

UMA ATIVIDADE INVESTIGATIVA SOBRE A PRIMEIRA LEI DA TERMODINÂMICA: CONSIDERAÇÕES SOBRE O PROCESSO DE PROBLEMATIZAÇÃO

AN INVESTIGATIVE ACTIVITY ON THE FIRST LAW OF THERMODYNAMICS: CONSIDERATIONS ON THE PROBLEMATIZATION PROCESS

Marcos Azevedo Pedroso¹
Giovane Pereira Rodes²
Mirian do Amaral Jonis Silva³
Patrícia Silveira da Silva Trazzi⁴

¹ Universidade Federal do Espírito Santo/ Departamento de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Apoio FAPES, santarem80@gmail.com

² Universidade Federal do Espírito Santo/ Departamento de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, giovanerodes@gmail.com

³ Universidade Federal do Espírito Santo/ Centro de Educação, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, mirianjonis67@gmail.com

⁴ Universidade Federal do Espírito Santo/ Centro de Educação, Departamento de Teorias do Ensino e Práticas Educacionais, patriciatrazzi.ufes@gmail.com

Resumo

Neste trabalho analisamos uma atividade de ensino investigativa relacionada a conceitos da primeira lei da termodinâmica usando como pressuposto teórico-metodológico o ensino de ciências por investigação. O foco do estudo foi compreender como ocorre a etapa de problematização inicial e a dinâmica da solução de um problema em uma sequência de ensino investigativa. Para tanto, utilizamos uma metodologia qualitativa, exploratória, na qual um professor trabalhou uma atividade investigativa sobre a primeira Lei da Termodinâmica utilizando um simulador computacional junto a alunos de uma turma da 2ª série de ensino médio de uma escola estadual do município de Serra-ES. Os resultados indicam que a etapa da problematização é fundamental para que os alunos possam levantar hipóteses para a possível solução do problema investigativo. Concluímos que uma etapa de problematização efetiva é aquela que apresenta uma pergunta que promova a participação ativa dos alunos e que os motive a responde-la.

Palavras chave: primeira lei da termodinâmica, problematização inicial, ensino de ciências por investigação, sequência de ensino investigativa.

Abstract:

In this assignment we analyze an investigative teaching activity related to concepts of the first law of thermodynamics using as theoretical-methodological presupposition the teaching of sciences by investigation. The focus of the study was to understand how the initial problematization stage and the dynamics of the solution of a problem in a sequence of investigative teaching occur. To do so, we used a qualitative, exploratory methodology in which a teacher worked together with students of a high school class of a state school in the municipality of Serra-ES an investigative activity on the first Law of Thermodynamics using a computer simulator. The results indicate that the problematization stage is the root so that the students can raise hypotheses for the possible solution of the research problem. We conclude that a stage of effective problematization is one that presents a question that leads to the active participation of the students and that motivates them to answer it.

Key words: first law of thermodynamics, initial problematization, teaching of sciences by investigation, sequence of research teaching.

Introdução

O objetivo deste trabalho é analisar uma sequência de ensino investigativa (SEI), sobre a Primeira Lei da Termodinâmica, que foi realizada junto a estudantes da 2ª série do ensino médio de uma escola estadual do município de Serra – ES. Especificamente, analisamos neste processo como ocorre a etapa da problematização inicial e a dinâmica de solução de um problema em uma sequência de ensino investigativa.

Numa atividade investigativa, a problematização inicial dos conteúdos é fundamental para o êxito do processo de construção do conhecimento por parte dos estudantes (BORGES, 2002, AZEVEDO, 2006, SÁ et al. 2011 e CARVALHO, 2013). Nessa perspectiva, Carvalho (2013) destaca que a abordagem investigativa em sala de aula deveria suscitar um outro comportamento nos estudantes. Quando esses se deparam com o problema, eles refletem, discutem e agem sobre ele, na tentativa de encontrar uma possível solução. A autora enfatiza que, para tal empreendimento, os estudantes partem, inicialmente, de concepções e conhecimentos trazidos de seu convívio social. Nesse sentido, a sequência de ensino investigativa deve ser iniciada com uma pergunta que motive os alunos a buscar uma solução. Para os autores, um problema verdadeiro é construído de forma que os alunos não sejam conduzidos a encontrar uma resposta previsível e direta, como as esperadas nos chamados exercícios de fixação contidos nos livros didáticos, mas sim uma solução resultante de sua ação efetiva. (BORGES, 2002, AZEVEDO, 2006, SÁ et al. 2011).

Para Carvalho (2013), o problema deve ser desenvolvido de maneira a solicitar dos estudantes um engajamento para solucionar tal desafio, isto é, a situação deve desafiar os alunos a construir a explicação de um conceito científico, quando há um envolvimento na atividade investigativa proposta pelo professor.

Podemos dizer que uma atividade partiu de fato de uma problematização motivadora quando percebemos que os estudantes exploram todas as formas de conhecimento na busca pela solução de um problema, refletem sobre suas atitudes e criam possibilidades embasadas em hipóteses, quer sejam elas baseadas em suas concepções prévias quer sejam referenciadas em conceitos científicos (MACHADO e SASSERON, 2012).

Segundo Azevedo (2004), pensar que uma atividade investigativa deve possuir um caráter

estritamente experimental ou que precisa ser realizada dentro de um laboratório é um equívoco conceitual acerca das características de uma proposta de investigação. Para a autora, o alicerce de uma verdadeira proposta de aula que tenha como pressuposto teórico o ensino por investigação é a postura do professor como mediador do trabalho que, por meio da problematização de situações reais do cotidiano dos estudantes, leva-os a participar ativamente do processo de construção do seu conhecimento.

Concordamos com Lima e Munford (2007), quando afirmam que nem todo conceito a ser ensinado deve, necessariamente, ter uma abordagem investigativa e, assim como Sá et al. (2011), acreditamos que, independentemente da abordagem teórica metodológica, o ator principal do processo de aprendizagem precisa ser o aluno. Dessa maneira, entendemos que, por ser a sala de aula um ambiente rico de possibilidades de aprendizado, é preciso potencializar a interação entre o professor e os alunos e também desses entre si, de maneira a intensificar a participação dos estudantes no processo de aprendizagem dos conceitos físicos. Nesse sentido, é importante mostrarmos como concebemos o trabalho com os alunos do ensino médio com relação aos conceitos ligados a 1ª Lei da Termodinâmica utilizando o simulador computacional.

Contextualizando a 1ª Lei da Termodinâmica no trabalho com os alunos do ensino médio: o uso do simulador

A Termodinâmica é o campo de estudo da Física que se destina a investigar as relações entre os conceitos de quantidade de calor trocado e a temperatura para sistemas físicos em escala macroscópica. Concordamos com Nussenzveig (1997), quando diz que descrever a termodinâmica somente terá sentido se considerarmos um sistema com uma quantidade muito grande de partículas.

Dentre os inúmeros conceitos abordados no estudo da termodinâmica, a primeira lei apresenta-se como o princípio de conservação da energia aplicada a um sistema termodinâmico¹. Esse conceito pode ser mais bem definido em Nussenzveig (1997), quando, em sua obra define a primeira lei da termodinâmica da seguinte maneira:

“[...] A 1ª lei da termodinâmica não passa da extensão do princípio de conservação da energia, levando em conta o calor² como forma de energia”, [...] “O trabalho realizado para levar um sistema termicamente isolado de um dado estado inicial a um dado estado final é independente do caminho [...]” (NUSSENZVEIG 1997, p. 157-175).

Entendemos e concordamos que a definição e o entendimento acerca da primeira lei da termodinâmica requerem um aprofundamento nos conceitos de calor e trabalho mecânico, levando em consideração sua formulação matemática infinitesimal, como apresentada por Nussenzveig (1997). A figura 1 abaixo ilustra esta apresentação matemática da primeira lei da

¹ “Um sistema termodinâmico consiste geralmente numa certa quantidade de matéria contida dentro de um recipiente. As paredes podem ser fixas ou móveis (através de um pistão, por exemplo).” NUSSENZVEIG (1997, p. 158).

² Para definições e aprofundamento sobre o conceito de calor, sugerimos a leitura de NUSSENZVEIG, H. Moysés. Curso de Física Básica, vol. 2 – Fluidos, Oscilações e ondas, calor, 4. ed., São Paulo: Edgard Blucher Ltda, p. 167.

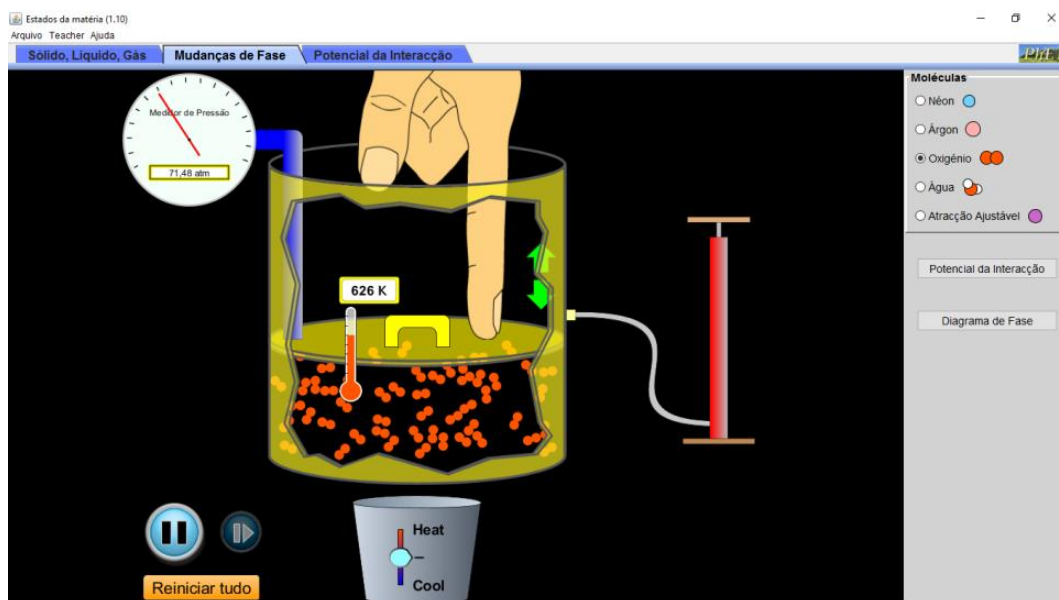
termodinâmica.

$$dU = d'Q - d'W$$

Figura 1: A formulação infinitesimal da primeira lei da termodinâmica

Essa descrição da primeira lei da termodinâmica é realizada, geralmente, nos cursos de graduação de Física e Engenharias, no entanto, essa não é a forma como essa teoria é apresentada aos estudantes de nível médio, tanto das escolas públicas quanto das escolas particulares. Os livros didáticos regularmente trazem a expressão matemática da figura 01 de maneira simplificada, em que a variação da energia interna é representada por ΔU , o calor trocado é representado pelo símbolo Q e o trabalho mecânico representado pelo símbolo τ , tendo, dessa forma, a equação matemática expressa da seguinte maneira: $\Delta U = Q - \tau$, da mesma forma que a definição conceitual também é simplificada, de maneira a permitir sua compreensão por parte dos estudantes que estão cursando, ainda, a segunda série do ensino médio. Geralmente, essa definição apresenta-se como sendo uma relação entre o calor trocado, o trabalho mecânico e a variação da energia interna de um sistema termodinâmico que, nesse caso em particular, quase sempre é um gás ideal³.

Assim, no contexto da sala de aula, o uso do simulador computacional utilizado foi recontextualizado pelos professores/pesquisadores, com o intuito de melhor atender aos objetivos de aprendizagem propostos para o ensino médio e a para a sequência investigativa a ser desenvolvida. Essa ferramenta pertence ao grupo norte-americano PhET Simulações Interativas, da Universidade de Colorado Boulder⁴, desde 2002. Nele, os estudantes poderiam manipular os objetos livremente, simulando a alteração do volume do recipiente, aumentando ou diminuindo as variáveis presentes no ambiente virtual, conforme figura abaixo:



³ Para definições e aprofundamento sobre o conceito de gás ideal, sugerimos a leitura de NUSSENZVEIG, H. Moysés. Curso de Física Básica, vol. 2 – Fluidos, Oscilações e ondas, calor, 4. ed., São Paulo: Edgard Blucher Ltda, p. 188.

⁴ O simulador encontra-se disponível gratuitamente no endereço eletrônico http://phet.colorado.edu/pt_BR/.

Figura 2: simulador sobre estado da matéria, adaptado para fins didáticos.

Com essa manipulação, esperávamos que os alunos percebessem a relação entre a quantidade de calor, o trabalho e a variação da energia interna. Em outras palavras, o objetivo da SEI era levar os alunos a inferir que essa relação está de acordo com o princípio de conservação de energia, cuja aplicação pode ser observada na primeira lei da termodinâmica (NUSSENZVEIG 1997).

Com o desenvolvimento da SEI objetivamos que os estudantes não sejam meros “memorizadores” de enunciados ou fórmulas matemáticas, mas que quando deparados frente a um fenômeno físico sejam capazes de argumentar e relacionar variáveis. Dessa forma, entendemos que as atividades investigativas podem contribuir significativamente para alcançarmos esses objetivos, por possibilitar em sala de aula, a interação efetiva entre professor e aluno, por meio do discurso gerado por um problema desencadeador de ideias e soluções de maneira a inseri-los em uma nova cultura, a cultura científica.

Percurso Metodológico

A pesquisa possui caráter qualitativo e exploratório e foi desenvolvida no primeiro semestre do ano letivo de 2016. Os sujeitos da pesquisa foram alunos de uma turma da 2ª série do ensino médio com idade entre 15 e 17 anos de uma Escola Estadual de Ensino Médio localizada no município de Serra, Espírito Santo.

Nessa turma foi desenvolvida e implementada uma Sequência de ensino investigativa⁵, abordando os conceitos relacionados à primeira lei da termodinâmica utilizando um simulador computacional. Realizamos uma análise de conteúdo (BARDIN, 1977) das produções textuais dos alunos e das anotações que fizemos em diário de campo a partir de observações sala de aula e criamos categorias de análise acerca do processo. O desenvolvimento da sequência envolveu três momentos, conforme descritos a seguir.

No primeiro momento da aula, apresentamos o simulador aos alunos e propusemos duas perguntas, com a intenção de verificar se eles compreendiam as suas funções. Esse momento foi importante, pois, para buscar uma possível solução para o problema que seria proposto, os estudantes precisariam estar familiarizados com o funcionamento da ferramenta. As perguntas eram: Para que serve o balde onde se lê “aquecer e esfriar”? Qual a ação exercida pelo dedo sobre o êmbolo? Em princípio, o simulador foi apresentado apenas por meio do projetor de multimídia, sem manipulação do mesmo pelo professor, nem pelos alunos.

No segundo momento propomos o problema, quando o professor conduziu a turma ao laboratório de informática e, nesse ambiente, o problema foi apresentado da seguinte maneira: Utilizando o simulador, como podemos variar a energia interna do sistema apresentado?

No terceiro momento era esperado que os alunos manipulassem o simulador, levantassem hipóteses e elaborassem uma produção textual. Observou-se que nesse momento os alunos manipulavam o simulador, conversavam entre si e com o professor, trocavam ideias, levantavam hipóteses, argumentavam, formulavam conclusões e produziam textos curtos

⁵ “Uma sequência de ensino investigativa deve ter algumas atividades-chave: na maioria das vezes a SEI inicia-se por um problema, experimental ou teórico, contextualizado, seguido por uma sistematização dos conhecimentos construídos pelos alunos, promoção de uma contextualização do conhecimento no dia a dia dos alunos e posterior atividade de avaliação ao término de cada ciclo que compõe a SEI”. (CARVALHO, 2013, p.9).

explicando como chegaram à solução do problema proposto.

O Ensino de Ciências por Investigação no trabalho com os alunos: analisando a sequência de ensino investigativa

A partir das análises dos textos produzidos pelos alunos e do diário de campo dos pesquisadores, extraímos categorias de análise que se relacionam ao processo do ensino de ciências por investigação e particularmente aquelas relacionadas a etapa inicial de problematização da atividade investigativa, a saber: (i) *investigando os conhecimentos dos estudantes*; (ii) *Levantamento de hipóteses com a mediação do professor*; (iii) *Solução do problema*.

No primeiro momento da investigação, quando os alunos foram apresentados ao simulador, os professores/investigadores elaboram perguntas no intuito de identificar os conhecimentos dos alunos com relação aos conceitos envolvidos no simulador.

Os dados abaixo, retirados das produções textuais de dois estudantes, dão a dimensão dos conhecimentos que eles possuíam ao se depararem com o simulador,

“O balde serve para aquecer e esfriar, quando selecionamos “aquecer” é transmitido calor ao recipiente e quando selecionamos “esfriar” é transmitido frio para dentro do recipiente. A função da tampa (dedo) é aumentar e diminuir o tamanho do recipiente modificando a pressão e a temperatura”. (Aluno Lucas)

“O balde serve para aquecer ou esfriar a temperatura. O dedo é para aumentar e diminuir a pressão.” (Aluno Vítor)

Os alunos demonstram compreender os elementos necessários para manipulação do simulador, o que fará com que eles possam utilizá-lo como ferramenta para solucionar o problema que será proposto. Observamos, também, nas falas dos alunos, que, mesmo depois das aulas sobre os conceitos de calor e temperatura, ministrada em momentos anteriores, ainda permanece a concepção de calor e temperatura como sendo sinônimos. De acordo com Mortimer (1996), concepções como as apresentadas nos trechos acima, “[...] são pessoais, fortemente influenciadas pelo contexto do problema e bastante estáveis e resistentes à mudança[...].” (MORTIMER, 1996, p. 21).

É importante ressaltar que as ideias iniciais, embora discrepantes em relação ao modelo cientificamente aceito e provavelmente trazidas do convívio social dos estudantes, não interferiram na busca por uma possível solução para o problema proposto como veremos posteriormente.

Levantamento das hipóteses dos estudantes com a mediação do professor

Nesta segunda etapa de problematização, buscamos uma interação direta dos alunos com a simulação computacional no laboratório de informática. Eles puderam agir sobre a ferramenta e refletir e a medida em que eles fossem agindo e refletindo para encontrar a solução para o problema foram também produzindo os textos, como este,

“A partir da segunda etapa do trabalho usei o simulador tentando descobrir a variação da energia interna do gás ideal, usamos as funções do programa para isso. Movimentando as moléculas observamos a variação da temperatura. Movimentando a tampa (dedo) variamos a velocidade das moléculas (pressão) e conseguimos elevar e reduzir a temperatura (balde)”. (Aluna Camila)

O enunciado da aluna Camila apresenta indícios de que o ambiente computacional contribuiu, no sentido de fornecer pistas para resolver o problema proposto pelo professor, levando-os a agir testando suas ideias iniciais e tornando-se mais autônomos no processo de aprendizagem. Apoiados nas ideias de Carvalho (1998), entendemos que o processo de problematização dos conceitos, associados à primeira lei da termodinâmica, permitiu aos alunos formular estratégias e fazer previsões, na medida em que vão testando essas previsões na simulação, e passam a expressar oralmente e por meio de registros escritos as suas ideias.

Um trecho extraído do diário de campo de um dos professores/pesquisadores dá a dimensão de um dos momentos em que os alunos começavam a interagir entre eles e com o simulador na busca por uma solução:

“Percebi que a maioria dos estudantes tentavam resolver o problema manipulando o simulador. Percebi que alguns discutiam entre si e verificavam se o proposto no ambiente virtual era plausível.” (Diário de campo, 03 de abril de 2016).

Carvalho (2013) diz que uma problematização de conteúdos é capaz de promover aos estudantes a oportunidade de trabalharem juntos, trocando ideias e ajudando-se mutuamente na realização das atividades de ensino. Segundo a autora, ainda nesse momento, os alunos, quando sentem a necessidade, procuram o professor, para que possa melhor orientá-los nos procedimentos e nos caminhos para testar a atividade. Esse comportamento, por parte dos estudantes, foi observado durante toda a etapa de problematização evidenciando a importância da mediação do professor no processo.

Na visão apresentada por Borges (2002, p. 22), uma situação problematizadora pode ser categorizada em diferentes níveis de abertura; em outras palavras, o quão aberta será a investigação, vai depender do “quanto o professor ou o roteiro que ele fornece especifica a tarefa”. A tabela 01 indica quatro níveis de abertura para um problema.

Nível de abertura	Problemas	Procedimentos	Conclusões
Nível 0	Dados	Dados	Dados
Nível 1	Dados	Dados	Em aberto
Nível 2	Dados	Em aberto	Em aberto
Nível 3	Em aberto	Em aberto	Em aberto

Tabela 1: Níveis de investigação no laboratório de ciências (TAMIR, 1991 *apud* BORGES, 2002).

Com base em Borges (2002) e Sá et. al. (2011), a situação-problema proposta no âmbito deste trabalho é de nível 1 de complexidade, uma vez que a forma com foi redigido o enunciado aponta os procedimentos que os estudantes terão que adotar para encontrar a solução, mas as conclusões estão em aberto.

Solução do problema: participação ativa dos estudantes e a mediação do professor

O processo de problematização dos conceitos relacionados à primeira lei da termodinâmica, apesar de não apresentar um alto grau de abertura, mostrou-se eficaz no seu propósito, que era promover uma participação ativa dos alunos, na tentativa de expor o que pensavam, tanto na fala quanto na escrita, e promover um empreendimento de interação entre eles, em diversos momentos em sala de aula.

Levando em consideração que, dentro da perspectiva do ensino por investigação, em que a participação ativa do aluno é um dos pressupostos na construção do conhecimento, não apenas com uma simples manipulação de dados, como é feito em um laboratório tradicional de física, mas com discussões relevantes e que façam sentido para o aluno (Azevedo, 2004), os professores/pesquisadores mediavam a todo momento o processo de resolução do problema, não apenas na manipulação da ferramenta simulador, mas questionando: “porque vocês acham que esse procedimento poderia mudar a energia interna?” ou “o que percebe na simulação que evidencie que a energia interna pode mudar?” Assim, os alunos não ficavam apenas manipulando, mas começavam a discutir, entre eles, se o que cada um está pensando pode ou não estar correto, e isso fica evidenciado na fala transcrita, em que o aluno tem a oportunidade de manipular o simulador e discutir não apenas com o professor, mas também com os alunos acerca do que é visto na ferramenta computacional.

O enunciado dos alunos Sheila e Pedro apresentam indícios de entendimento acerca da solução encontrada para o problema,

“Ao alterar a pressão, o volume ou a **temperatura a energia interna** do gás também varia. A pressão é possível alterar através do dedo presente no simulador. Ao **diminuir o espaço a pressão aumenta** e conseqüentemente a **temperatura aumenta**. Com a diminuição do volume (espaço) as moléculas ficam mais agitadas aumentando a pressão e a temperatura. Mexendo no balde abaixo do recipiente é possível **alterar a temperatura**, aquecendo e **fornecendo calor**” (Aluna Sheila – grifo nosso).

“Podemos **variar a energia interna** usando o balde para **aumentar ou diminuir a temperatura**, assim as **moléculas** do recipiente irão ficar **mais agitadas** e o **dedo**, e o **dedo** para **diminuir o volume aumentando a temperatura**, lembrando que para variar temos que saber quando a **energia interna está variando**”. (Aluno Pedro – grifo nosso).

Na transcrição da Aluna Sheila, vemos como ela relaciona a mudança de temperatura com a variação da energia interna, assim como ao diminuir o espaço está relacionado com o aumento da temperatura, o que sugere uma relação com o trabalho realizado, tendo em vista o deslocamento do êmbolo devido ao dedo mostrado na figura 2 do simulador. No caso do Aluno Pedro, temos as mesmas evidências encontradas na Aluna Sheila, porém, nesse caso, o aluno deixa explícito o uso dos componentes do simulador com e sua relação com a variação da energia interna. Em suas palavras, ele relaciona o fato de usarmos o balde para aumentar ou diminuir a temperatura e assim a energia interna, além do mais, ele também percebe a importância do dedo para realização de trabalho, de forma explícita, ele percebe que o dedo pode mudar o volume, e assim há um indício de conceito de trabalho relacionado com a variação da energia interna.

Considerações Finais

Podemos observar na transcrição das respostas dos alunos no processo de solução do problema indícios de uma aproximação entre os termos utilizados cotidianamente pelos alunos e os termos cientificamente aceitos. Constata-se a percepção da relação entre a variação da temperatura e a variação da energia interna do sistema termodinâmico.

Uma problematização efetiva é aquela que apresenta uma pergunta que leve a participação ativa dos alunos no processo ensino-aprendizagem e que os motive a responde-la. No contexto investigado observou-se que a mediação dos professores foi de fundamental importância no processo de construção do conhecimento. Como profissionais responsáveis

por introduzir os estudantes na cultura científica, cabe a eles estabelecer um ensino dialógico e não dogmático. O planejamento minucioso da sequência de ensino investigativo e a postura investigativa e aberta dos professores foram fatores fundamentais para o êxito das ações.

Referências

AZEVEDO, M.C.P.S. 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, 2004. P. 19-33.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa, Portugal: Edições 70, 1977.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. In: **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. V. 19, n.3: dez, 2002.

CARVALHO, A. M. P. et al. **Conhecimento físico no ensino fundamental**. São Paulo: Scipione, 1998.

CARVALHO, A. M. P. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa de (org.). **Ensino de Ciências por Investigação: Condições para Implementação em Sala de Aula**. São Paulo: Cengage Learning, p. 1-20. 2013.

MACHADO, V., SASSERON, L. As perguntas em aulas investigativas de ciências: a construção teórica de categorias. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, América do Norte, 12, nov. 2012.

MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e Ensino de Ciências: para onde vamos? **Investigações em Ensino de Ciências** – V1(1), p.20-39, 1996.

MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. C. Ensinar ciências por investigação: em que estamos de acordo? In: **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 9, n. 1, p. 72-89, 2007.

NUSSENZVEIG, H. Moysés. **Curso de Física Básica**, vol. 2 – Fluidos, Oscilações e ondas, calor, 4. ed., São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1997.

SÁ, E. F. ; LIMA, M. E. C. C.; AGUIAR JUNIOR, O. G. . A construção de sentidos para o termo ensino por investigação no contexto de um curso de formação. **Investigações em Ensino de Ciências** (Online), v. 16, p. 79-102, 2011.