

PRODUTO EDUCACIONAL

PROPOSTA E ANÁLISE DE ESTRATÉGIAS PARA O ENSINO DOS CONCEITOS DE ENTROPIA E ESPONTANEIDADE

PROPOSAL AND ANALYSIS OF STRATEGIES FOR TEACHING THE CONCEPTS OF ENTROPY AND SPONTANEITY

Luciano Lucena Trajano ¹

ISSN: 2763-5058

RESUMO: Um dos aspectos principais para o processo de aprendizagem em química e de outras ciências está relacionado com a construção dos conceitos científicos. Vários pesquisadores e educadores têm direcionado seus esforços na tentativa de identificar as complexas variáveis que envolvem a aprendizagem dos conceitos científicos. Para isso, foi desenvolvida uma sequência didática dividida em três momentos e aplicada a uma turma de 3º ano do ensino médio da Escola Estadual Dionísio da Costa, que é localizada na cidade de Patos-PB. Para a coleta dos dados foram utilizados diários de campo e questionários subsidiaram os resultados e discussão da presente pesquisa. Sendo que a categorização dos dados obtidos na sequência didática será desenvolvida a partir de estrutura analítica proposta por Mortimer e Scott, e como instrumento de caracterização da heterogeneidade das ideias e do desenvolvimento desta sequência será adotado o perfil conceitual Mortimer. A proposta da sequência didática para os temas entropia e espontaneidade será devidamente estruturada a partir de três diferentes dimensões: o foco de ensino, a abordagem e as ações, dentre as quais merecem destaque a narrativa científica, a exposição empírica e a exposição matemática.

Palavras-chave: Conceitos Científicos. Entropia. Espontaneidade.

ABSTRACT A key aspect for chemistry and other science learning process is related to the construction of scientific concepts. Several researchers and educators have focused their efforts on trying to identify the complex variables involved in the learning of science concepts. With this aim, we developed a split didactic sequence in three times and applied to a 3rd year of high school class of at the State School Dionisio da Costa, which is located in Patos – PB. Field diaries and questionnaires were used for data collection which supported the results and discussion of this research, however the categorization of the obtained data in the didactic sequence is developed from analytical structure proposed by Mortimer and Scott, and as a tool to characterize the heterogeneity of ideas and development of this sequence, the Mortimer conceptual profile will be adopted. The proposed didactic sequence for entropy and spontaneity issues will be properly structured based on three different dimensions: the teaching focus, the approach and actions, which the scientific

¹ Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática- UEPB

narrative is worth mentioning, the empirical and mathematical exposition. trauma and spontaneously.

Keywords: Scientific Concepts. Entropy. Spontaneity

1 INTRODUÇÃO

O ensino de ciências tem passado por várias transformações ao longo dos últimos anos. Cada vez mais se propõe que os conteúdos ministrados em sala de aula sejam relacionados à realidade que cerca o aluno. Isso tem sido motivo de muitas discussões entre profissionais da área da educação, pois a maioria dos conteúdos que o aluno aprende na sala de aula, não é contextualizada. Existe uma enorme necessidade de melhorar o ensino de ciências em todas as suas etapas educativas, sendo importante o desenvolvimento de orientações curriculares atualizadas, de materiais didáticos e de estratégias de ensino a serem utilizados em sala de aula, que visem à inovação dos processos de ensino e aprendizagem dos conceitos científicos.

Quando o saber prévio do discente é considerado, um espaço de provocação e confronto de ideias começa a ser modelado, e assim, pela articulação e discussão de concepções, o objeto de estudo poderá adquirir uma melhor representação, para que o aluno se sinta protagonista, assumindo o papel de sujeito ativo e participante na elaboração dos novos conceitos que passam a fazer parte do seu aprendizado. A partir da filosofia e da gênese do desenvolvimento científico, Bachelard (1940) oferece importantes contribuições para o ensino de ciências, entre elas a noção de obstáculo epistemológico. Os conhecimentos empíricos que o discente possui, quando não utilizados ou instigados, e, sobretudo, quando ignorados, podem vir a constituir-se numa barreira na aprendizagem no desenvolvimento e aceitação do conhecimento científico. A partir da noção Bachelardiana de perfil epistemológico,

2 DESENVOLVIMENTO

A partir da proposta de perfil conceitual de Mortimer (1995) e Mortimer (2000) foi proposto por (AMARAL; MORTIMER, 2004) uma sequência de ensino usando o perfil conceitual como instrumento para analisar uma aula de química para o conceito de entropia e espontaneidade. O perfil foi construído a partir de uma situação onde foi ministrado um curso em uma turma de ensino médio de 2º ano em uma escola pública federal brasileira, a fim de analisar e descrever a evolução da ideia, tanto no espaço social

na sala de aula quanto no ensino e aprendizagem.

O perfil conceitual é uma noção relacionada ao ensino e aprendizagem de conceitos científicos desenvolvidos por Mortimer (1995) para descrever e analisar a evolução desses conceitos. Essa noção se fundamenta no princípio de que um conceito pode abranger uma diversidade de significados, sendo que a utilização desses significados é dependente do contexto. Esses significados incluem zonas científicas e não científica, sendo que cada indivíduo exibe um perfil conceitual próprio, relacionado às suas experiências e aprendizagem. Embora o perfil seja característico de cada indivíduo, as categorias que definem suas zonas podem ser consideradas como universais e potencialmente compartilháveis pelos indivíduos de uma mesma cultura.

3 MATERIAL E MÉTODOS

A instituição de ensino onde a pesquisa foi realizada é uma escola de rede pública de ensino médio, que é localizada na cidade de Patos-PB. Município do interior do estado da Paraíba, que dista 315 Km da capital, João Pessoa-PB. A pesquisa foi aplicada ao quantitativo de 30 (trinta) estudantes do terceiro ano do ensino médio da Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Dr. Dionísio da Costa.

Os instrumentos para a coleta dos dados da sequência de ensino são necessários para promover a clareza e precisão na elaboração do texto final da pesquisa, é essencial que os dados sejam coletados e registrados de forma fiel aos acontecimentos. Para isso, os instrumentos utilizados nesta pesquisa são diários de campo e Questionários. Depois será feito a transcrição e em seguida a análise. Para a categorização dos dados obtidos na sequência didática será desenvolvida a partir de uma estrutura analítica proposta por Mortimer e Scott (2002, 2003) e da utilização do perfil conceitual (Mortimer 1995, 2000, 2001) como instrumento de caracterização da heterogeneidade das ideias durante o desenvolvimento da sequência didática. O discurso produzido durante os momentos da sequência didática é estruturado a partir de três diferentes dimensões: o foco de ensino, a abordagem e as ações. Dentre elas podemos considerar: a narrativa científica, a exposição empírica e a exposição matemática. No 2º e 3º momento será analisada a narrativa científica, onde o conteúdo é apresentado como parte de uma estória que está sendo construída progressivamente no andamento das aulas. Em geral, o momento no qual são feitas narrativas ocorre dentro do objetivo de criar elos entre os conteúdos estudados (revisão) e aqueles que serão apresentados. No 3º momento será avaliada a

*PRODUTO EDUCACIONAL - PROPOSTA E ANÁLISE DE ESTRATÉGIAS PARA O ENSINO DOS
CONCEITOS DE ENTROPIA E ESPONTANEIDADE*

exposição empírica em que está associada a um discurso construído na apresentação do conteúdo feita a partir de uma atividade experimental de demonstração.

Em seguida, os dados serão expostos em zonas de perfil conceitual na qual são utilizadas para identificar diferentes formas de pensar os conceitos de entropia e espontaneidade, conforme o Quadro 3 a seguir.

A zona perceptivo-indutiva (ZP/I) corresponde às ideias que surgem das impressões imediatas, das sensações e intuições, que não são relativizadas pela consideração das condições em que o processo ocorre (Amaral e Mortimer, 2006).

A zona empírica (ZE) refere-se às ideias que levam em consideração as condições termodinâmicas do sistema, como temperatura e pressão, ou carregam expressões que se julga estarem relacionadas a essas condições.

Na zona formalista (ZF) devem estar presentes as relações matemáticas puras - como as expressões de trabalho reversível e irreversível - sem que estas estejam integradas aos conhecimentos conceituais

A zona racionalista (ZR) compreende conhecimentos integrados de significados conceituais e de formalismos, sendo por isso considerada de maior complexidade cognitiva. Para estar associado a esta zona, o conceito de reversibilidade deve ser pensado como uma condição possível dos sistemas, analisada sob os aspectos macro e microscópicos, não apenas de um sistema isolado, mas a partir de uma visão universal.

Quadro 3. Caracterização epistemológica das zonas do perfil conceitual de entropia e espontaneidade.

3.1 DESCRIÇÃO DA SEQUÊNCIA DE ENSINO

3.1.1 Primeiro momento: Levantamento das Concepções Prévias

Neste momento é trabalhado um questionário para levantar as concepções dos estudantes. O roteiro das questões objetiva conhecer as seguintes noções: 1) O sentido em que ocorre um processo espontâneo, através das questões 1, 3 e 5; 2) A impossibilidade de reversão espontânea após a ocorrência de um processo espontâneo, através das questões 2, 4 e 6, conforme APÊNDICE A.

3.1.2 Segundo momento: Aula prática - “Entropia: a rota para a desordem”

Neste momento é desenvolvida uma atividade prática com os estudantes, afim de abordar mais diretamente a relação do conceito de entropia com o aumento da desordem em processos espontâneos.

Primeiramente, separa-se 20 unidades de cada cor de feijão. Em seguida, os feijões são colocados em duas caixas de fósforos. Para tanto, é feita uma abertura no meio das duas caixas, como mostra a Figura 1, permitindo a passagem dos feijões.

Inicialmente, coloque os vinte feijões marrons numa gaveta, deixando a outra vazia, como mostra a Figura 1. Podemos ver na figura acima que os feijões estão em ordem, ou seja, todos os feijões estão dispostos em uma só gaveta. Dessa forma, podemos dizer que a entropia do sistema é pequena. Agora feche as gavetas com as caixas correspondentes e agite o conjunto. Ao realizar a atividade é importante que a caixa de fósforos esteja sobre uma mesa, de forma que a caixa não se incline para que a simetria do sistema não seja alterada. A Figura 1 a seguir expressa a simulação da forma como deve ser feita a agitação térmica da caixa de fósforos sobre a mesa. As setas vermelhas indicam as direções nas quais o movimento deve ser realizado. Em seguida, abra as caixas de fósforos e veja como ficou a distribuição dos feijões dentro das caixas. Sendo questionado aos alunos se é a mesma? Se mudou?

Agitando um pouco mais e observando, e repetindo o procedimento várias vezes. O que acontece com a entropia do sistema? Caso se agite mais vigorosamente, o que acontece? O que significa, em física, —agitar mais vigorosamente? Se você aumentar ou diminuir a abertura entre as caixinhas, ou fizer a substituição dos feijões por grãos menores, como por exemplo, lentilhas, o que ocorrerá? Qual o significado físico dessas alterações?

Num momento seguinte, distribuiu-se 20 feijões-pretos de um lado e 20 feijões marrons de outro lado.

Todo o processo foi repetido como anteriormente e os mesmos questionamentos foram ressaltados. Na Conclusão, foi verificado se as observações dos alunos estão de acordo com o enunciado de Boltzmann da 2ª lei da termodinâmica? E após amplo debate, eles expressaram se a entropia do sistema variou? Se houve equilíbrio térmico?

3.1.3 Questões norteadoras das discussões

Imagine um mundo onde os processos naturais tendessem a um estado de maior organização. Suponhamos: se você deixasse seu quarto bagunçado pela manhã e à noite o encontrasse organizado; atirando para o ar um punhado de pedras, estas cairiam formando um montinho, ao invés de ficarem espalhadas. Como seria viver nesse mundo? É possível imaginar outros exemplos?

Assim, após pequena exposição sobre o caráter intrínseco da entropia, foi solicitado aos grupos, por escrito, todas as suas respostas. Ao final de cada uma dessas aulas, os grupos relataram brevemente suas conclusões para toda a classe.

3.1.4 Terceiro momento: Descrição do módulo digital: “Entropia e Desordem”

O demônio de Maxwell é um experimento pensado pelo renomado físico James Clerk Maxwell que quer demonstrar um método de entropia diminuindo, que assim violaria a Segunda Lei da Termodinâmica. Se um demônio hipotético estivesse separando todas as partículas rápidas de um lado e as partículas lentas de outro, usando uma porta (mas não realizando trabalho) então a entropia diminuiria enquanto a diferença entre os lados aumenta como é possível ver na Figura 4. Os módulos interativos foram programados para a WWW, em *Flash* ou em *Java*, mas podem correr localmente. Em qualquer circunstância carecem de um vulgar *plugin* de *Flash* (*Flash Player 7*) ou de uma Máquina Virtual de Java (*Java V.M.*), incluídos no CD--ROM. Ao clicar no ícone: Demônio de Maxwell, da página de entrada "Entropia e Desordem".

Segundo Santos (1991): "As concepções alternativas, têm um papel constitutivo no ato de conhecer, não desaparecem facilmente, são muito diversas do conceito científico. Porém, ainda que ingênuas, são condição necessária para o progresso da razão."

Com o estudo das concepções alternativas procura-se compreender o modo como os alunos explicam fenômenos/situações e considerar as implicações decorrentes para a aprendizagem e ensino das Ciências.

As concepções alternativas apresentam várias características: são pessoais (dependem de indivíduo para indivíduo); têm carácter universal (várias culturas e vários países); há consistência revelada durante a execução de diferentes tarefas (as ideias acerca do tema permanecem apesar das situações pelas quais são confrontados); podem ser estáveis há um número limitado acerca de cada tópico (aspectos comuns a alunos de vários anos de escolaridade).

No modelo de ensino-aprendizagem construtivista o professor valoriza o papel activo do aluno na construção do seu próprio conhecimento, considerando as suas concepções alternativas. Segundo esse modelo "a atividade não se limita a simples operações de adição ou de subtração de informações aos conhecimentos existentes. É muito mais complexa. São os próprios alunos que constroem (reconstroem) os conhecimentos e os instrumentos para adquiri-los. É a sua actividade que permite organizar (reorganizar) os conhecimentos em esquemas, cada um com a sua estrutura própria" (SANTOS, 1989).

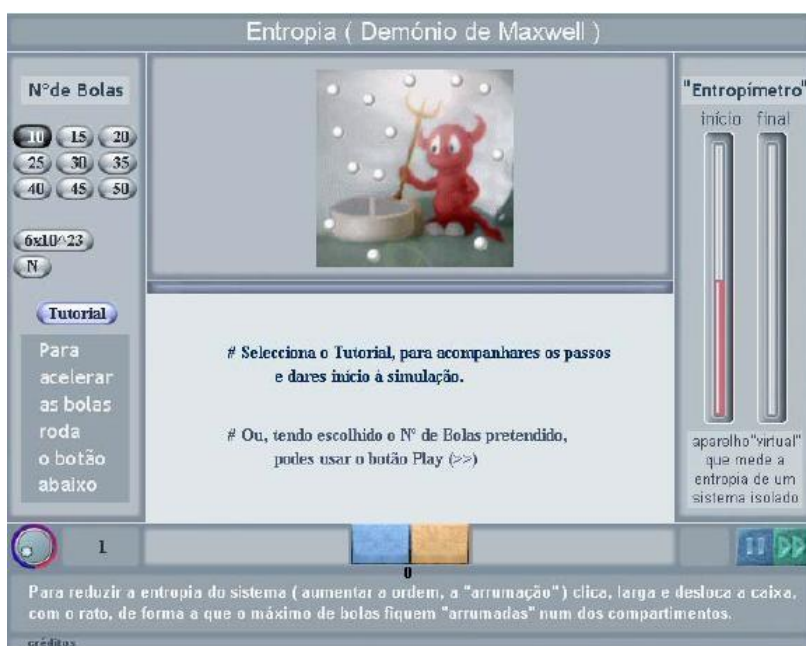


Figura 4. Imagem de Entrada da Simulação Computacional "Demónio de Maxwell"

A referida simulação se encontra na página -ludotecall da Universidade de São Paulo, disponível em: <http://www.laborciencia.com.br/interage/entropia.htm> e constitui uma importante ferramenta, sob a forma de tutorial, para o entendimento da ideia de entropia.

3.1.5 Perguntas para discussão em grupo referentes à Simulação

As perguntas para a discussão em grupo referentes à simulação —Demônio de Maxwelllll foram as seguintes: 1) Qual é o papel do "Demônio de Maxwell"? 2) O que pode concluir após ter utilizado o módulo 2 "Espontaneidade de Reações Químicas e a Segunda Lei da Termodinâmica"? 3) Quando é que uma reação química é espontânea? 4) Uma reação endotérmica pode ser espontânea? Explique.

4.1 RESULTADOS DO PRIMEIRO MOMENTO

Iniciamos a primeira aula com a aplicação do questionário (segue abaixo) que levantou as concepções prévias dos estudantes. O roteiro das questões foi por nós elaborado tendo em vista o nosso objetivo de conhecer as noções dos alunos sobre:

1. O sentido em que ocorre um processo espontâneo, através das questões 1,

3 e 5. 2. A impossibilidade de reversão espontânea após a ocorrência de um processo espontâneo, através das questões 2, 4 e 6.

Este questionário tem o objetivo de entender como você pensa certas ideias. Ele não será usado para avaliação. Procure respondê-lo com suas palavras. Você estará nos ajudando a melhorar o ensino. Muito obrigado!

Número

Questão 1: Resposta Zona do Perfil Conceitual

1 “A barra que estiver mais quente passará calor para a barra que estiver mais fria, igualando a temperatura”.

Racionalista.

2 “Elas vão trocar energia (referindo-se às barras) em forma de calor e vão se estabilizar ficando à mesma temperatura”.

Substancialista

3 “As duas barras ficaram com o mesmo calor” Racionalista

4 “A barra onde a temperatura é maior vai passar o calor onde a

temperatura é menor” Racionalista

5 “As duas barras ao longo do tempo irão permanecer com a mesma temperatura” Generalista

6 “Acho que as barras de aço devem sofrer transformações, pois as temperaturas estão bem diferentes.

Substancialista

7 “Elas (as barras) entortam, pois a diferença de temperatura entre elas causa um choque térmico”

Generalista

8 “As duas barras irão ter a mesma temperatura após um tempo”.

Generalista

Quadro 4. Questão 1: Duas barras de aço a temperaturas diferentes 20°C e 100°C, são colocadas em contato. O que se verifica após certo tempo? Explique.

De acordo com o quadro 4, é possível perceber que a maioria das respostas dos alunos se enquadra na zona racionalista. Consideramos que isso pode ser justificado pelo fato de que os alunos já tiveram contato com o conceito de entropia e espontaneidade anteriormente, e também pelo fato de serem ideias que circulam nos livros didáticos ou no discurso do professor.

Número

Questão 2: Resposta Zona do Perfil Conceitual

1 “Não, pois as duas (referindo-se às canecas com água após o equilíbrio térmico) sempre estarão a mesma temperatura mesmo ela subindo ou diminuindo”.

Generalista

2 Não, pois acho que a temperatura tende a cair e não a voltar a temperatura anterior” (referindo-se às canecas com água).

Racionalista

3 Não, pois antes uma estava quente e a outra fria (no caso das canecas com água); ao entrarem em contato a que estava fria fez com que o quente esfriasse e vice-versa; Se fizesse o inverso não alterariam pois as temperaturas de ambas estariam iguais e não seria possível esfriar ou esquentar”.

Generalista

4 Não, acho que as temperaturas tendem a cair”
(referindo-se às canecas com água).

Generalista

5 “Não. Porque se a temperatura modificou por causa de um certo elemento, ela não voltará à mesma temperatura” (respondendo negativamente à possibilidade das canecas com água agora em equilíbrio térmico voltarem espontaneamente às temperaturas iniciais de 80°C e 20°C).

Racionalista

6 “Eu acho que automaticamente não. Precisar ser aquecido novamente” (canecas de água).

Generalista

7 Referindo-se às canecas com água – “Acredito que não porque elas estabilizaram nesta temperatura; seria difícil voltar à temperatura anterior, a menos que uma delas fosse aquecida novamente”.

Generalista

8 “Não. Só voltarão a ter as temperaturas iniciais ao meu ver, se forem separadas e uma delas for aquecida novamente” (no caso das canecas com água)

Generalista

Quadro 5. Questão 2: Têm duas canecas de alumínio ligadas e revestidas com isopor, uma com 1 litro de água a uma temperatura de 80°C e outra, também com 1 litro de água a uma temperatura de 20°C. Encostando uma na outra, verifica-se que após certo tempo, ambas encontram-se a uma temperatura média de 50°C. De acordo com o enunciado acima, você acredita que o processo inverso possa ocorrer espontaneamente, ou seja, que as massas de água, ambas agora a 50°C, voltem às temperaturas que anteriormente eram de 80°C e 20°C? Justifique.

Número

Questão 1- Resposta Zona do Perfil Conceitual

1 “Essas partículas (no caso do gás confinado) irão se juntar e ficarão em tipo de um montinho”. Generalista

2 As partículas irão se juntar e ficarão em tipo de um montinho”

Racionalista.

3 “O gás se espalha por todo o recipiente (imediatamente após a retirada da separação); ao entrar em contato com o ar (refere-se 1 minuto após) o gás diminui”.

Generalista

4 As partículas estavam bem unidas; as partículas estão meio separadas, caminhando para uma nova junção; as partículas voltam a se juntar, tomando conta da caixa”.

Generalista

5 O gás vai se espalhando de uma forma geral para todo o recipiente

Generalista

6 Com o tempo o gás se espalha por todo o recipiente Substancialista

7 Não há dúvida, todo o gás vai se espalhar por todo o recipiente

Generalista

8 Com o decorrer com tempo as partículas estavam bem unidas e com um decorrer do tempo as partículas vão se juntando

Generalista

9 Com o tempo as partículas vão se juntando Generalista

10 De uma forma uniforme as particular vão se juntando Generalista

11 “Essas partículas irão se juntar e ficarão em tipo de um montinho”.

Generalista

Quadro 6. Questão 3: Na caixa abaixo, de um lado, há um gás e do outro foi retirado tudo que havia, produzindo vácuo. Se retirarmos a separação, o que irá acontecer com as moléculas do gás? Faça desenhos representativos nos espaços abaixo, mostrando como as partículas do gás estavam antes, imediatamente após termos removido a separação e depois de um minuto. Explique com suas palavras o que significam os seus desenhos.

De acordo com o gráfico 6, é possível perceber que a maioria dos alunos emergiram na zona conceitual Generalista isso na qual o conceito de entropia e espontaneidade é comparada como o conceito de substancias.

Número

Questão 4: Resposta Zona do Perfil Conceitual

1 Sim” (referindo-se à possibilidade das moléculas do gás voltarem a se concentrar espontaneamente em um dos lados do recipiente).

Substancialista

2 Não. Apenas se alguma pressão for feita dentro da caixa” (moléculas do gás na caixa).

Racionalista

3 Não. Porque elas só irão se concentrar (moléculas do gás espalhado) caso seja aplicada a elas alguma ação”.

Generalista

4 Não, não é possível porque já houve a remoção da separação” (referindo-se ao gás espalhado pela caixa)

Racionalista

5 “Sim, pois elas podem se movimentar e se agrupar em um único espaço” (no caso da possibilidade do gás espalhado por todo o volume da caixa espontaneamente voltar a se concentrar em um único lado do recipiente).

Racionalista

6 Sim, (referindo-se à possibilidade de que as moléculas espalhadas pela caixa, voltem espontaneamente para um dos cantos) elas podem se concentrar na parede da caixa depois de um tempo em contato com o ar”.

Racionalista

“Sim” (referindo-se à possibilidade das moléculas do gás voltarem a se concentrar espontaneamente em um dos lados do recipiente)

Substancialista

Quadro 7. Questão 4: Considerando que as moléculas de um certo gás ocupam todo o volume da caixa abaixo, é possível que elas espontaneamente se concentrem todas de um único lado do recipiente como na situação descrita no item anterior? Explique.

De acordo com o quadro 7 é possível perceber que a zona mais emergente foi a racionalista onde os alunos expressam um pensamento mais sistematizado prevalecendo um rigor mais científico.

Número

Questão 5: Resposta Zona do Perfil Conceitual

1 “Penso que o terreno sendo grande, cercado e abandonado, sem a intervenção de seres humanos ou de outros animais, continuará intacto com o passar do tempo, apenas mudará algumas aparentes características”.

Generalista

2 “Começa a crescer mato (no caso do terreno com o monte de areia), o vento começa a espalhar a areia”.

Substancialista

3 “Esse monte (de areia) poderá ser desfeito pelas rajadas de ventos”.

Racionalista

4 “Esse monte de areia vai se espalhando com a ação da chuva e ventos”.

Substancialista

5 “Penso que o terreno sendo grande, cercado e abandonado, sem a intervenção de seres humanos ou de outros animais, continuará intacto com o passar do tempo, apenas mudará algumas aparentes características”.

Substancialista

Quadro 8. Imagine que em um terreno grande, cercado e abandonado, há um monte de areia. Com o passar do tempo, mesmo sem a intervenção de seres humanos ou mesmo de outros animais, o que você espera que aconteça? Explique.

De acordo com o quadro 8 é possível perceber que a zona que mais emergiu foi a substancialista. A zona substancialista representa uma interfase entre o modo de falar e de pensar não científico.

Figura 5. Emergência de zonas do perfil conceitual que emergiram no questionário. Podemos verificar na figura 5, que a maior parte das ideias colocadas pelos alunos podem ser enquadradas nas zonas racionalista ou generalista do perfil. De alguma forma isso era esperado, pois por ser a primeira aula sobre o assunto no ano corrente, seria natural que ideias mais gerais e intuitivas sobre o conceito emergissem fortemente. No entanto, uma vez que os alunos já tinham tido contato com a visão científica do conceito no ano anterior, era esperado que os alunos apresentassem também ideias mais elaboradas, ao ser retomada a discussão sobre substância. Em alguns momentos, foi possível observar visões essencialistas e substancialistas nas falas dos alunos.

Para uma melhor compreensão dos resultados obtidos e para situar os momentos nos quais algumas das ideias emergiram na fala dos alunos, fizemos alguns recortes das transcrições realizadas em cada aula e iremos discutir como a classificação dos modos de falar foi realizada, para cada uma das zonas do perfil conceitual.

4.1.1 Zona Generalista

O Comentário 1 corresponde ao momento no qual os alunos discutiam algumas questões colocadas pela professora, após a realização da atividade 1 – a leitura do texto. Os alunos trabalhavam em pequenos grupos e foi solicitado pela professora que eles discutissem algumas questões como: —Hoje em dia existe o conceito de elemento tal como colocado no tempo de Aristóteles? II. Você concorda com algumas das ideias defendidas por Aristóteles sobre a composição da matéria. Destacamos que nesta situação a professora deixou os alunos discutirem livremente em seus grupos, intervindo apenas quando achava necessário. Neste momento há a valorização das interações entre aluno-aluno com o objetivo de promover a colocação das ideias de maneira mais espontânea. Comentário 1. Professora: Para você o que mudou sobre o conceito de entropia e espontaneidade?

Marcos: a gente descobriu que elemento químico é como se fosse entropia e espontaneidade Maria: hoje em dia o elemento é constituído por átomos. Marcos: hoje em dia elemento é como se fosse o átomo da matéria Maria: antes ele era entropia e espontaneidade o elemento) Marcos: ele era fogo, terra, ar... Maria: então! Eles eram entropia e espontaneidade! Marcos: é eles eram entropia e espontaneidade de hoje em dia! Maria: entropia e espontaneidade? Marcos:

hoje em dia é o conjunto de elementos. Podemos observar na discussão dos alunos, no comentário 1, que eles compreendem que os elementos químicos atualmente são considerados a partir da ideia de átomos, e que antes a visão que se tinha era de quatro elementos que constituíam toda a matéria. Isso parece indicar uma tomada de consciência de que os modelos explicativos sobre a matéria se modificaram ao longo da história. Araújo, Silva e Tunes (1994) argumentam que a maioria dos livros didáticos ainda apresenta definições aristotélicas de substância e destacam a importância em evidenciar os problemas que aparecem ao se trabalhar com estas visões.

No entanto, as falas dos alunos não apresentam evidências de que eles tenham uma compreensão aprofundada sobre o que estão chamando de elemento químico (—é como se fosse o átomo da substância— aluno 10). Não podemos considerar que eles apresentem uma visão racionalista do conceito, ainda que percebam a sua dimensão microscópica. Isso também foi constatado por Silva (2011) e nas respostas ao questionário, analisadas no item anterior. Os alunos parecem não ter bem estabelecida uma ideia de como os materiais são constituídos por substâncias e estas por elementos químicos, e não conseguem diferenciar, átomo, elemento, substância, nas suas falas. Dessa forma, ainda que tenham expressado os termos elementos químicos e átomos nas suas falas, consideramos que os alunos apresentam ideias representativas da zona generalista do perfil, no Comentário 2.

Marcos - “Penso que o terreno sendo grande, cercado e abandonado, sem a intervenção de seres humanos ou de outros animais, continuará intacto com o passar do tempo, apenas mudará algumas aparentes características”. No Comentário 2, é mostrado o trecho de uma discussão feita com toda a turma, durante a utilização da simulação digital, quando a professora faz intervenções com a intenção de conduzir as falas dos alunos no sentido das ideias científicas.

Classificamos alguns desses modos de falar como generalistas, considerando que os alunos não diferenciam substância, elemento e mistura, demonstrando dificuldade na compreensão de aspectos microscópicos e macroscópicos do conceito. No entanto, nesse caso, podemos perceber um avanço nas formas de argumentação, que parecem mais elaboradas do que aquelas apresentadas no Comentário 1. Podemos considerar que nas interações discursivas, os alunos parecem estar buscando os significados para ideias,

criando suas trajetórias próprias em um processo de conceituação (MORTIMER; SCOTT; EL-HANI, 2012).

4.1.2 Zona Essencialista

A seguir colocamos um trecho que exemplifica um momento no qual modos de falar dos alunos foram caracterizados como representativos da zona essencialista do perfil. O Comentário 3 foi retirado do mesmo momento considerado para o comentário 1, quando os alunos discutiam em pequenos grupos as questões colocadas pela professora, tomando por base o texto histórico sobre a visão aristotélica de substância.

Comentário 3- Professora: Para você o que mudou sobre o conceito de entropia e espontaneidade? José: o que mudou? Agora eu já sei o que é!

José: elemento químico é o átomo

Rafaela: o que era antes era tipo água...(inaudível)

Laura: antes os elementos eram terra, fogo, água e ar e agora os elementos são os átomos. José: e agora os elementos químicos são os átomos

Rafaela:: tecnicamente são os átomos Laura: é tecnicamente ou não?

Rafaela: é tecnicamente! José: tecnicamente não Rafaela: é então vai!

José: e se não for tecnicamente? Rafaela: é exatamente!

José: então é átomo

Laura: então é praticamente o átomo? José: ele é átomo! é tudo feito de átomo Laura: os elementos químicos são o que é essencial, elemento é o que é essencial..não sei. José: Elementos químicos são átomos

Laura: que são essenciais

José: Já as substâncias são a união dos átomos

No Comentário 3, quando a aluna Laura diz: —os elementos químicos são o que é essencialll é possível observar de maneira bem evidente uma visão essencialista para esse conceito, uma vez que ela usa a ideia de elemento no sentido de —essencialll. Neste caso o que está sendo relacionado à essência é o elemento químico, mas interpretamos que isso pode ser estendido à substância uma vez que os alunos em geral consideram que as substâncias sejam constituídas de elementos.

4.1.3 Zona racionalista

Podemos observar que ideias representativas da zona racionalista emergiram na fala dos alunos com uma frequência próxima das ideias enquadradas em uma visão generalista, na aula 1. Utilizamos o trecho mostrado no comentário 4 para ilustrar um dos momentos no qual essas falas emergiram.

Comentário 4: Professora: Qual a diferença entre entropia e espontaneidade? José: porque a água é feita de dois átomos diferentes

Carlos: Porque a molécula de água tem três átomos e o oxigênio tem dois
Gabriela: é um conjunto de moléculas e elementos diferentes

Professora: quais são os elementos que constituem a água? José: Hidrogênio e Oxigênio

No Comentário 4, os alunos Bernardes, João e Carlos expressam modos de falar um pouco mais elaborados que sugerem uma compreensão de Entropia e Espontaneidade nos seus aspectos microscópicos, e fica claro que alguns alunos diferenciam os conceitos de átomo, de elemento, e de molécula. O aluno Carlos reconhece que a água é constituída por três átomos e o oxigênio por dois, e a aluna Gabriela complementa indicando que a água apresenta dois —tiposll de átomos diferentes, enquanto que o oxigênio apenas um. No final do e do Comentário observamos que o aluno José reconhece os tipos de elemento químico que compõem a água e os identifica. Esses modos de falar podem ser inseridos na zona racionalista do perfil, uma vez que apontam para uma compreensão da substância nos seus aspectos microscópicos.

Lucas - Sim, (referindo-se à possibilidade de que as moléculas espalhadas pela caixa voltem espontaneamente para um dos cantos) elas podem se concentrar na parede da caixa depois de um tempo em contato com o ar. Conseguimos verificar alguns modos de falar representativos da zona substancialista do perfil, ainda que eles sejam menos frequentes nas falas dos alunos do que as visões generalista e racionalista. No comentário 5, é apresentada parte de uma discussão realizada no grande grupo, após a leitura do texto, que trouxe uma visão histórica do conceito de entropia e espontaneidade.

Observamos nas interações mostradas no comentário 5 que a discussão sobre o que as moléculas espalhadas pela caixa voltem espontaneamente para um dos cantos) elas podem se concentrar na parede da caixa depois de um tempo em contato com o ar. Classificamos esta visão como substancialista uma vez que ela demonstrou naquele momento uma dificuldade de abstração e não conseguiu

distinguir características macroscópicas daquelas microscópicas para falar sobre a substância. Entendemos que ela pode estar atribuindo à menor parte da água o que observamos macroscopicamente – uma gota.

A ideia apresentada pela aluna se assemelha com o que Mortimer (1996) explica ao propor as zonas do perfil conceitual de molécula, no qual um dos modos de pensar que caracteriza a zona substancialista é o pensamento Aristotélico dos *Minima naturalia*: —De acordo com Aristóteles, as menores partículas de um dado tipo de matéria seriam todas idênticas, pois elas são determinadas pela natureza específica da substância em questão (p. 203). No caso de Laura, parece-nos que essa parte seria visível e representada pela gota de água. É interessante ressaltar a proximidade entre esses dois perfis conceituais propostos na literatura: o de substância e o de molécula.

4.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS DO SEGUNDO MOMENTO

Texto tratou a entropia como sendo uma —medida de desordem associada aos processos irreversíveis e como essa grandeza se associa à Segunda Lei da Termodinâmica (ANEXO B). Foi possível também chamar a atenção nesses textos, para a necessidade de preservação dos recursos energéticos, uma vez que embora a energia se conservasse, aquela que é convertida em calor, torna-se inaproveitável. No momento em que os estudantes tomam contato com os termos e conceitos científicos que aparecem nos textos, a ideia era que ocorresse uma insatisfação com as noções apresentadas por eles na primeira fase dos trabalhos, pois esta atitude seria indicativa de algum progresso que esses alunos começam a fazer na construção de novas formulações.

Nesses dois encontros, (2 horas/aula no total), a atividade de leitura e discussão dos textos, também ocorreu em pequenos grupos. É importante notar que esses debates não foram deixados —ao acaso, mas ao final de cada leitura, foram propostas duas questões semiabertas onde os estudantes poderiam, com base na reflexão proporcionada pelos textos, estabelecer pontes entre esses conteúdos e aqueles necessários para se responder às questões sugeridas.

4.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS DO TERCEIRO MOMENTO

Esta simulação apresenta um sistema de partículas em movimento aleatório, que estão em dois meios, separados por uma parede e uma porta. Permite que se veja facilmente o conceito de equilíbrio térmico e entropia. Neste processo a entropia cresce, e isso verifica-se através de um —entropímetro na parte inferior da tela. Esta simulação faz parte de um conjunto vasto de simulações computacionais da página. —Laborciência - Tecnologia Educacionalll, do Brasil.

Figura 6. Imagem da simulação computacional on-line.

Através da análise de dados como os da entrevista foi possível recolher informações acerca das causas de algumas dificuldades dos alunos, obter opiniões e testar a hipótese apresentada.

É importante que neste momento se avalie a aprendizagem que ocorreu, se a utilização de módulos digitais é um recurso pedagógico útil na compreensão da segunda Lei da Termodinâmica ou não.

De uma forma geral, durante a entrevista a maior parte dos alunos já evidenciava ter as bases do conhecimento acerca dos conceitos relacionados com a segunda Lei da Termodinâmica. A partir desse momento teria de existir uma consolidação desses conhecimentos, com mais uma aula para tirar dúvidas ao professor e através do estudo por parte do aluno. Os alunos durante a entrevista referiram isso mesmo: "nós tivemos pouco tempo para assimilar os conhecimentos." (AB).

Os alunos que foram entrevistados, como já foi referido, não eram alunos da investigadora. Após esta aula, os alunos tiveram a última aula do ano letivo com a professora da turma. Nessa aula a professora fez um resumo dos aspectos mais importantes acerca da segunda Lei da Termodinâmica e esclareceu as dúvidas aos alunos.

Esta professora tem duas turmas de 12º ano de escolaridade, esta que foi sujeita a este estudo e outra que foi sujeita a uma abordagem tradicional. Após a leccionação dessas aulas a investigadora requereu à professora da turma uma opinião acerca da forma como os alunos compreenderam este tema segundo as duas abordagens distintas. A opinião da professora é transcrita a seguir: "Durante a aula os alunos que foram sujeitos ao estudo evidenciaram perceber muito bem a segunda Lei da Termodinâmica, já sabiam prever quando é que uma reação era

ou não espontânea, demonstrando ter percebido muito bem este tema. Esta aula serviu mais como uma consolidação dos conceitos aprendidos na aula de exploração dos módulos digitais.

Estes melhores desempenhos dos alunos sujeitos ao estudo, evidenciados pela professora da turma, mostram que os recursos digitais são recursos pedagógicos que podem aumentar a atividade das aulas e estimular a aprendizagem dos alunos.

A validade interna deste estudo está condicionada pelo facto da amostra não estar perfeitamente aleatorizada. Esta turma tinha mais raparigas do que rapazes e, para além disso, não foi possível que pelo menos um elemento de cada grupo que explorasse o conjunto de módulos fosse entrevistado, porque foram os alunos que se propuseram para a realização da entrevista.

Que idade tem? A- 18.

E - Tem computador em casa? A - Sim.

E - O que é que costuma fazer com o computador em sua casa?

A - Trabalhos...Internet não, porque não tenho, às vezes quando tenho tempo, também alguns jogos. E - E aqui na escola já utilizou o computador na escola, por indicação dos professores? A - Sim, em informática.

E - Compare uma aula em que se utiliza o computador com uma aula tradicional. Qual a que lhe agrada mais? Porquê?

A - Eu acho que em algumas matérias é mais interessante com computadores, porque não seL.É mais interessante, acho que nós estamos mais incentivados para aprender e que funciona melhor. E

- Relativamente à aula qual foi o aspecto que lhe agradou mais e o que lhe agradou menos? A

- Aquela parte das questões acho que era uma boa forma de avaliar os conhecimentos do que tínhamos aprendido ao longo de todos aqueles módulos. Apesar de aquela parte da solubilidade dos sais, acho que estava um pouco confusa para compreender, era mais complicada. E - E os restantes módulos digitais? A - Acho que estava acessível.

E - Desenvolveu o conjunto de módulos digitais em grupo ou individualmente? A - Foi em grupo.

E - O que lhe pareceu mais adequado? Porquê?

A - Sozinha permite-nos avaliar os nossos conhecimentos, em grupo podemos trocar opiniões. E - O que prefere? A - Acho que em grupo é melhor.

E - Ao utilizar os módulos digitais os objectivos estavam claros? A - Sim, acho que sim.

E - E o tempo disponibilizado foi suficiente? A - Acho que não, foi um bocado curto.

E - Qual o módulo digital em que teve mais dificuldades ou que lhe suscitou mais dúvidas? A - Foi o tal, aquele da solubilidade. E - E o que teve menos? Porquê?

A - O da espontaneidade...e o primeiro também era acessível.

E - Pode dar-me a sua opinião acerca de cada módulo digital? O que achou do módulo 1 "Demónio de Maxwell"?

A - Acho que permitia-nos ver a variação da entropia no início e no final e que...e...tipo arranjar uma definição para o significado da entropia. Permitia-nos ver maior/menor desordem, maior ou menor entropia. E - Qual é a sua opinião relativamente ao segundo "Espontaneidade de Reacções Químicas e a Segunda Lei da Termodinâmica"?

A - O segundo acho que também era interessante também nos permitia aplicar conhecimentos anteriores, nós já sabíamos que no estado sólido há maior ordem que no estado gasoso, isso aí já nos permitia ver algumas coisas.

E - Qual é a sua opinião relativamente ao módulo 3 "Um exemplo de aplicação: Dissolução de Sais e Entropia"?

A - Assim à primeira vista, nós não chegamos a responder às questões, acho que era um bocado confuso de compreender.

E - E qual é a sua opinião relativamente ao módulo 4 "Questões sobre Entropia"? A - Gostei de aplicar os conhecimentos que tivemos ao longo dos módulos digitais e mesmo doutras matérias.

E - Relativamente ao módulo 1 "Demónio de Maxwell" qual é o papel do Demónio de Maxwell? A - Pois, isso aí eu não percebi muito bem.

E - Não repararam que quando o Demónio de Maxwell actuava andavam com o rato a mover a caixa, era para tentar fazer o quê? A - Aumentar a ordem e diminuir a entropia. E - Relativamente aos fenómenos que acontecem, isso é possível? A - Acho que não, o Demónio de Maxwell não existe.

E - O que pode concluir após ter utilizado o módulo 2 "Espontaneidade de

Reacções e a Segunda Lei 163.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ensino de ciências tem passado por várias transformações ao longo dos últimos anos. Cada vez mais se propõe que os conteúdos ministrados em sala de aula sejam relacionados à realidade que cerca o aluno. Isso tem sido motivo de muitas discussões entre profissionais da área da educação, pois a maioria dos conteúdos que o aluno aprende na sala de aula, não é contextualizada. Existe uma enorme necessidade de melhorar o ensino de ciências em todas as suas etapas educativas, sendo importante o desenvolvimento de orientações curriculares atualizadas, de materiais didáticos e de estratégias de ensino a serem utilizados em sala de aula, que visem à inovação dos processos de ensino e aprendizagem dos conceitos científicos.

As atividades sugeridas na sequência de ensino e aprendizagem tinham por objetivo principal promover a emergência das zonas do perfil conceitual de substância, e também evidenciar para os alunos as ideias existentes nas zonas científicas do perfil. Para isso, planejamos todas as ações nos guiando por meio de elementos estruturadores da atividade e das zonas do perfil conceitual de substância. Para que as atividades atingissem os objetivos esperados era crucial o engajamento dos estudantes nas atividades propostas.

Os resultados obtidos mostraram que a utilização de zonas do perfil conceitual é uma importante recurso que pode ser utilizado pelo professor para o planejamento de suas aulas e para o importância de diferentes modos de pensar sobre os conceitos discutidos em sala de aula. Isso pode permitir ao professor algumas das ações realizadas em sala, bem como contribuir para uma melhor condução das discussões que podem surgir na sala de aula, quando ocorre a emergência de diferentes modos de falar, beneficiando a reelaboração e ampliação de ideias nos alunos.

Em relação ao conhecimento dos alunos durante a sequência elaborada observamos que a maior parte deles confirmou comprometimento na realização das atividades, permitindo a coleta de dados aceitáveis para alcançarmos a elaboração do perfil conceitual da turma nas diversas circunstâncias, embora alguns alunos tenham se destacado em relação a outros, o que é comum, visto que cada sujeito oferece uma postura diferenciada em sala de aula.

As interações discursivas nos permitiram observar a emergência de quatro das

cinco zonas do perfil conceitual propostas por Silva (2011), sendo a zona relacional a única que não foi detectada nos discursos elaborados pelos alunos.

Verificamos que ao longo das aulas houve um crescimento dos modos de falar incluídos na zona racionalista, e isso indica que ao longo da Sequência os alunos parecem ter reformulado alguns das suas visões sobre o conceito de substância, sem necessariamente abandonar os modos de pensar mais intuitivos. É interessante apontar que situações diversas foram discutidas nas diferentes atividades, e isso parece ter promovido oscilação na emergência de zonas do perfil. Em relação aos modos de falar generalistas, que são aqueles associados com pensamentos mais ingênuos e intuitivos, de maneira geral houve uma redução, ainda que na última aula tenha sido observado um leve aumento da frequência dessa zona com relação à aula anterior.

A pesquisa evidenciou também a relação existente entre os tipos de atividades realizados em sala de aula e a emergência de determinadas zonas do perfil. Observamos que na primeira aula o número de ideias generalistas foi mais frequente, o que associamos à discussão de questões históricas e contextuais, e de aspectos microscópicos da substância. Isso parece suscitar ideias ingênuas e intuitivas associadas a contextos históricos e sociais, nos quais o conceito de substância não se encontra bem estruturado. No caso dos aspectos microscópicos, já está colocado na literatura a dificuldade dos alunos na compreensão dos conceitos químicos em nível atômico - molecular e isso parece leva-los a expressar ideias mais intuitivas. Na segunda aula ocorreu o ponto alto na emergência das ideias essencialistas, quando comparamos com todas as etapas da sequência, o qual parece estar vinculado com a discussão levantada sobre os benefícios/malefícios de algumas substâncias para o homem.

A análise do processo de conceituação, avaliando um possível percurso ou trajetória de aprendizagem traçado por dois dos alunos que participaram ativamente de todas as atividades. Percebemos como os indivíduos elaboram e estabelecem os 116 conceitos de maneira diferenciada, apresentando cada um as suas particularidades. Podemos destacar que a visualização de diferentes zonas pelos alunos parece ser útil para promover uma tomada de consciência de suas próprias zonas e por consequência, ter a percepção de suas limitações cognitivas com relação ao conceito. O que consideramos muito positivo uma vez que um dos objetivos da utilização da teoria do perfil conceitual é promover a tomada de consciência da

multiplicidade de modos de pensar e falar sobre um conceito. A realização desta pesquisa mostrou um aspecto relevante para a prática docente: o conhecimento de zonas do perfil conceitual tem um importante papel para o trabalho do professor na sala de aula. A consciência dele em relação as zonas se mostrou fundamental, não só na ocasião do planejamento das atividades, mas também na mediação e direcionamento das discussões nas aulas, proporcionando ao professor mais convicção sobre seus objetivos em relação à aprendizagem dos alunos. Esperamos que este trabalho contribua para a melhoria da aprendizagem dos conceitos químicos em sala de aula, que é o objetivo principal das pesquisas em educação, mostrando como a teoria do perfil conceitual pode ser aplicada na prática do professor de maneira a contribuir para a construção de significados para os conceitos científicos e engajando os alunos através de atividades bem planejadas.

5 REFERÊNCIAS

- A.M.P. Carvalho e M.E.R. Goncalves, Cadernos de Pesquisa 111(?), 71 (2000).
- AAKER, D. A.; KUMAR, V.; DAY, G. S. Pesquisa de marketing. São Paulo: Atlas, 2004.
- AMARAL, E. M. R. 2004. Perfil conceitual para a segunda lei da termodinâmica aplicada às transformações químicas: a dinâmica discursiva em uma sala de aula de química do Ensino Médio. Belo Horizonte: Faculdade de Educação da UFMG (Tese de Doutorado).
- AMARAL, E. M. R., MORTIMER, E. F. Uma proposta de perfil conceitual para o conceito de calor. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, v. 1, n.3, 2001.p.5-18.
- AMARAL, E. M. R.; MORTIMER, E. F. Uma proposta de perfil conceitual para o conceito de calor. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências. Belo Horizonte. v.1 n.3 p. 1-16. 2001.
- ANDRADE, Israel Esquef.; ALBUQUERQUE, Márcio Portes de; Albuquerque, Marcelo Portes de. Fundamentos de Teoria da Informação. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, 2003. Disponível em: <www.sbfisica.org.br>. acesso em: 20 de nov. de 2008.
- ANDRÉ, M. E. D. A. de. Etnografia da prática escolar. 13. ed. Campinas: Papyrus, 2007.
- ARAÚJO, D. X; SILVA, R. R.; TUNES E. O conceito de substância química apreendido por alunos do ensino médio. Química Nova, v.01, n18. 80-90. 1994

- ASBAHR, F.S.F. —Por que aprender isso, professora?|| Sentido pessoal e atividade de estudo na Psicologia Histórico-cultural. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2011
- BACHELARD, G. A Epistemologia: trechos escolhidos por Dominique Lecourt. Rio de Janeiro.(data?)
- BACHELARD, G. A formação do espírito científico (trad. Estela dos santos abreu). Contraponto editora: Rio de janeiro. 1996.
- BACHELARD, Gaston. A filosofia do não. Lisboa: Editorial presença.1991. Belo Horizonte: Ed. UFMG.
- BACHELARD, GASTON. A filosofia do não; o novo espírito científico; a poética do espaço; seleção de textos de José Américo Motta Pessanha; traduções de Joaquim José Moura Ramos. . . (et al.). — São Paulo: Abril Cultural, 1977. (os pensadores).
- BARBOSA LIMA, M. C. e LINS DE BARROS, H. Uma proposta de ensino de calor e temperatura à luz de Bachelard. Atas do I encontro nacional de pesquisa em ensino de ciências, p. 315- 321. 1997.
- BELEI, R.A. GIMENIZ-PASCHOAL, S.R.; NASCIMENTO, E.N.; MATSUMOTO, P.H.R. O uso de entrevista, observação e videogravação em pesquisa qualitativa. Cadernos de Educação, v.30, p.187-199, 2008.
- BENFATTI, Xênia Diógenes. Rev. Humanidades, 26, n.2 p.295-308, jul./dez. 2011. Carvalho, A.M.P. e M.E.R. Gonçalves (2000). Formação continuada de Professores: o vídeo como tecnologia facilitadora da reflexão. Cadernos de pesquisa 111, 71-94.
- BOGDAN, R. S.; BIKEN, S. Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos. 12.ed. Porto: Porto, 2003.
- BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros Curriculares Nacionais: terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental: introdução aos parâmetros curriculares nacionais. Brasília: MEC/SEF, 1999.
- CAVICHIOLO, A.; ROCHA, J. R. C. Uma Abordagem Alternativa para o Aprendizado dos Conceitos de Átomo, Molécula, Elemento Químico, Substância Simples e Substância Composta, nos Ensinos Fundamental e Médio. Química Nova na Escola, nº 21, p.29, 2005.
- CHAER, G.; DINIZ, R.R.P.; RIBEIRO, E.A. A técnica do questionário na pesquisa educacional. EVIDÊNCIA, v.7, n.7, p. 251- 266, 2011.
- COUTINHO, F.A. Construção de Um Perfil Conceitual de Vida. 2005. Tese (Doutorado em educação) - Faculdade de educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2005).

*PRODUTO EDUCACIONAL - PROPOSTA E ANÁLISE DE ESTRATÉGIAS PARA O ENSINO
DOS CONCEITOS DE ENTROPIA E ESPONTANEIDADE*

COUTINHO, F.A.; MORTIMER, E.F.; EL-HANI, C.N. Construção de um perfil conceitual para o conceito biológico de vida. *Investigações no Ensino de Ciências*, v.12, p.115-137, 2007.