo que a madeira é o que?

A3: um condutor ruim de calor.

A2: um mau condutor.

Um dos nossos objetivos era desenvolver nos alunos a habilidade de identificar os materiais bons e maus condutores, pensando também no que não estavam visualizando, que é a dimensão microscópica e seus efeitos explicativos no comportamento macroscópico, o que, efetivamente ocorreu. Além disso, eles foram capazes de pensar em algumas variáveis que poderiam influenciar no resultado do experimento, como podemos ver no diálogo abaixo:

B5: a diferença das colheres serem mais finas tem alguma diferença?

Professora: tem. A espessura do material vai diferenciar em relação ao que? De acordo com que a gente falou aqui?

B3: com o número de moléculas?

Professora: Por que a massa do material é maior. Por isso que quando eu peguei as minhas colheres vocês podem reparar que eu peguei as colheres do mesmo tamanho. A espessura poderia influenciar em que Sarah?

B3: uma poderia esquentar mais rápido.

Professora: estou falando de espessuras diferentes.

B4: vamos pegar essa colher aqui professora e colocar em outra vasilha?

Os alunos perceberam que a espessura do material pode influenciar na condutividade térmica, ao alterar a velocidade da transferência de energia. Por razões de limitação de tempo, não foi possível discutir essa variável em sala, mas a professora colocou pode apresentar uma variação do experimento, implicando diferentes espessuras dos materiais envolvidos, para que os alunos testassem a hipótese deles.

Conforme Zômpero e Laburú (2011, p.68), a perspectiva do ensino com base na investigação possibilita o aprimoramento do raciocínio e das habilidades cognitivas dos alunos, e também a cooperação entre eles, além de possibilitar que compreendam a natureza do trabalho científico. Podemos confirmar isso pela análise das falas dos alunos, em que, juntos, buscavam explicações aos problemas propostos e até mesmo na formulação de hipóteses, como neste último diálogo em que o aluno ajudou a colega a pensar em como a condutividade térmica pode ser diferente dependendo da espessura do material.

II. Análise da discussão do segundo experimento

Na Tabela 4 apresentamos alguns diálogos que ocorreram ao longo da apresentação do segundo experimento.

Grupo verde	Grupo amarelo
Professora: o que está acontecendo com esta energia das partículas entrando em contato com o gelo? A3: elas estão recebendo mais... Professora: quando entrarem em contato o que vai fazer? A2: as partículas de metal vai deixar as partículas de água mais agitadas Professora: 25min para o gelo derreter na madeira. Quem derreteu primeiro? A3: o alumínio. Professora: se ele derreteu primeiro ele é um bom o que? A3: condutor térmico. Professora: por que eles são bons condutores? Interação de uma partícula com a outra? A energia que está sendo transferida do alumínio para o gelo é mais rápida ou mais lenta? A3: mais rápida. Professora: e madeira como é a condução de energia dela? Alunos: mais devagar. Professora: quando a condução de energia é mais devagar eu chamo de que? A1: mau condutor. Professora: mau condutor são isolantes térmicos.	B5: o alumínio absorve calor mais rápido. Professora: então a energia no alumínio é propagada mais rápido ou mais lento? Alunos: mais rápido. Professora: por que no alumínio é propagado mais rápido? B1: Porque os átomos do alumínio têm uma aceitação maior. Professora: vocês ouviram o que o Samuel Vi-tor falou? Ele falou que os átomos do alumí-nio têm uma aceitação maior que os átomos que forma o plástico, o vidro, a madeira. Tem aceitação maior de que? B3: calor. Professora: o calor está passando de quem para quem? B5: da bandeja para o gelo. Professora: então a bandeja está passando calor, transferindo energia né? Quando a gente transfere calor não transfere energia? Transferindo energia térmica da bandeja para o gelo. B1: aí conforme a energia passa de um para outro as moléculas de gelo começa se agitar mais e o gelo vai derreter e virar água de novo. Professora: quem vai passar essa energia para o gelo? B5: a bandeja de alumínio. Professora: ela que vai passar essa energia. Quando a bandeja de alumínio vai passar para o gelo desses quatro materiais que eu co-loquei qual seria o melhor condutor de calor? B1: o alumínio.

Tabela 4: discussão do segundo experimento.

Os dois grupos novamente conseguiram concluir que os diferentes materiais possuem

condutividade térmicas diferentes portanto, permitindo classificá-los em condutores ou isolantes térmicos. Note-se, ainda, que eles usaram os subsunçores trabalhados previamente, usando termos como moléculas e átomos ao se referir aos constituintes de cada material. Do mesmo modo, referiram-se à energia em trânsito ao fazer menção ao conceito de calor.

Entretanto, não foi possível abordar as subpartículas dos átomos como os elétrons. Conforme Hewitt (2002, p. 281), os sólidos formados por átomos com um ou mais de seus elétrons mais externos fracamente ligados, são bons condutores de calor (e de eletricidade). Os metais possuem os elétrons externos mais fracamente ligados, que são livres para transportar energia por meio de colisões através do metal. Por essa razão eles são excelentes condutores de calor e de eletricidade.

Os subsunçores que eles possuem são aqueles do modelo atômico de Dalton, que não abrange as subpartículas do átomo (elétrons, prótons, nêutrons), o que impediu o aprofundamento dos conceitos.

Finalmente, apresentamos a seguir o questionamento de um aluno sobre a temperatura do gelo quando está derretendo:

A4: hem professora qual temperatura o gelo vai atingir até ficar líquido?

Professora: Tanto que o gelo outra coisa que é importante vocês saberem...vocês se lembram que a matéria tem três estados físicos. Quais são os três estados físicos?

A1: liquido

A5: sólido

A3: gasoso.

Professora: quando ele tiver nesta fase de solido mais liquido ao mesmo tempo ele vai ficar na mesma temperatura só depois que todo gelo derreter que ele vai começar a aumentar a temperatura novamente. Como se ele ficasse a temperatura de 0° C o tempo todo.

Neste ponto a Professora interrompeu a aula para buscar um gráfico sobre a mudanças de estado físico.

Professora: vem cá A4! O gelo está na temperatura de 0 né? Então quando o gelo ficar sólido e liquido ele vai continuar na temperatura de 0, estável. Quando ele tiver aqui gelo e a água liquida vai continuar na temperatura de 0 quando derreter totalmente ele vai começar a aumentar a temperatura. Vocês entenderam que a temperatura fica constante? Quando passa de sólido para liquido ele não fica aumentando a temperatura, a temperatura ficará constante.

A4: Então quando ele ficar totalmente em estado líquido.

A atividade investigativa permitiu que não só os conteúdos previstos fossem abordados como também que os alunos pensassem sobre outros conceitos envolvidos como as mudanças de fase nos três estados físicos e a temperatura constante quando ocorre a mudança de estado físico. Esse é outro indício de aprendizagem significativa, pois mostra que o aluno está sendo capaz de transpor o conhecimento ensinado para contextos de articulação não apresentados.

Além da avaliação que foi feita ao longo do processo de aplicação das atividades investigativas com base no diálogo com os alunos, duas questões foram aplicadas com o

objetivo levá-los a pensar em outras situações problema a partir do conhecimento apreendido em sala de aula.

Na Tabela 5 temos os diálogos que emergiram da apresentação dessas duas questões. Apresentamos apenas os resultados com o grupo verde porque não foi possível desenvolver o mesmo com o amarelo por falta de tempo hábil para execução da avaliação.

Primeira Questão	Segunda Questão
<p>A população indígena esquimó que habita as regiões árticas desenvolveu habilidades que os fazem suportar a época de inverno, com temperaturas que podem alcançar até 20°C negativos. O iglu foi uma alternativa muito eficaz para garantir a sobrevivência durante a estação, por mais que seja muito contraditório dizer que uma casa de gelo te abriga do frio, é exatamente assim que acontece. (Texto adaptado: http://www.icelandcampos.com.br/iglu-o-abrigo-congelado-que-esquenta/). Como você explica essa casa de gelo proteger os esquimós do frio do inverno?</p>	<p>A baleia jubarte possui 17 metros e 40 toneladas. Possuem uma camada de gordura com 15 centímetros de espessura debaixo da pele. Fonte: https://www.natgeo.pt/estranho-mas-verdade/2018/05/como-e-que-estes-animais-conseguem-sobreviver-ao-frio. Com essas informações após a realização dos experimentos como você pode explicar ela sobreviver a temperaturas baixas?</p>
Diálogo com os alunos	Diálogo com os alunos
<p>Professora: vou impedir a transmissão de energia da parte de fora para parte interna porque o iglu também vai funcionar como um?</p> <p>Alunos: isolante térmico.</p> <p>Professora: o iglu vai impedir o que? Que eu não troque energia com o ambiente. Se eu não vou trocar energia com o ambiente o que vai acontecer com a minha temperatura?</p> <p>B1: ela vai se manter estável. Então no caso os cubos de gelo do iglu vai funcionar como isolante térmico porque a temperatura deles atingiu o grau máximo dali.</p> <p>Professora: peraí...para o gelo começar a derreter ele tem que atingir que temperatura?</p> <p>B1: 0° C.</p> <p>Professora: então se a temperatura está lá menos 20° C o gelo vai derreter?</p> <p>B1: não.</p> <p>Professora: então eu vou conseguir a manter a temperatura de que?</p> <p>B1: do gelo sem derreter. O que vai fazer com que eles vão ser maus condutores de calor para fazer o processo de transferência de energia seja mais lento.</p>	<p>Professora: o que esta camada de gordura da baleia interfere nela?</p> <p>B2: como isolante.</p> <p>Professora: vai impedir do calor sair de dentro dela e vai manter o que nela?</p> <p>B3: a temperatura dela.</p> <p>B1: sabe que eu lembrei? Da garrafa de café!</p> <p>Professora: vocês chegaram em uma conclusão né? Que a camada de gordura funciona como o que?</p> <p>B6: como isolante térmico.</p> <p>Professora: e o isolante térmico.</p> <p>B5: para que os órgãos dela não parem de funcionar.</p> <p>Professora: e o isolante térmico funciona como? Os isolantes térmicos funcionam como maus condutores. Então a condução de calor vai ser mais rápida ou mais lenta?</p> <p>B4: mais lenta.</p>

Tabela 5: Diálogos sobre as duas questões apresentadas na avaliação final.

Da Tabela 5, fica claro que os alunos tiveram dificuldade em pensar sobre as duas questões. Assim, a professora, seguindo as exigências do referencial teórico adotado, na perspectiva de Lipman, entrevistou na elaboração do raciocínio, conduzindo-o em parte.

Em ambas as questões os alunos conseguiram chegar à conclusão de que, tanto o iglu, como a camada de gordura da baleia funcionam como isolantes térmicos e estes são maus condutores de calor, pensando em quão mais rápida ou mais lenta é a condução de calor.

Vale ressaltar que um dos alunos conseguiu, no contexto da segunda questão, extrapolar as ideias envolvidas para a aplicação na garrafa térmica, vista igualmente como um isolante. Novamente, essa transposição de contextos fornece indícios de aprendizagem significativa.

Ao final da atividade investigativa, foi proposta uma avaliação com questões objetivas como sugestão para complementar a avaliação final. Devido ao tempo curto das aulas esta avaliação de sondagem não foi feita.

Podemos inferir assim que os alunos alcançaram o objetivo da atividade investigativa, que era desenvolver a habilidade de compreender e caracterizar o que são isolantes e condutores térmicos.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das colocações de vários autores sobre o ensino investigativo é possível caracterizá-lo como se segue:

para uma proposta investigativa deve haver um problema para ser analisado, a emissão de hipóteses, um planejamento para a realização do processo investigativo, visando a obtenção de novas informações, a interpretação dessas novas informações e a posterior comunicação das mesmas (ZÔMPERO E LABURU, 2011, p. 74-75).

A adoção de uma realização demonstrativa do experimento implica em um nível de manipulação experimental menor, o que pode ter mitigado alguns dos elementos descritos anteriormente. Por outro lado, como mostra a análise dos resultados, a sequência didática possibilitou aos alunos formularem suas hipóteses e confrontar com os colegas seus pontos de vista.

Eventualmente, a divisão da sala (comunidade de investigação) em grupos poderia promover uma maior interação entre os alunos e intensificar sua manipulação dos materiais e das variáveis, mas tal escolha estava em parte dificultada pelas medidas restritivas de afastamento social. Ao mesmo tempo foi possível, mesmo com as limitações indicadas, perceber que os alunos se empenharam em buscar solução para o problema apresentado, apresentando hipóteses e argumentações consistentes nessa direção.

A habilidade (EF07CI03) da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) pode ser parcialmente atingida, uma vez que os alunos compreenderam o uso no cotidiano de determinados materiais na produção de utensílios domésticos em substituição a outros. Nesse sentido, teria sido interessante abordar o funcionamento de determinados equipamentos, como a garrafa térmica, que inclusive foi mencionada por um dos alunos; entretanto, havia pouco tempo para fazê-lo. Além disso, as outras formas de propagação de calor radiação e convecção térmica não foram trabalhadas em sala de aula, permanecendo um tema para futuras pesquisas da aplicação do método investigativo nas séries finais do Ensino Fundamental.

A despeito de todas essas limitações, consideramos que a pesquisa se mostra importante para esta etapa do Ensino Fundamental (séries finais). De fato, nossa revisão de literatura mostrou que estas séries ainda não são contempladas com a abordagem investigativa. Nesse

sentido, a presente pesquisa mostra que é possível propor atividades investigativas em sala de aula para as séries finais do Ensino Fundamental, e que estas são válidas na compreensão de conceitos físicos no ensino de ciências.

Por fim, vale salientar a importância de se agregar o referencial teórico da teoria da Aprendizagem Significativa e a perspectiva de Lipman, como formas de se orientar o planejamento das atividades investigativas, traçando ações como aquela de se desenvolver uma aula de organização prévia, de modo a enriquecer suficientemente os subsunções presentes na estrutura cognitiva dos estudantes, para que estejam aptos a desenvolver sua argumentação durante a aplicação das atividades.

Do ponto de vista dos conteúdos veiculados, a sequência didática forneceu suporte para que o aluno pudesse pensar não apenas em termos macroscópicos, mas em termos microscópicos, usando o modelo atômico nas suas explicações. De fato, Ben-Zvi et al. *apud* Gibin e Ferreira (2013, p.22),

salientam que várias pesquisas mostram que os estudantes apresentam dificuldades para compreender os diferentes níveis de representações em química. Ainda segundo a autora, os estudantes apresentam dificuldades com as representações submicroscópica e simbólica porque são invisíveis e abstratas, e o pensamento deles é elaborado sobre a informação sensorial.

É muito comum os alunos ficarem presos somente ao que observam pelos sentidos e não conseguem pensar a partir da dimensão submicroscópica. Isso foi constatado durante a aplicação das atividades investigativas, quando foi solicitado que representassem, no nível simbólico (GIBIN E FERREIRA, 2013), tais estruturas. Os alunos não foram capazes de fazer tal representação, mesmo usando em seu vocabulário os termos partículas, átomos e/ou moléculas. Isso indica que, em futuras aplicações da sequência didática, seria interessante trabalhar com modelos atômicos de montar, como os existentes no mercado na forma de material didático, podendo, inclusive, ser esta uma maneira de aprofundar o tema.

REFERÊNCIAS

BAPTISTA, M. L. M. Concepção e implementação de actividades de investigação: um estudo com professores de física e química do ensino básico. Tese (Doutorado), Universidade de Lisboa, Lisboa, 2016.

DURÃES, C. P.; XAVIER, A. P.; SOARES, D. C. A. O ensino da dispersão da luz com auxílio do PhET por meio do ensino por investigação. In: XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2017, Florianópolis, Atas do ENPEC. FLORIANÓPOLIS: Universidade Federal de Santa Catarina, 2017.

FALCOMER, V. A. S.; GUIMARÃES, E. M.; SILVA, D. K. S. O desenvolvimento de conteúdos procedimentais e atitudinais por meio do ensino por investigação em uma unidade didática sobre densidade. In: XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2017, Florianópolis, Atas do ENPEC. FLORIANÓPOLIS: Universidade Federal de Santa Catarina,

2017.

FEITOSA, C. M. O.; MENEZES, P. H. D. A eletricidade e seus riscos: uma perspectiva para o ensino de física. In: X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2015, Águas de Lindóia, Atas do ENPEC. Águas de Lindóia: FAPESP, 2015.

GIBIN, G. B.; FERREIRA, L. H. Avaliação dos estudantes sobre o Uso de Imagens como Recurso Auxiliar no Ensino de Conceitos Químicos. *Revista Química Nova na Escola*, v.35, n.1, p. 19-26, 2013.

GOMES, E. F.; GEJÃO, D.G.; OLIVEIRA, A. M.; SILVA, F. E. Calor x temperatura: um vídeo sobre as concepções alternativas de estudantes de ensino médio. In: XV Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2003.

HEWITT, P. G. Física conceitual. Porto Alegre: Bookman. 2002.

LEITE, F. A.; WENZEL, J.S.; RADETZKE, F.S. Contextualização nos currículos da área de ciências nos currículos da área de ciências da natureza e suas tecnologias. *Revista Contexto e Educação*, v. 35, n. 110, jan/abr., 2020. ISSN 2179-1309.

MARTINS, P. C. M; FERNANDES, S. A.; GOMES, T. S. Abordagem de conteúdos conceituais e procedimentais em Física através da mediação de atividades investigativas e simulações computacionais. In: XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2017, Florianópolis, Atas do ENPEC. FLORIANÓPOLIS: Universidade Federal de Santa Catarina, 2017.

Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018.

MOREIRA, M. A. Teorias de aprendizagem. São Paulo: EPU, 1999.

MOREIRA, M. A. Al final, Qué es aprendizaje significativo? *Revista Qrriculum*, v. 25, p. 29-56, 2012.

MUNFORD, D.; CASTRO e LIMA, M. E. C. Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo? *Revista Ensaio*, v. 9, n. 01, p. 89 -111, 2007.

PEREIRA, M. M.; ABIB, M. L. V. S. Potencialidades da perspectiva do ensino por investigação para a aprendizagem de conhecimento científico escolar ao longo do tempo. In: X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2015, Águas de Lindóia, Atas do ENPEC. Águas de Lindóia: FAPESP, 2015.

SCARPA, D. L; BATISTONI e SILVA. A biologia e o ensino de ciências por investigação: dificuldades e possibilidades. In: CARVALHO, A. M. P. Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2019.

SEFERIN, A. M. L.; ALVARENGA, F. G.; AMBRÓZIO, R. M. Tópicos de Cosmologia no Ensino Médio: uma abordagem a partir de atividades investigativas. In: X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2015, Águas de Lindóia, Atas do ENPEC. Águas de Lindóia: FAPESP, 2015.

SILVA FILHO, O. L. da; FERREIRA, M.; POLITO, A. M. M.; COELHO, A. L. M. de B. Normatividade e descritividade em referenciais teóricos na área de ensino de Física. Pesquisa e Debate em Educação, Juiz de Fora: UFJF, v. 11, n. 1, p. 1-33, e32564, jan./jun. 2021. ISSN 2237-9444. DOI:<https://doi.org/10.34019/2237-9444.2021.v11.32564>.

SILVA FILHO, L.S.; FERREIRA, M. Teorias da aprendizagem e da educação como referenciais em práticas de ensino: Ausubel e Lipman. Revista do Professor de Física, v. 2, n. 2, p 104-125, 2018.

ZÔMPERO, A. F. LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. Revista Ensaio, v. 13, n. 3, p. 67-80, 2011.
