

MAPAS CONCEITUAIS: UMA CONSTRUÇÃO DO CONCEITO DE ENERGIA, DO SOL À CÉLULA, COM ESTUDANTE DO NORMAL MÉDIO

ENERGY: FROM SUN TO CELL, A CONCEPTUAL CONSTRUCTION WITH STUDENT OF AN UNDERGRADUATE TEACHER EDUCATION COURSE

*Iara da Glória Marcos da Silva*¹

*Ana Maria dos Anjos Carneiro Leão*², *Helaine Sivini Ferreira*³

¹Secretaria de Educação do Estado de Pernambuco /Escola João Fernandes da Silva; iaragloria@gmail.com

²Universidade Federal Rural de Pernambuco; amanjos_2000@yahoo.com.br

³Universidade Federal Rural de Pernambuco/Departamento de Educação; hsivini@terra.com.br

Resumo

Neste trabalho, apresentamos parte dos resultados da pesquisa desenvolvida durante o curso de mestrado, que analisou o processo de construção do conceito de energia através de uma intervenção didática, focada na transformação, transferência, degradação e conservação da energia. Nessa intervenção didática, reunimos conceitos da Física, Química e Biologia, para estudarmos o percurso da energia do Sol à célula. Embora a abordagem tenha um caráter linear, apresenta um aspecto inovador por utilizar um contexto cujas dimensões variam de uma escala macroscópica até uma escala microscópica (Sol, Terra, Ecossistemas, Folha, Célula e Cloroplasto), além de incluir uma discussão sobre processos de transformação que relacionam matéria com energia. Neste artigo, apresentaremos a estrutura dessa intervenção e analisaremos a dinâmica conceitual da estrutura cognitiva de um dos alunos.

Palavras-chave: aprendizagem significativa; energia; transdisciplinaridade

Abstract

In this work we present part of the results of a research developed during a master degree course, which analyzed the process of construction of energy concept through a didactic intervention, which focused on transformation, transference, degradation and conservation of energy. In this didactic intervention, we gathered concepts from Physics, Chemistry and Biology in order to study the energy course, from Sun to cell. Despite its linear character, this approach presents an innovation, since it is developed in a context with dimensions that vary from a macroscopic to a microscopic scale (Sun, Earth, Ecosystems, Leaf, Cell and Chloroplast) besides including a discussion about transformation processes, which relate matter to energy. In this article we shall present the structure of this intervention and analyze the conceptual dynamics of students' cognitive structure.

Keywords: meaningful learning, energy, transdisciplinarity

INTRODUÇÃO

Na escola, a discussão sobre a aprendizagem dos estudantes é um dos assuntos do cotidiano, seja como ela acontece ou de que modo podemos auxiliar no processo e/ou ainda como saber se o estudante aprendeu. São trocas de experiências que contribuem com a reflexão do que se faz, do sentido de ser professor. Mas apenas as discussões oriundas das experiências não são suficientes para dar uma resposta aos questionamentos sobre aprendizagem. A pesquisa em educação, e para nós na educação científica, é importante subsídio para essas discussões, uma vez que se estudam situações da sala de aula, onde professores e alunos interagem para a construção de conhecimentos escolares.

A educação científica no Brasil inicia na primeira série do Ensino Fundamental (BRASIL, 1998) e para realizá-la ainda encontram-se professores apenas com a formação do Normal Médio. É consenso que quanto mais o professor conhecer sobre os conceitos científicos, mais ele pode contribuir para a compreensão do estudante sobre a ciência. Então, junto aos alunos do Curso Normal Médio, com objetivo de investigar sobre a construção do conceito de energia, realizamos uma intervenção didática na disciplina Metodologia e Didática das Ciências Naturais. Essa intervenção foi objeto de estudo durante o curso de mestrado, na Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, na qual os conteúdos foram organizados em torno do conceito de energia. A escolha desse conceito se justifica por fazer parte das ciências naturais e ser possível através dele interligar conhecimentos de Física, Química e Biologia.

O conceito, o princípio da conservação e as formas de energia têm sido amplamente empregados em estudos relacionados à construção deste conceito em sala de aula (DRIVER e WARRINGTON, 1985; HIERRIZUELO e MOLINA, 1990; SOLBES e TARIN, 1998; PEDRAJAS, 2000; ASSIS e TEIXEIRA, 2003; BARBOSA E BORGES, 2003; BAÑAS, MELLADO e RUIZ, 2004; BORGES e BARBOSA, 2005; SILVA E MORADILLO, 2005; FOLLARI, PERROTTA, DIMA e GUTIÉRREZ, 2011). Nestes estudos concepções e dificuldades sobre a energia foram identificadas, bem como apresentados diferentes materiais para possibilitar o êxito no ensino desse conceito. Segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1980), os materiais de ensino são de responsabilidade do professor, que deve organizar os conteúdos escolares para facilitar a aprendizagem.

Nesse sentido, o conhecimento prévio do aluno sobre o que se vai ensinar é muito importante para o professor, que poderá identificar os possíveis conceitos que servirão de ancoragem para os novos, em direção a uma aprendizagem significativa (AUSUBEL, NOVAK e HANESIAN, 1980; MOREIRA, 1999; MADRUGA, 1986 apud COLL et al., 1996). Esses novos conceitos relacionam-se aos conceitos já existentes, através de palavras de ligação, formando proposições. Esse processo ocorre na estrutura cognitiva daquele que aprende. Na educação científica, essas proposições são válidas quando apresentam sentido para a ciência, daí entendemos que está ocorrendo aprendizagem. Uma das formas de visualizar as proposições são os mapas conceituais na perspectiva de Novak (MOREIRA, 1999; MOREIRA e BUCHWEITZ, 1987). Este recurso permite ao professor e ao aluno visualizarem as relações conceituais que foram estabelecidas.

A metodologia da dissertação foi qualitativa (OLIVEIRA, 2005; TRIVIÑOS, 1987) e participante (ANDRÉ, 1995; 2001). Foram analisados, com bases na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, nos Mapas Conceituais na perspectiva de Novak, em conhecimentos sobre a formação e o conceito de energia dos vários autores citados anteriormente: questionário aberto, atividades, esquema (figura 2) e sequência de mapas

conceituais de cinco estudantes, que participaram de toda intervenção. Para este artigo, faremos um recorte: apresentaremos de forma resumida a teoria da aprendizagem significativa e mapa conceitual, a estrutura da intervenção e discutiremos sobre a construção do conceito de energia de um dos participantes da intervenção, que esteve presente em todos os momentos da mesma.

TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL E MAPA CONCEITUAL

Essa teoria, voltada para a aprendizagem em sala de aula, foi criada na década de 60 por David Ausubel. O mesmo entendia que a aprendizagem não seria um processo de estímulo-resposta, mas poderia ocorrer em um continuum, desde uma recepção de conteúdos, na forma acabada, até a aprendizagem por descoberta pessoal. Considerou a aprendizagem um processo mental em que o estudante reorganiza o material, adaptando-o à sua estrutura cognitiva formando o conhecimento e assimilando conceitos, de modo idiossincrático. Em geral, esse é um processo ativo em que ocorre relação, diferenciação (distinguir os conceitos) e integração (ideias que estão soltas, mas que durante a nova aprendizagem possam se agrupar) com os conceitos existentes na estrutura cognitiva, denominados de subsunçores (AUSUBEL, NOVAK e HANESIAN, 1980).

Algumas condições básicas para uma aprendizagem significativa foram apontadas por Ausubel, Novak e Hanesian (1980): a vontade de aprender e a disposição tanto emocional quanto cognitiva para relacionar os conceitos, adotando uma atitude ativa de relacionar às ideias novas ideias velhas; caso contrário, a aprendizagem pode ocorrer de forma mecânica, de modo literal. Um bom recurso apontado por Ausubel para auxiliar ao aluno deixar sua estrutura cognitiva em alerta, é o emprego de materiais introdutórios, denominados de organizadores prévios. Esses materiais devem conter um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade, pois podem agir como pontes de ligação entre o que o aprendiz sabe e o novo material, já que a estrutura cognitiva está organizada de forma hierárquica (MOREIRA, 1999).

Uma ótima ferramenta para visualizar a dinâmica da estrutura cognitiva são os mapas conceituais. Segundo Moreira e Buchweitz (1987), não há um mapa certo ou errado, pois o mesmo é fruto dos conceitos e das relações que o indivíduo estabelece. Como a estrutura cognitiva se reorganiza constantemente, tanto por diferenciação progressiva – diferencia os conceitos do mais geral aos mais específicos quanto por reconciliação integrativa – relaciona as ideias ou conceitos já existentes, os subsunçores se modificam e os mapas conceituais construídos nesses momentos também são mutáveis. Construir, “negociar”, apresentar e refazer os mapas conceituais são processos facilitadores da aprendizagem significativa (MOREIRA, 1988). Segundo Novak (1999, apud ALMEIDA, SOUZA e URENDA, 2003), através do mapa de conceitos podemos analisar e classificar as proposições estabelecidas, a hierarquia, as ligações cruzadas, os exemplos, observar a presença de subsunçores, inclusão de conceitos e a presença de palavras de ligação. Para Almeida, Souza e Urenda (2003), a proposição é válida quando se instaura significado entre os conceitos, bem como as ligações cruzadas sejam ligações na horizontalidade, que indicam a complexidade das relações do conceito na estrutura cognitiva do aprendiz.

A organização do material de ensino é tão importante quanto a verificação da aprendizagem. Daí, que em seguida, abordaremos sobre a organização do material utilizado

na intervenção, no qual foi criado um percurso: do Sol à célula, para a energia, em analogia aos níveis de realidade (NICOLESCU, 2001), do gigantesco ao microscópico, que perpassa por diferentes graus de materialidade: Terra, Ecossistemas, Planta, Folha, Célula e Cloroplasto, considerando um fazendo parte do outro, numa relação de pertencimento (EL-HANI, 2000).

ORGANIZAÇÃO DO MATERIAL UTILIZADO NA INTERVENÇÃO

Dentre os alunos que recebem uma formação científica, em nível médio, é importante destacar os que optam pelo Normal Médio, possivelmente serão professores de crianças na Educação Infantil e séries iniciais do Ensino Fundamental. Apesar da exigência do graduado para esse nível de ensino, é ainda possível encontrar professor apenas com a formação do Ensino Médio. A matriz curricular recomendada para o Normal Médio é a mesma do Ensino Médio, acrescida de disciplinas pedagógicas (BRASIL, 1999). Contudo, a Biologia, Física e Química são disciplinas que no ano de aplicação da intervenção continuam menos horas de formação. Devido a esses aspectos, escolhemos alunos do 4º ano do Normal Médio como sujeitos da pesquisa.

A escolha do conceito de energia foi feita com o objetivo de relacionar as três disciplinas (Física, Química e Biologia), as quais formam a área das ciências naturais, bem como por ser este um conceito que pode ancorar vários outros, favorecendo a formação de uma postura transdisciplinar (NICOLESCU, 2001). Além disso, a estrutura da intervenção permitiu ao aluno transitar entre níveis de organizações macro e microscópico, interligando-os. Na idealização do percurso para a energia, consideramos as propriedades de transformação, transferência, degradação e conservação da energia. Esse percurso teve o Sol como origem e a célula vegetal como final.

Um conjunto de atividades foi criado para ativar o conceito de energia. Utilizamos mapas conceituais, um vídeo sobre o Sol, textos, situação-problema, atividades ilustradas e um esquema contendo níveis de organização em diferentes escalas (figura 2). A exploração de diferentes escalas teve o objetivo de forçar uma reflexão sobre o conceito de realidade, explorando a ideia de descontinuidade, tanto na matéria quanto na energia (MORIN, 2000).

Segundo Nicolescu (2001), a realidade pode ser percebida em níveis. Por exemplo, em nosso corpo coexistem as estruturas quânticas (um nível) e macrofísicas (outro nível), numa dinâmica entre esses, níveis de realidade distintos. Mas o acesso a esses diferentes níveis de realidade é possível devido à existência de diferentes níveis de percepção. É conhecido que o nosso campo de visão está ampliado por meio dos instrumentos, tanto para o ‘alto’, o infinitamente grande, através de telescópios e satélites, quanto para o ‘baixo’, o infinitamente pequeno, através de microscópios e aceleradores de partículas. De acordo com Ruffino (1999), a ciência trabalha com ordens de grandeza 10^{20} vezes menor ou maior que as dimensões do nosso corpo. Assim, foi o avanço tecnológico que possibilitou à ciência ampliar as dimensões de estudo, confirmando que leis para explicar fenômenos em nível macroscópico diferem das leis que podem explicar os fenômenos microscópicos (na ordem menor ou igual a 10^{-9}).

Conforme Bastos (2004), à luz de uma visão de mundo, os conceitos são criados para que se compreenda o objeto de estudo e também seja possível a organização das estruturas disciplinares. Os conceitos que são criados pelos cientistas, segundo Videira (2005), são definidos em condições especiais, numa “decisão ou convenção, do cientista, tomada a partir

de seu objetivo inicial” (p.28). De acordo com Fourez (1995), é possível que tanto o objeto de estudo quanto os conceitos científicos possam ser revistos e reestruturados em determinados momentos.

Mais de dois séculos foram necessários para se chegar à compreensão do conceito de energia (SOLBES e TARÍN, 1998). Uma forma adequada de expressar o Princípio da Conservação da Energia, foi enunciada claramente por Hermann von Helmholtz: “não há jamais criação ou destruição de energia, mas somente conversão da energia de uma forma em outra” (BEN-DOV, 1996; p.59). Este enunciado permitiu a construção da ideia de balanço energético para um determinado sistema: a energia que o sistema recebe do exterior menos a energia que deixa o sistema é igual à variação de energia do sistema, a quantidade de energia que permite a dinâmica do sistema. Por definição, o universo é um sistema fechado, sua energia é constante e, por ocasião dos diversos processos físicos, sofre unicamente transformações (BEN-DOV, 1996). A classificação da energia foi estabelecida para efeitos didáticos em fontes, formas (MONTANARI, 2005) e qualidade (ODUM, 1987).

Segundo Montanari (2005), não se tem uma definição da energia que atenda a muitas situações. Talvez este aspecto do conceito torne possível, no ensino básico, abordagens da energia bastante fragmentadas e descontextualizadas, dificultando uma formação de competência nos discentes e docentes; a enculturação científica (CARVALHO, 2007); o link com o cotidiano e a articulação entre os conhecimentos por parte dos professores e dos alunos. Na direção da construção desse conceito, concordamos com Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2003), que não definem a energia, mas fazem uma abordagem numa perspectiva de trabalho acadêmico transdisciplinar. Nessa perspectiva, além dos diferentes níveis de realidades, as propriedades de transformações, transferências, degradações e conservações da energia foram empregadas no material que construímos (figura 1).

Em seguida, ao apresentarmos a metodologia e resultados, iremos tecendo as discussões, mas não apresentaremos para este trabalho todas as discussões devido às limitações de espaço.

METODOLOGIA, RESULTADOS E DISCUSSÕES

A intervenção ocorreu em escola pública, situada na zona urbana de Garanhuns, no estado de Pernambuco. A população era de 28 alunos da 4ª. série do Ensino Normal Médio, com faixa etária entre 17 e 42 anos de idade. Alguns desses já trabalhavam na Educação Infantil. Em seis encontros, com durações de tempo diferentes, desenvolvemos várias atividades, com objetivos distintos. Ao final de cada atividade, socializávamos as respostas, fazíamos comentários e fornecíamos explicações científicas. Os instrumentos de pesquisa foram: questionário, atividade sobre o princípio da conservação da energia, esquema (figura 2) e conjunto de mapas conceituais criados pelos alunos a partir do segundo encontro.

Para analisar o conceito de energia foram utilizadas as categorias propostas por Driver e colaboradores (1994, apud BORGES e BARBOSA, 2005). Esses autores encontraram cinco categorias para energia e destas encontramos quatro com nossos alunos: a visão antropocêntrica da energia; a energia armazenada ou vista como agente causal armazenado em certos objetos (reservatório); associada à força e movimento e como um fluido, ingrediente ou produto - algo que pode ser contido, dado, armazenado, transportado, conduzido.

No primeiro encontro (100 min.), foi aplicado o questionário. Nossos objetivos foram identificar os conhecimentos prévios sobre a energia e as ideias que poderiam servir de subsunçores para o conceito científico da energia. No questionário, a aluna A18 apresentou a ideia do conceito de energia como um produto: “ela é produzida por meios naturais, como forma de atender algumas necessidades”, possivelmente se limitando à energia elétrica oriunda da queda d’água. Já para a maioria dos indivíduos da amostra, a visão antropocêntrica, numa concepção vitalista, foi a categoria mais identificada. Segundo El-Hani (2000), o vitalismo estabelece diferenças na constituição entre os seres vivos e os seres não vivos, não sendo possível uma ser derivada ou reduzida da outra. É uma concepção atrelada à crença em Deus. Nos mapas da aluna A18 (números 1, 2 e 3; figura 3) a visão antropocêntrica foi detectada, do primeiro ao último mapa conceitual. Como possíveis subsunçores: luz, energia solar, pessoa, forma, fonte, transformação e atividade.

Entender o Princípio da conservação da energia através da transformação, transferência, degradação e conservação energética é fundamental quando se quer compreender sobre a energia. Dentre estas situações implícitas no princípio da conservação da energia, a ideia de conservação foi a que se sobressaiu, no sentido de armazenamento, racionamento, preservação e saber usar. Estas idéias demonstram que os alunos desconhecem ou não se lembraram do referido Princípio, pois através dele sabe-se que a energia se conserva porque se “trans-forma” (SILVA e MORADILLO, 2005). A aluna A18 deixou esta questão em branco. Em relação à transformação energética, ela associou com algo que se pode transformar em energia: “é quando usamos algum elemento ou substância para transformá-la em energia”, já outros alunos relacionaram com a sobrevivência humana e armazenamento; e, a transferência energética, foi associada ao sentido de passagem; a ideia de degradação não surgiu.

Também no questionário, pedimos para os alunos relacionarem imagens a fenômenos associados ao comportamento da luz e ao modo como a energia pode ser transferida: refração, absorção, reflexão, radiação, condução e convecção. Esses eventos são comuns nos livros de Ciências e de Física. Das relações esperadas entre as figuras e os fenômenos físicos (figura 4), as mais identificadas pelos alunos foram a da figura 2 com a reflexão, e a da figura 5 com a radiação; a relação menos identificada foi a da figura 4 com o fenômeno de absorção. As figuras 2 e 4 poderiam ser associadas ao fenômeno de reflexão. Porém, os alunos identificaram a reflexão apenas na figura 2. Esta situação sinaliza que um termo empregado em situações do cotidiano, como é o termo reflexão, não garante que o aluno sabe identificar cientificamente o fenômeno, daí ser necessário que ele seja iniciado nas formas científicas de conhecer (DRIVER et al., 1999; BACHELARD, 1998).

Para conhecermos a relação que os alunos estabeleciam em uma situação de maior abstração, entre a energia solar e a produção de matéria orgânica na célula (fotossíntese), solicitamos que justificassem a afirmativa: A energia encontrada nas células vegetais ou animais está relacionada com a energia solar. Dos alunos que responderam essa questão, apenas um citou a fotossíntese. Outros escreveram aspectos mais perceptíveis, tais como o crescimento e desenvolvimento de animais e vegetais, bem como aquecimento. Já outros citaram a obtenção de nutrientes através dos raios solares. Mas a radiação solar não tem em sua composição vitaminas ou nutrientes, nem funciona como alimento ou traz frutos. Essa última colocação dos alunos aponta para uma ausência de entendimento da energia na fotossíntese. E nessa intervenção o conceito de fotossíntese não foi explorado detalhadamente.

No segundo encontro (150 min.), construímos no quadro verde, com a participação dos alunos, um mapa conceitual, utilizando conceitos dos níveis de organização do corpo

humano, para que eles conhecessem um modelo e a partir daí construíssem seus próprios mapas conceituais sobre a energia. Após essa construção, foi distribuído o texto: Discurso prático sobre energia e suas transformações (GLEISER, 2005), como organizador prévio. Em voz alta, os alunos leram o texto e destacaram os pontos principais e, em grupos, realizaram uma atividade, que continha a questão: A conta de luz nos traz uma leitura da quantidade de energia que foi “consumida” em kW. Pensando bem... a energia foi consumida ou foi transformada? Justifique. A segunda parte da atividade solicitava dos estudantes a observação de oito figuras para indicarem as fontes e as formas de energias associadas às mesmas.

Nesta atividade, todos os grupos explicitaram a ideia de consumo ao invés de transformação. E na segunda parte, eles indicaram as fontes de energia corretamente, mas poucas formas de energia de maneira correta. Esse aspecto também foi identificado por Pedrajas (2000). As formas de energia metabólica e corporal foram citadas pelos alunos e, nosso argumento não foi suficiente para convencê-los de que, para a segunda não há respaldo científico, e a primeira esta relacionada a um balanceamento energético. Essa resistência do aluno, segundo Schnetzler (1992), é um aspecto que torna difícil a alteração da estrutura cognitiva. Em seguida assistimos o DVD: O Sol, a usina da vida (GALÁTICA, 2000), e após a exibição, discutimos as imagens que foram mais marcantes, enfatizando as transformações e a forma de transferência da energia no Sol e do Sol à Terra.

No terceiro encontro (100 min.), focamos nas transformações atômicas que ocorrem no Sol, ilustradas no vídeo anterior, e salientamos as transferências da energia: radiação e correntes de convecção. Comentamos sobre os desenhos dos modelos atômicos criados pelos alunos e, com auxílio de transparências, discutimos sobre a fusão nuclear, liberação de partícula, radiação e correntes de convecção. Além das transparências, um grupo de alunos construiu um experimento para perceber as correntes de convecção através do deslocamento da água. Os fenômenos de absorção, reflexão e refração foram abordados através de ilustrações e experiências do cotidiano. Ao final foi distribuído um texto, construído por nós, para que lessem em casa - As correntes de convecção: a natureza e os seres vivos.

No quarto encontro (100 min.), além da abordagem sobre transferência da energia solar na própria Terra, da reflexão, recepção e degradação da energia solar nos ecossistemas, ligada às condições ambientais e de vida, foi realizada a primeira revisão no mapa conceitual que fora construído no primeiro encontro. Cada aluno recebeu uma cópia do seu mapa conceitual para fazer as modificações que considerasse pertinentes.

No quinto encontro (150 min.), destacamos a folha como componente macroscópico do ecossistema, que captura, reflete, transfere e degrada a energia solar. Destacamos aspectos morfológicos da folha. Com ilustração, explicamos a fotossíntese e realizamos uma segunda experiência, utilizando extrato de folhas e álcool. Em seguida, estabelecemos uma relação entre as cores, a presença de pigmentos e a captação de energia. Distribuimos por equipe a situação-problema: O caldo-de-cana é uma bebida apreciada pela maioria dos nordestinos. Ela é extraída do colmo da cana-de-açúcar e possui alto teor de sacarose, um dissacarídeo de glicose e frutose. Explique a origem desse açúcar, uma vez que não é encontrado no solo. Nenhuma equipe comentou sobre a síntese de moléculas, através da transformação energética e que acontece na folha.

No último encontro (100 min.), os estudantes receberam o esquema (figura 2), atividade construída em analogia aos níveis de realidade proposto por Nicolescu (2001) e, em seguida, uma cópia do segundo mapa conceitual para novas alterações. Esse esquema simbolizou o percurso da energia idealizado e foi construído para possibilitar dois momentos de reflexão distintos: as dimensões de cada sistema ilustrado e o percurso da energia. Analisamos a escala empregada pelos alunos e a energia nas interfaces Sol-Terra, Terra-

Ecossistema, Ecossistema-Folha, Folha-Célula, Célula-Cloroplasto, porém ambas as análises não serão totalmente comentadas neste trabalho. Pincelarei as colocações da aluna A18 nas interfaces.

Para cada interface, a aluna forneceu as seguintes respostas: interface Sol/Terra - “os raios ultravioletas que têm origem no Sol”; interface Terra/Ecossistema - “A radiação solar que chega à Terra aquece-a. E as correntes de convecção possibilitam o deslocamento das camadas de ar quente ou frio”; interface Ecossistema/Folha - “A energia possibilita o convívio entre os seres vivos, onde a necessidade da mesma leva-os a se alimentarem uns dos outros”; interface Folha/Célula - “É nas folhas que as plantas respiram e absorvem a energia solar. As folhas são formadas por células vegetais” e interface Célula/Cloroplasto - “que contém o cloroplasto, que possui a clorofila e dá cor às plantas, transformando a energia solar em energia química”. As relações entre os conceitos estabelecidas nas interfaces nos fazem crer que são características de um processo combinatório (AUSUBEL, NOVAK e HANESIAN, 1980), o qual não garante a incorporação definitiva destes conceitos à sua estrutura cognitiva.

Os mapas conceituais foram transcritos através do software Cmap Tools, adquirido gratuitamente no site da UFRGS (<http://www.ufrgs.br/leadcap>).

Sobre os mapas conceituais da aluna A18 temos que no primeiro mapa conceitual, os subsuores identificados foram: ‘energia solar’, ‘corporal’ e ‘forma’ – não na sua etimologia, mas na ideia, como também o conceito ‘origem’. Este mapa apresenta três níveis, hierarquizado apenas entre o primeiro e o segundo nível, onde os conceitos são inclusivos; já no terceiro os conceitos não são mais inclusivos. Há proposições válidas e verdadeiras entre o primeiro e o segundo nível, como por exemplo: ‘energia pode ser eólica’ e do segundo para o terceiro nível: ‘eólica origem da ação dos ventos’. Contudo, no terceiro nível essa aluna deixou boxes cheios de palavras, o que ilustra a falta de clareza entre conceitos.

No segundo mapa conceitual, a aluna manteve o conceito mais geral ‘energia’, ampliou o mapa para quatro níveis, completou a conexão entre os conceitos do segundo nível com os do terceiro nível. Não surgiram ligações cruzadas. Do terceiro para o quarto nível, a aluna reuniu todos os boxes do terceiro com um box do quarto nível, onde há conteúdos de nossas discussões e atividades: a energia é transformada e o alimento é nossa fonte de energia. Do texto de Marcelo Gleiser (2005), ela reteve a informação de que ao empurrarmos um carro utilizamos energia oriunda dos alimentos.

Já o terceiro mapa conceitual contém cinco níveis hierárquicos. Manteve o conceito mais geral ‘energia’ e colocou em cada nível, em relação ao posterior, conceitos mais inclusivos. Os boxes, que estão em linha tracejada, contêm exemplos. O conceito ‘energia’ está ligado a vários blocos de informações: nos dois primeiros blocos da direita há informações sobre fontes, formas e exemplos; no segundo bloco da esquerda, a informação está relacionada a um processo; e o primeiro bloco da esquerda, com informações de aspectos psicológicos. Percebem-se os boxes com conceitos e poucos são os que possuem mais informações. É um mapa conceitual que contém mais palavras de ligação e, em comparação com o segundo mapa conceitual, ela fez uma inversão na ordem dos níveis: colocou primeiro a fonte de energia, depois as formas e em seguida os exemplos. É um mapa conceitual melhor organizado. Podemos observar através das relações ‘energia pode ser transformada’ ‘exemplos’ ‘alimento tem energia, energia de nossa casa’ que a propriedade de transformação foi identificada.

No último mapa foi possível perceber uma ideia da energia multifacetada, podendo relacioná-la a agente causal, identificar fonte e formas, bem como propriedades de transferência e transformação, e também, perceber a convivência de informações científicas e de suas crenças. Ao decorrer da intervenção observamos processos de reconciliação

integrativa e diferenciação progressiva, que segundo Moreira e Buchweitz (1987, p.24), “ocorrem no curso da aquisição ou mudança do significado de um conceito”.

CONCLUSÕES

Acompanhar o processo de construção do conceito de energia foi nosso maior desafio. Os conceitos científicos emergidos da mente da aluna, no esquema (figura 2), fazem-nos acreditar que a utilização de imagens favorece a aprendizagem. As variações das relações conceituais ocorridas na estrutura cognitiva da aluna, identificadas nos mapas conceituais, apontam para o processo de construção do conceito de energia de modo gradativo. E algumas proposições que não são válidas para a educação científica, nos levam a crer que o dinamismo da estrutura cognitiva, nesse período, foi insuficiente para estabelecer novas e significativas inter-relações conceituais.

Esta pesquisa não esgotou todas as possibilidades da construção do conceito de energia no Ensino Médio, contudo é mais uma contribuição para sua discussão. É possível que, devido ao seu alto grau de abstração, a construção do conceito de energia seja mais adequada no nível de graduação.

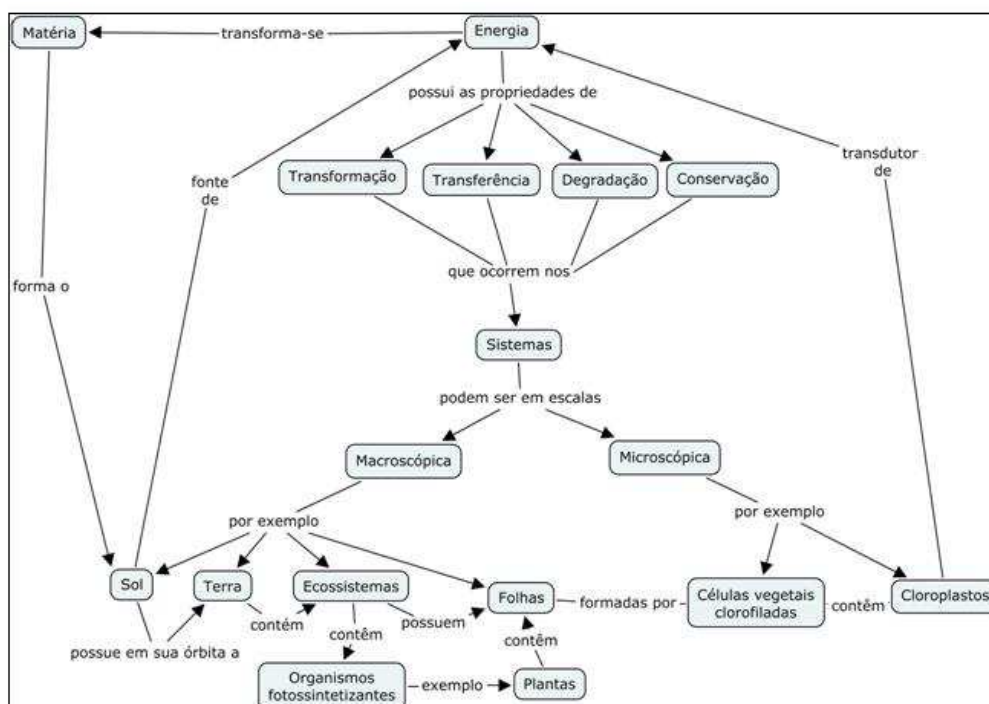


Figura 1 - Visão geral para o percurso da energia

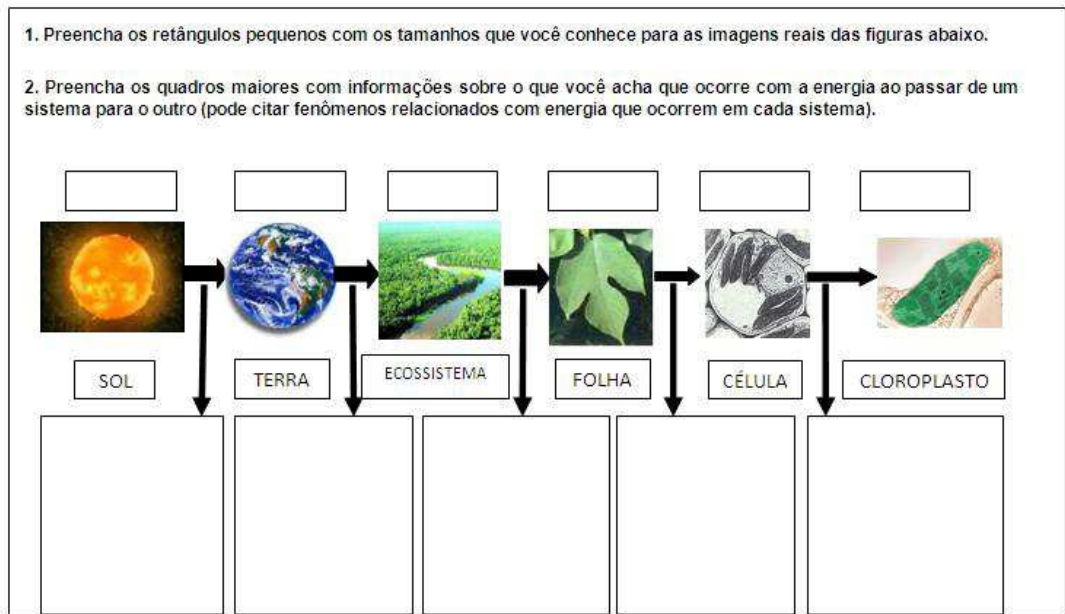


Figura 2 - Esquema do percurso: do Sol à célula

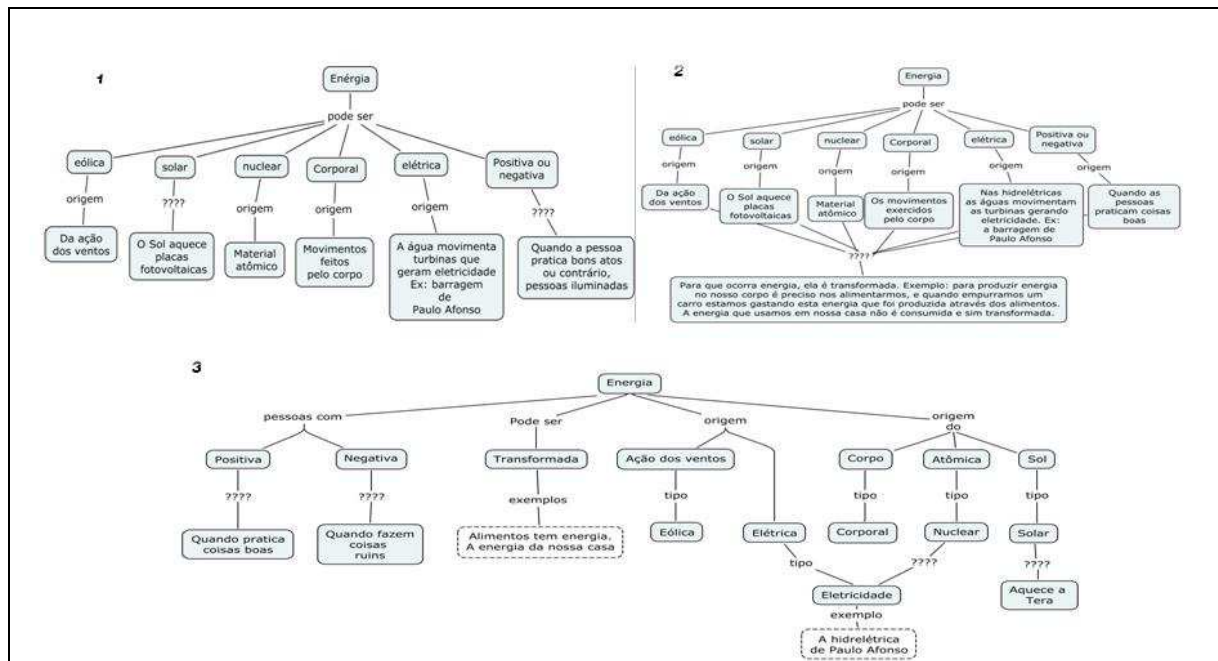


Figura 3 - Conjunto de mapas conceituais da aluna A18

Figura / Fenômeno	1 Refração	2 Reflexão	3 Convecção	4 Absorção	5 Radiação	6 Condução
-------------------	---------------	---------------	----------------	---------------	---------------	---------------

Figura 4 - Relações esperadas entre as figuras prototípicas e os fenômenos físicos

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. C. P.; SOUZA, A. R.; URENDA, P. A. V. Mapas conceituais: avaliando a compreensão dos alunos sobre o experimento do efeito fotoelétrico. In: *IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)*, Bauru - São Paulo. Atas. Bauru, 2003.
- ASSIS, A.; TEIXEIRA, O. P. B. Algumas considerações sobre o ensino e a aprendizagem do conceito de energia. *Ciência & Educação*, v.9, n.1, p. 41-52, 2003.
- AUSUBEL, D.P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN H. **Psicologia educacional**. Trad. Eva Nick et al. Rio: Internacional 1980.
- BAÑAS, C; MELLADO, V; RUIZ, C. Los libros de texto y las ideas alternativas sobre la energía del alumnado de primer ciclo de educación secundaria obligatoria. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v.21, n.3, p.296-312, dez.2004.
- BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Tradução: Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1998.
- BARBOSA, J. P.V; BORGES, A. T. Modelos mentais de energia. In: *IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)*, Bauru - São Paulo. Atas. Bauru, 2003.
- BASTOS, H.F.B.N. Multi, inter e transdisciplinaridade. *Revista Construir Notícias*, n.14.p.40-41, jan/fev.2004.
- BEN-DOV, Y. **Convite à física**. Tradução: Maria Luiza X. de A. Borges. Revisão técnica: Henrique Lis de Barros. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1996.
- BORGES, A. T.; BARBOSA, J. P. V. Aspectos estruturais dos modelos iniciais de energia. In: *Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 5, Bauru- SP. Atas. Bauru, Unesp, 2005.1 CD-ROM
- BRASIL, Parecer CEB nº 1, de 29 de janeiro de 1999. Diretrizes curriculares nacionais para a formação de professores na modalidade normal médio, Conselho Nacional de Educação, Brasília, DF, 29 jan. 1999.
- CARVALHO, A. M. P. Habilidades de professores para promover a enculturação científica. *Contexto e Educação*. n.22, p.25-49, jan/jun. 2007.
- COLL et al. **Desenvolvimento psicológico e educação**: psicologia da educação. Porto Alegre: Artmed, 1996.v.2.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2003.
- DRIVER et al. Construindo conhecimento científico na sala de aula. Tradução Eduardo Mortimer. *Química nova na escola*. n.9, p.31-40, maio. 1999.
- EL-HANI, C. N.; Níveis da ciência, níveis da realidade: evitando o dilema holismo/reduccionismo no ensino de ciências e biologia. Tese de doutorado. São Paulo: USP, 2000.
- FOLLARI, B; PERROTTA, M. T; DIMA, G. N; GUTIÉRREZ, E. E. Una aplicación del teorema de conservación de la energía como problema integrador. *Revista do Ensino de Física*, v.33, n.1, 1311. Extraído do site: www.sbfisica.org.br em maio de 2011.
- FOUREZ, G. **A construção das ciências**: introdução à filosofia e à ética das ciências. Tradução: Luiz Paulo Rouanet. São Paulo: UNESP, 1995.

GALÁCTICA show cósmico. O sol e os planetas interiores: o sol a usina da vida. Produção da encyclopaedia Britânica Educational Corporation. São Paulo: Britannica, 2000. 1 videocassete (10'). BV102.

GLEISER, M. **Micro macro**: reflexões sobre o homem, o tempo e o espaço. São Paulo: Publifolha, 2005.

HIERREZUELO, M. J; MOLINA, G. E. Una propuesta para la introducción del concepto de energia en el bachillerato. *Enseñanza de las ciencias*. In Investigación y experiencias didacticas, 8(1), p.23-30, 1990.

MONTANARI, V. **Energia nossa de cada dia**. 2.ed. São Paulo: Moderna, 2005.

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

MOREIRA, M. A. Mapas conceituais e aprendizagem significativa. Adaptado e atualizado em 1997, de um trabalho com mesmo título publicado em *O Ensino*, Revista Galáico Portuguesa de Sócio- Pedagogia e Sócio-Linguística, n. 23 a 28: 87-95, 1988. Capturado no site: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf> em 25 fev/2006.

MOREIRA, M. A. BUCHWERTZ, B. **Mapas conceituais**: instrumentos didáticos de avaliação e de análise de currículo. São Paulo: Moraes, 1987.

MORIN, E. **Os sete saberes necessários à educação do futuro**. Tradução de Catarina Eleonora R. da Silva e Jeanne Sawaya. Revisão técnica de Edgard de Assis Carvalho. 2.ed. São Paulo: Cortez, 2000.

NICOLESCU, B. **O manifesto da transdisciplinaridade**. 2.ed. Tradução: Lúcia Pereira de Souza. São Paulo: Triom, 2001.

ODUM et al. **Sistemas ambientais e políticas públicas**. Enrique Ortega, et al. Gainesville: Universidade da Florida, jul./1987. Extraído do site <http://www.unicamp.br/fea/ortega/eco/index.htm> em 26 de ago/2005.

PEDRAJAS, A. P. Aprendizaje reflexivo y enseñanza de la energia: una propuesta metodológica. *Alambique: didactica de las ciencias experimentales*, 25, pp 80-94, 2000 (ISSN: 1133-9837).

RUFFINO, P. R. C. A física: no mundo micro e macroscópico. *Revista brasileira de ensino de física*, v.21, n.2, junho, 1999.

SILVA, J.L. P. B; MORADILLO, E. F. Sobre o ensino de conservação da energia. In: *Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)*, 5, Bauru – SP. Atas, Bauru, Unesp, 2005, 1 CD-ROM.

SOLBES, J.; TARIN, F. Algunas dificultades en torno a la conservación de la energia. *Enseñanza de las Ciencias*, v.16, n.3, p.387-397, 1998.

VIDEIRA, A. A. P. Para que servem as definições? In Charbel Niño El-Hani; Antônio Augusto Passos Videira (Org.). **O que é vida?** Para entender a biologia do século XXI. Rio de Janeiro: Relume Dumara, 2005, p. 17-29.