

Energia além dos limites: aspectos cognitivos e metacognitivos de um ensino interdisciplinar

Energy beyond the confines: analysis of cognitive and metacognitive learning with an interdisciplinary teaching

Manoella Barbosa Morais

Universidade Federal de Viçosa – *Campus Florestal*
manoellamorais@gmail.com

Poliana Flávia Maia

Universidade Federal de Viçosa – *Campus Florestal*
poliana.maia@ufv.br

Resumo

A compartimentalização dos conhecimentos na educação básica interfere diretamente na forma como os estudantes veem o mundo, por dificultar a integração de conhecimentos para promover uma visão orgânica, necessária em situações problemas. A abordagem interdisciplinar tem sido indicada por potencializar a articulação e contextualização, reunindo e interligando conhecimentos. O presente estudo analisou como uma sequência de ensino interdisciplinar sobre o tema energia, desenvolvida com estudantes da segunda série do ensino médio, contribuiu para o desenvolvimento do conceito de energia e como os estudantes desenvolveram aspectos metacognitivos sobre a importância da interdisciplinaridade para a construção do conhecimento. A análise foi realizada por estudo de caso, elaborado a partir de gravações em vídeo, questionários e entrevistas. Os resultados mostraram que, apesar da dificuldade em definir o termo energia, os estudantes desenvolveram significativos conhecimentos sobre tal conceito, especialmente ao interpretar fenômenos integrando conhecimentos, o que foi percebido por eles mesmos.

Palavras chave: interdisciplinaridade, energia, metacognição.

Abstract

The compartmentalization of knowledge in basic education affects directly the way students understand the world, by hindering the integration of knowledge to promote an organic vision, necessary in problem situations. The interdisciplinary approach has been indicated by enhancing the linkage and context, bringing together and linking knowledge. This study examined how an interdisciplinary teaching sequence on the subject of energy, developed with students of the second year of high school, contributed to the development of the concept of energy and how students develop metacognitive aspects about the importance of interdisciplinarity for the construction of knowledge. The analysis was carried out case study, drawn from multiple data. The results showed that, despite the difficulty in defining the term energy, students have developed significant knowledge of the concept, especially when interpreting phenomena integrating knowledge, which was perceived by themselves.

Key words: interdisciplinarity, energy, metacognition.

Introdução

Os problemas reais, enfrentados diariamente pelas pessoas, dificilmente terão solução em uma única área de conhecimento. Pelo contrário, a todo o tempo a vida exige conhecimentos que transcendem as barreiras das disciplinas. Tais conhecimentos devem possibilitar a análise de situações problemas, congregando todas as suas características em uma visão orgânica. Contudo, a educação básica, que visa à formação do cidadão competente na resolução dos problemas de seu cotidiano, tem falhado nesse sentido. Segundo Silva e Pinto (2009), *“há uma tradição escolar que se vale da fragmentação e da compartimentalização, incidindo sobre o modo como interpretamos o mundo”*.

Para potencializar a articulação e contextualização de conhecimentos, reunindo-os, interligando-os e também os complementando, tem sido apontada a relevância da promoção de um ensino que valorize a abordagem interdisciplinar. Contudo, ao mesmo tempo em que diversos estudos apontam sua importância, eles indicam que a interdisciplinaridade é ainda pouco presente na prática escolar. (SILVA; PINTO, 2009; AUGUSTO; CALDEIRA, 2007; BONATTO et al., 2012).

A abordagem interdisciplinar na educação básica tem sido insuficiente e, em muitos casos, ausente. Isso se deve, entre outros fatores, à própria preparação dos professores para promovê-la. Kind (2014) aponta que a falta de conhecimento de conteúdo de outras áreas tende a implicar em uma abordagem fraca, ou até mesmo ausente, em conceitos ou relações de conceitos que estão fora da área de formação do docente. Augusto e Caldeira (2007) indicam as possíveis causas das dificuldades de professores do ensino médio para a implantação da interdisciplinaridade, sendo as principais: falta de tempo para se reunir com os colegas, pesquisar e se dedicar a leituras; a falta de conhecimento em relação aos conteúdos de outras disciplinas; as dificuldades de relacionamento com a administração escolar e ausência de coordenação pedagógica entre as ações docentes.

O ensino comumente desenvolvido na educação básica, com a abordagem fragmentada de conceitos e temas, deixa para que o próprio estudante cumpra sozinho a difícil tarefa de integrar os conhecimentos disciplinares, na promoção de uma visão global do tema, na percepção das interfaces das disciplinas e, ainda, na aplicação de tal visão na sua vida. Contudo, isso não ocorre, pois os estudantes sequer são conscientes dessas relações e da importância de tal estabelecimento. Nesse sentido, Vosniadou (2007) discute a importância de desenvolver no ensino, além da dimensão cognitiva, estratégias que os estudantes se tornem conscientes dos aspectos metacognitivos de sua aprendizagem, o que tende a criar a possibilidade de entender diferentes pontos de vista e diferentes perspectivas. O desenvolvimento dos aspectos metacognitivos tendem a possibilitar a compreensão de como o conhecimento se desenvolve e a importância da busca de inter-relações entre conhecimentos.

Um conceito que apresenta grande potencial para uma abordagem interdisciplinar é “energia”, abordado em grande número de disciplinas e cuja compreensão adequada demanda inter-relações conceituais. Conforme defendido por Souza (2011), acredita-se que é possível trabalhar o tema junto com as disciplinas de biologia, física e química e, ainda, contextualizá-lo com outras disciplinas, ligadas ou não às ciências da natureza. Entretanto, a abordagem normalmente realizada no ensino ocorre a partir de uma “decomposição” da abordagem do conceito de energia, com o enfoque próprio dos objetivos e modelos de ensino em cada uma das áreas. O foco diferenciado para a energia, conferido por cada uma das áreas, é necessário e válido na aprendizagem de cada uma delas, mas a abordagem normalmente realizada não contribui para a ampliação e aprofundamento do conhecimento sobre o conceito. Isso se deve principalmente à falta de um movimento de reconstrução com a interligação dessas

abordagens. Assim, os estudantes veem de forma diferente a energia envolvida, por exemplo, na fotossíntese, em reações químicas, e em processos físicos, ou seja, eles não percebem a energia como um conceito único e, ao mesmo tempo, multifacetado.

Dessa forma, ao mesmo tempo em que energia se apresenta como um conceito central desenvolvido na educação básica, ele está associado a diversas dificuldades de ensino e aprendizagem e, por conseguinte, diversas concepções alternativas. Muitas vezes os alunos aprendem a repetir definições previamente construídas, sem atribuir significado e/ou compreender o conceito propriamente. Vosniadou (2007) afirma que os estudantes comumente apresentam diversas dificuldades em relação ao conceito de energia, associadas principalmente por requerer entendimento de teorias complexas e contra intuitivas, que representam uma explicação completamente diferente das teorias pessoais desenvolvidas a partir de suas vivências.

Diversas pesquisas têm relatado concepções alternativas dos estudantes em relação ao conceito energia, muitas das quais decorrentes da própria abordagem de ensino (MANN; TREAGUST, 2010). Dentre tais concepções, algumas podem ser destacadas, conforme apresentado por Watts (1993): (i) energia como vida ou algo intrínseco aos seres vivos; (ii) energia como substância ou um ingrediente “adormecido” do sistema; (iii) atividade/movimento como sendo energia; (iv) energia sendo um subproduto de estado ou sistema; (v) energia é um fluido que se transfere de um sistema para outro; (vi) energia como uma ideia geral de combustível, associada a aplicações tecnológicas. Além dessas, Ross (1983) aponta que uma concepção alternativa comumente encontrada é a ideia de que a energia é armazenada ‘dentro’ das ligações químicas e é liberada quando as ligações se quebram. Outras concepções alternativas dos estudantes sobre energia devem-se à associação a outras grandezas físicas, como força e trabalho.

Tais dificuldades de ensino e aprendizagem do conceito de energia têm apontado a necessidade de propostas de estratégias e/ou programas de ensino e debates específicos sobre essa temática (MILLAR, 2005).

Objetivos

Considerando a centralidade do estudo do conceito energia e o potencial da abordagem interdisciplinar para o desenvolvimento de um conhecimento orgânico do mesmo, o presente trabalho tem por objetivo avaliar o uso de uma estratégia de ensino com perspectiva interdisciplinar para o desenvolvimento do conhecimento sobre o conceito energia. A estratégia de ensino, desenvolvida com estudantes da segunda série do ensino médio buscou integrar física, química e biologia na compreensão dos aspectos energéticos relacionados à respiração e processos que envolvem a produção de energia para os seres vivos. Foram avaliados também aspectos metacognitivos relativos à percepção dos estudantes sobre a contribuição da abordagem interdisciplinar para o desenvolvimento de seus conhecimentos sobre energia e como eles percebem a importância de tal abordagem, de forma geral.

Metodologia

A coleta de dados

Os dados foram coletados com um grupo de 7 estudantes da segunda série do Ensino Médio, de uma escola pública federal da região metropolitana de Belo Horizonte. A sequência de atividades foi desenvolvida em 5 encontros com duração de duas horas cada. O público alvo foi definido por serem estudantes que tinham conhecimentos prévios da primeira e segunda

séries do Ensino Médio, especialmente relacionados a reações químicas, termodinâmica e citologia (incluindo respiração celular e fotossíntese).

Os dados foram coletados por meio de pré e pós-questionários, registro em vídeo das atividades, registro das atividades escritas e entrevistas individuais semiestruturadas, realizadas ao final da sequência de atividades. Os dados foram usados para a construção de um estudo de caso que buscou identificar como as atividades influenciaram na construção do conhecimento pelos estudantes.

A sequência de atividades

As atividades de ensino foram planejadas visando integrar aspectos enfocados em química física e biologia sobre o conceito energia, de forma que as diferentes abordagens das áreas se apresentassem complementares. As atividades foram desenvolvidas com a participação ativa dos estudantes, fazendo com que, a todo o tempo, eles verbalizassem seus raciocínios para possibilitar o acesso ao processo de construção do conhecimento. Tem-se abaixo um breve descritivo das principais ações e atividades desenvolvidas em cada encontro:

1º Encontro: esclarecimentos sobre a pesquisa, coleta dos termos de consentimento assinados pelos responsáveis e aplicação do pré-questionário, com o objetivo de identificar as concepções iniciais sobre a temática. Foi desenvolvido e discutido um experimento sobre a fermentação, abordado como um processo usado na produção de energia pelos seres vivos.

2º Encontro: exposição dialogada sobre a evolução histórica das ideias sobre calor e energia, seguida de discussões sobre as próprias ideias iniciais dos estudantes. Discussão de aspectos relacionados à fotossíntese e à respiração; o papel e a estrutura do ATP, suas transformações e a energia envolvida nessas, com construção de relações com a Primeira e Segunda Leis da Termodinâmica.

3º Encontro: discussão da analogia do corpo humano com uma máquina térmica, a produção de energia a partir dos alimentos e formas de conversão de energia no organismo. Construção de um calorímetro com materiais alternativos, para discutir questões sobre a energia dos alimentos e sua quantificação. Discussão de aspectos que interferem no metabolismo.

4º Encontro: continuidade da discussão sobre quantificação das calorias dos alimentos, formas de obtenção de energia e escolha dos alimentos para uma alimentação saudável. Discussão sobre substâncias que são fontes de energia para os seres humanos (carboidratos, proteínas e lipídeos), tipos de alimentos que são fontes dessas e aspectos termoquímicos de suas transformações.

5º Encontro: abordagem do processo de digestão, a importância das enzimas, e integração de metabolismo e respiração. Ao final, foram exploradas questões, na aula e no pós-questionário, como: “o que acontece com a energia dos corpos após a morte?”, “o que faz uma pessoa engordar?” e “porque uma pessoa não obtém energia para suas atividades a partir da ingestão de celulose?”. Tais questões objetivaram que os alunos explicitassem a compreensão desenvolvida sobre o tema e aplicassem os conhecimentos desenvolvidos. O pós-questionário incluiu questões para avaliar tanto o desenvolvimento conceitual quanto para os estudantes refletirem sobre a própria aprendizagem ao longo das atividades, com ênfase no papel da abordagem interdisciplinar para o desenvolvimento dos seus conhecimentos. As entrevistas realizadas posteriormente ajudaram a aprofundar questões conceituais, corroborar os dados dos questionários e aprofundar questões metacognitivas sobre a interdisciplinaridade.

Resultados e discussão

Energia: Definição e conceito

As respostas iniciais dos estudantes evidenciaram a dificuldade que eles têm no entendimento do conceito energia. Nas respostas de 5 (cinco) estudantes foram identificadas ideias de energia definidas a partir de outras grandezas físicas, como calor, força e trabalho; o que está em acordo com as concepções alternativas relatadas pela literatura (MILLAR, 2005).

“(…) é tudo aquilo que pode ser transformado em trabalho.” (A1)

“Energia é uma força capaz de realizar trabalho.” (A2)

O estudante A5, apesar de apontar a impossibilidade de *definir* energia, também associou energia à grandeza força e ainda evidenciou a associação dessa com a capacidade de o corpo armazená-la, apresentando a ideia de organismo vivo como reservatório energético.

“Energia não tem definição, mas ela é uma força que temos em nosso corpo, capaz de nos movimentar, fazer tudo, ou seja, é a energia armazenada em nosso corpo.” (A5)

O aluno A4, por sua vez, apresentou três diferentes definições para energia, evidenciando que ele percebe a abordagem diferenciada em cada uma das disciplinas e, ao mesmo tempo, reflete a sua limitação de integrar as diferentes visões.

“Na física a energia é algo indefinido, para a química energia é a força contida nos átomos e para a biologia a energia é a força que ajuda o organismo a desenvolver suas atividades.” (A4)

Após a participação nas atividades de ensino, todos os estudantes explicitaram que possuem dificuldade de construir uma ‘definição’ para energia. Em lugar da definição, eles apontaram conhecer que existem diferentes tipos de energia e que esses diferentes tipos podem se converter um em outro, ou em trabalho. Entretanto, três estudantes (A1, A2 e A4) apresentaram em suas respostas finais a associação de energia a “*um tipo de força*”, o que foi corroborado na entrevista e pode indicar a dificuldade de os estudantes estruturarem suas definições ou compreender o significado de diferentes grandezas.

Os estudantes explicitaram nas entrevistas que eles compreendem a complexidade e amplitude do termo energia e, até por isso, possuem dificuldade em defini-lo. Contudo, essa dificuldade de estruturar uma definição não implica em pouca compreensão do conceito, uma vez que esses alunos foram capazes de compreender diferentes formas de energia, processos de produção e conservação dessa.

Como os vegetais produzem energia? E os animais?

No pré-questionário e no início das discussões das atividades, todos os estudantes afirmaram que a produção de energia pelos vegetais se dá pela fotossíntese, o que demonstra uma confusão sobre esse processo e a respiração. Nenhum dos alunos considerou que a respiração é uma forma dos seres vivos e também dos vegetais obterem a energia necessária para manterem-se vivos. Tal ideia apareceu de forma recorrente, havendo seis estudantes que afirmaram que a fotossíntese ocorre apenas durante o dia (devido à presença da luz solar), e que assim a planta “*consome energia do Sol*”, enquanto à noite ela gasta essa energia com a respiração. Apenas um estudante associou que a planta consome energia todo o tempo, mas não detalhou ‘como’ isso ocorre.

Ainda na fase inicial das atividades, quando questionados sobre como o corpo dos animais obtêm energia para realizar suas atividades, quatro estudantes destacaram o processo de

digestão e os outros três disseram que a respiração é responsável por fornecer energia para os corpos. Ao descreverem o processo que ocorre no organismo humano para obtenção de energia através dos carboidratos, todos eles apresentaram como se fosse muito simples e acontecesse como mágica, o que explicita a falta de compreensão das diversas reações químicas e das múltiplas etapas envolvidas. Nesse momento, os estudantes tiveram de explicar o que entendiam por moléculas ‘mais energéticas’ e ‘menos energéticas’, em que quatro estudantes afirmaram que as moléculas com mais ligações com carbono, ou maior número de átomos de carbono, são mais energéticas, como ilustrado com a resposta do aluno A3. Os demais estudantes não souberam responder.

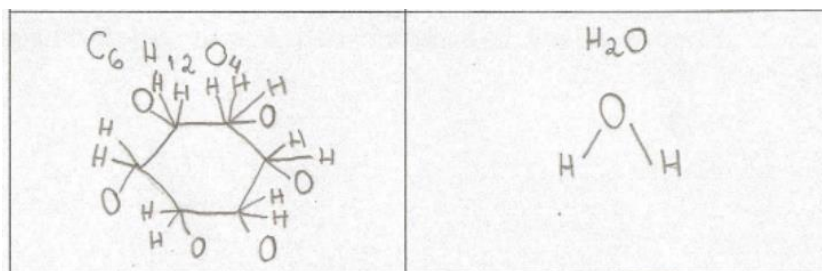


Figura 1. Representação do estudante A3 para moléculas mais energéticas e menos energética, respectivamente.

A representação errada do estudante A3 evidencia que ele não sabe a fórmula da glicose, mas tentou representar a estrutura com base no que ele lembrava ter visto. Contudo, a representação da fórmula não era foco dessa análise, mas a explicação de porque existem moléculas mais ou menos energéticas. Os estudantes mostraram acreditar que as ligações armazenam energia e assim, quanto mais ligações, mais energia tem a molécula. Isso evidencia que os estudantes tinham mais uma concepção alternativa muito comum associada ao armazenamento de energia nas ligações químicas, o que ficou evidenciado pelo questionamento de A3:

“Como a energia está contida nas ligações químicas?” (A3)

A palavra ‘contida’ reflete, mais uma vez, a ideia de reservatório e essa questão do estudante explicita a dificuldade de relacionar moléculas mais e menos energéticas. Esta questão foi amplamente discutida, com integração de aspectos biológicos e químicos dos processos envolvidos na fotossíntese e respiração, em que os estudantes conseguiram fazer construções relevantes para a compreensão dos mesmos. Por exemplo, ao final todos os estudantes foram capazes de explicar, de forma clara e correta, a atuação das enzimas como catalisadores e as relações energéticas na presença dessas. Além disso, os estudantes se mostraram aptos a desenvolver a analogia do corpo humano com máquinas térmicas, enfocando o processo de transformação de energia e identificando os aspectos positivos e negativos da analogia.

Ao longo do estudo dos processos de fotossíntese e respiração, destacou-se o desenvolvimento da compreensão sobre a função e a estrutura do ATP (molécula de adenosina trifosfato). Todos os estudantes afirmaram que só tinham estudado essa molécula em biologia, e que não tinham visto a estrutura da mesma. Um dos estudantes destacou a diferença que ele percebeu entre a representação dos livros e a discussão das aulas:

“(…) mas por que nos livros o formato é de uma moedinha?” (A3)

No estudo da respiração ficou evidente que os estudantes traziam concepções associadas à atividade do ATP como molécula imbuída de um controle sobre o processo de glicólise:

“O ATP gruda na molécula de glicose para quebrá-la durante o processo de glicólise” (A2)

Isso evidencia que os estudantes não associavam tal processo a interações e/ou ligações químicas, o que foi desenvolvido ao longo do processo. Além disso, eles foram capazes de relacionar a respiração das plantas e dos animais e como tal processo é responsável pelo fornecimento de energia. Os estudantes conseguiram comparar o funcionamento do calorímetro e o processo de obtenção de energia pelo corpo a partir dos alimentos.

Diante de questionamentos inéditos, os estudantes mobilizaram os conhecimentos desenvolvidos nas atividades, em que todos os estudantes apresentaram respostas coerentes sobre a transformação de energia e balanço energético, metabolismo, transformação das substâncias nas reações bioquímicas e outros aspectos energéticos. No questionamento sobre o porquê de as pessoas não poderem se alimentar de celulose, apenas dois estudantes não souberam responder, o que pode explicitar dificuldade de acessar os conhecimentos desenvolvidos ou mesmo de associar os processos de digestão e o metabolismo. Nas demais questões, os estudantes demonstraram compreender os processos bioquímicos do ponto de vista macro e submicroscópico, com integração de conhecimentos sobre as reações envolvidas, transformação e conservação de energia.

Aspectos metacognitivos sobre a abordagem interdisciplinar

Todos os estudantes destacaram a grande diferença de abordagem entre as atividades desenvolvidas nessa pesquisa e as aulas que tiveram na escola, com destaque para como tal abordagem ajudou a pensar nas questões problemas colocadas ao final da pesquisa. O estudante A7 ressaltou:

“Se for olhar só o livro didático, a gente não vê essa relação, a gente mesmo que têm que parar e ligar as coisas.” (A7)

Essa e outras falas explicitaram que os estudantes perceberam a compartimentalização do conhecimento como é tradicionalmente trabalhado e destacaram diversos aspectos positivos da abordagem interdisciplinar, que contribuem para o desenvolvimento da própria aprendizagem. Os estudantes expressaram argumentos associados à potencialidade da abordagem para: “*entender melhor*”, “*entender de verdade*”, “*ir mais a fundo nas ideias*”, “*gostar mais de física*”, entre outros. Os estudantes manifestaram interesse em ter mais aulas com abordagem integrada entre as ciências, chegando até mesmo a sugerir temas em que esse ensino poderia se realizar.

A realização da reflexão metacognitiva, apesar de não ter sido analisada ao longo das atividades, pareceu estar presente, pelo menos em parte, de forma espontânea ao longo do processo. Isso ficou claro pelas entrevistas, onde os estudantes relataram que já estavam percebendo as contribuições da abordagem realizada mesmo antes das questões voltadas à explicitação dessa reflexão. Contudo, observa-se que uma análise metacognitiva dá-se de forma mais estruturada mediante a intencionalidade no processo, uma vez que os estudantes relataram que o momento em que pararam para analisar o que vivenciaram os fez perceber o quanto eles aprenderam.

Conclusão

Para além dos limites das definições estabelecidas em cada campo da ciência, o conceito energia é central não apenas no ensino das disciplinas, mas também na vida das pessoas. Compreender tal conceito, de uma forma mais ampla, tende a habilitar cidadãos a inferir sobre diversas questões, associadas ao que os cerca e mesmo sobre o próprio corpo.

O desenvolvimento do conceito de energia de uma forma interdisciplinar mostrou contribuir diretamente para a compreensão de pontos que são fruto de concepções alternativas frequentes. Tais concepções, apresentadas claramente pelos estudantes que participaram dessa pesquisa, mostram-se muitas vezes como consequência do excesso de simplificações no ensino, uso de modelos que levam ou reforçam tais concepções e falta de aprofundamento nas interfaces disciplinares que envolvem o conceito energia.

Uma abordagem integradora, de aspectos normalmente segmentados entre a física, química e biologia, mostrou ampliar o desenvolvimento da compreensão dos estudantes sobre aspectos energéticos da fotossíntese e respiração, entre outros pontos associados a esses (como metabolismo, nutrição, transformação e conservação de energia). Mesmo permanecendo a dificuldade de se definir energia, observou-se o significativo desenvolvimento do conceito e aplicação do mesmo. Além disso, a dificuldade de definir energia esteve, ao mesmo tempo, associada à própria compreensão do quão amplo é tal conceito.

O desenvolvimento do conhecimento ficou evidente aos próprios estudantes que, a partir de reflexões sobre a própria aprendizagem, apontaram como perceberam o grande potencial da abordagem interdisciplinar para o desenvolvimento da compreensão do conceito energia e, ainda, destacaram o interesse do desenvolvimento de outros temas de forma semelhante.

Agradecimento

À FAPEMIG.

Referências Bibliográficas

AUGUSTO, T. G. S.; CALDEIRA, A. M. A. Dificuldades para a implantação de práticas interdisciplinares em escolas estaduais, apontadas por professores da área de ciências da natureza. **Investigações em Ensino de Ciências**. v.12, n.1, 2007, p.139-154.

BONATTO, A., et al. Interdisciplinaridade no ambiente escolar. In: IX ANPED SUL, 2012, Caxias do Sul. **Anais da IX ANPED Sul**, 2012.

KIND, V. Science teachers' content knowledge. In: VENKAT, H., ROLLNICK, M., LOUGHRAN, J., & ASKEW, M. (Eds.) **Exploring Mathematics and Science Teachers' Knowledge: Windows into Teacher Thinking**. London: Routledge, 2014, p. 27-43.

MILLAR, R. **Teaching about energy**. York, UK: University of York, Department of Educational Studies, 2005.

ROSS, K. There is no energy in food and fuels - but they do have fuel value. **School Science Review**, 75, 1993, p. 39-47.

SILVA, L. H.; PINTO, F. N. P. Interdisciplinaridade: as práticas possíveis. **Revista Querubim**, v. 5, p. 1-18, 2009.

SOUZA, V. C. A.; JUSTI, R. Interloquções possíveis entre linguagem e apropriação de conceitos científicos na perspectiva de uma estratégia de modelagem para a energia nas transformações químicas. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, 13, p. 31-46, 2011.

VOSNIADOU, S. The cognitive-situative divide and the problem of conceptual change. **Educational Psychologist**, v. 42, n. 1, p. 55-66, 2007.

WATTS, D. M. Some alternative views of energy. **Psychological Education**, v. 18, 1983, p. 213-217.

MANN, M.; TREAGUST, D. F. Students' conceptions about energy and the human body, **Science Education International**, v. 21, n. 3, 2010, p. 144-159.