



# A COMPLEXIDADE DE PROCESSOS DE SIGNIFICAÇÃO CONCEITUAL DE ENERGIA NUM ESPAÇO DE FORMAÇÃO PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS

## THE COMPLEXITY OF PROCESSES OF CONCEPTUAL SIGNIFICATION OF ENERGY IN A SPACE OF EDUCATION FOR TEACHING OF SCIENCES

**Sandra Maria Wirzbicki<sup>1</sup>**

**Lenir Basso Zanon<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>UNIJUÍ – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul/PPG – Programa de Pós-Graduação Mestrado em Educação nas Ciências/Escola Municipal de Ensino Fundamental Deolinda Barufaldi, [swirzbicki@yahoo.com.br](mailto:swirzbicki@yahoo.com.br)

<sup>2</sup>UNIJUÍ – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul/PPG – Programa de Pós-Graduação Mestrado em Educação nas Ciências e DBQ – Departamento de Biologia e Química, [bzanon@unijui.edu.br](mailto:bzanon@unijui.edu.br)

### Resumo

Frequentes menções ao ‘fracasso escolar’ têm suscitado preocupações e discussões relativas à necessidade de avanço na compreensão de como desenvolver práticas educativas capazes de produzir aprendizados significativos e socialmente relevantes. Este artigo analisa interações de licenciandos, professores da educação básica e da universidade, em um espaço de formação para o ensino de Ciências, em busca de compreender formas de (re)contextualização pedagógica, especificamente, do conceito ‘energia’, em abordagens sobre ‘respiração e enzimas’. Uma multiplicidade de interações envolvidas em processos de (re)significação conceitual denotou contribuições relativas à potencialidade de reflexões, na formação docente inicial, sobre como mediar explicações em aulas do ensino médio. Com base no referencial histórico-cultural, a análise aponta abordagens e mediações que enriquecem a formação, mediante processos dinâmicos de (re)contextualização e (re)significação conceitual. Melhorar a formação dos futuros professores implica promover formas de reflexão crítica sobre mudanças no ensino de conceitos complexos, como é o caso de ‘energia’.

**Palavras-chave:** formação de professores; educação em ciências; (re)contextualização de conhecimentos; significação conceitual; energia.

### Abstract

Frequent references to “school failure” have raised concerns and discussions related to the need for advance in understanding how to develop educational practices able to produce significant and socially relevant learning. This work analyzes interactions between undergraduates, university professors and school teachers, in a space of Education for the teaching of Sciences, searching to understand ways of pedagogical (re)contextualization, specifically, the concept “energy”, in approaches about “respiration and enzymes”. A multiplicity of interactions involved in processes of

conceptual (re)signification indicated contributions related to the potential of reflections, in the initial education, about how to mediate explications in high-school classroom. Based on historical-cultural references, this analysis points out to approaches and mediations which enrich the education through dynamic processes of (re)contextualization and conceptual (re)signification. Improving the education of future teachers implicate in promoting ways of critical reflection about changing the teaching of complex concepts, which is the case of “energy”.

**Key words:** teachers education, education in sciences, (re)contextualization of knowledge, conceptual signification, energy.

## INTRODUÇÃO

Questionamentos sobre como acontecem os processos de ensino e de aprendizagem são frequentes no âmbito da educação, em especial em espaços de formação para a prática escolar. Conforme afirma Deleuze (1987), “nunca sabemos como uma pessoa aprende; mas de qualquer modo que ela aprenda, é sempre pela mediação do signo (...). O signo implica a heterogeneidade como relação” (idem, apud SMOLKA, 2000, p.36). Ainda que os processos de ensino venham sendo objeto de questionamentos e discussões que apontam para essa direção, a realidade do currículo escolar nem sempre contempla entendimentos adequados sobre a dinamicidade das relações entre saberes científicos e cotidianos, nos processos de construção dos conhecimentos dos estudantes.

Este trabalho decorre de preocupações quanto às finalidades educativas do ensino básico. Segundo as Orientações Curriculares do Ensino Médio (OCEM):

Ainda hoje, prevalece a idéia de que a escola melhor é aquela que mais aprova nos vestibulares mais concorridos, não importando a qualidade dos exames realizados nem, principalmente, a qualidade das respostas dadas pelos candidatos. (...) O mundo atual exige que o estudante se posicione, julgue e tome decisões, e seja responsabilizado por isso. Essas são capacidades mentais construídas nas interações sociais vivenciadas na escola, em situações complexas que exigem novas formas de participação. Para isso, não servem componentes curriculares desenvolvidos com base em treinamento para respostas padrão. Um bom projeto pedagógico escolar adequado não é avaliado pelo número de exercícios propostos e resolvidos, mas pela qualidade das situações propostas, em que estudantes e professores, em interação, produzem conhecimentos contextualizados (BRASIL, 2006, p. 105 e 106).

Reformas curriculares têm sido propostas, em diversas áreas do conhecimento, na direção de uma escola que eduque para a vida mediante conhecimentos associados a capacidades, competências, valores, atitudes e posturas que desenvolvam a cidadania responsável (MARQUES, 1988). Contudo, há muito que avançar nas práticas de sala aula, o que coloca a necessidade de mudanças, sobretudo, nas concepções pedagógicas e epistemológicas, para que o ensino escolar seja capaz de produzir aprendizados significativos e socialmente relevantes aos estudantes.

Nesse sentido, este artigo analisa interações de licenciandos, professores da educação básica e professores formadores da universidade, em espaços de formação para o ensino de Ciências Naturais e suas Tecnologias (CNT), quanto à promoção de processos de (re)significação conceitual que, dinamicamente constituídos, favoreçam a

(re)contextualização de conceitos científicos em contexto escolar. Busca-se desenvolver e compreender formas de ampliar e complexificar os significados dos conhecimentos escolares, numa perspectiva conceitual, contextual, inter-relacional e não linear.

Para isso, são desenvolvidas e investigadas interações de licenciandos, professores da universidade e do Ensino Médio (EM), acreditando na sua potencialidade para dinamizar reflexões sobre os fundamentos e os pensamentos que sustentam e justificam abordagens e procedimentos frente ao novo contexto educacional (GAUTHIER e TARDIF, 1997). A análise das interações em espaços formativos acompanhados focaliza compreensões relativas a formas de (re)contextualização pedagógica, especificamente, do conceito 'energia', no âmbito de abordagens deste conceito dirigidas à melhoria das práticas curriculares no EM, em CNT.

A origem do interesse em investigar o ensino do conceito 'energia' manifestou-se por ocasião da participação como bolsista de iniciação científica, no Gipec-Unijuí (Grupo Interdepartamental de Pesquisa sobre Educação em Ciências da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul), no âmbito do qual vem sendo produzida e acompanhada a organização curricular denominada Situação de Estudo (SE). Trata-se da abordagem, de forma interdisciplinar, de um contexto da vivência social, conceitualmente rico para diversos campos das ciências, com duração delimitada, que permite (re)significar conceitos através de interações histórico-culturais diversificadas que incluem saberes, conceitos e linguagens estruturantes do pensamento da Biologia, Química e Física, na problematização das situações vivenciais (MALDANER e ZANON, 2004).

O acompanhamento de algumas SE permitiu perceber a ampla participação de abordagens do conceito 'energia', demandando compreensões sobre como o mesmo é concebido e tratado em aulas de Biologia, Química, Bioquímica, no EM ou na universidade, considerando ser um conceito cuja compreensão, por natureza, transcende as interfaces de cada campo disciplinar. Ainda que seja difundido um discurso em prol da interdisciplinaridade, o que se percebe é a prevalência, nas práticas curriculares, de formas desarticuladas de ensino e aprendizagem, sem uma adequada visibilidade sobre diferentes compreensões do referido conceito, seus significados e contribuições à educação e ao desenvolvimento humano/social.

A escolha do referido conceito partiu da crença na sua potencialidade para configurar processos de ensino com caráter "disciplinar e interdisciplinar" que, assumindo dimensões contextuais e conceituais, permitam conexões entre compreensões diversificadas, capazes de constituir conhecimentos escolares. Isso, mediante formas de recontextualização de conhecimentos científicos diversificados co-participantes dos complexos processos educativos, enriquecedores dos aprendizados típicos do contexto escolar, o que extrapola a dimensão meramente cognitiva.

A análise das interações, fundamentada no referencial histórico-cultural, situa-se como um olhar à multiplicidade de relações intersubjetivas envolvidas em processos de (re)significação do conceito 'energia', nos quais são desenvolvidas abordagens didáticas do conteúdo 'respiração e enzimas', contando com a co-participação dos sujeitos de pesquisa mencionados. Parte-se do pressuposto de que compreender especificidades dos modos de mediação de sujeitos que interagem sob condições sócio-culturais diversificadas contribui na promoção de um conhecimento escolar significativo e socialmente relevante, tal como propõem as OCEM; contribui, potencialmente, para promover formas de ruptura com a forma de organização curricular linear e fragmentada, ainda prevalente nos sistemas de ensino.

Nessa perspectiva, a investigação parte das seguintes questões básicas: quais mediações dos sujeitos de pesquisa sobre 'energia' (ou seu ensino) são possibilitadas

pelo espaço formativo investigado? Quais reflexões sobre processos de recontextualização de conceitos científicos referentes à 'energia' são vivenciadas nas interações investigadas? Como mediações e reflexões possibilitadas contribuem na formação para o ensino de CNT, especificamente, na melhoria dos processos de significação de conceitos complexos, como o caso de 'energia'?

## **SIGNIFICAÇÃO CONCEITUAL E CONSTITUIÇÃO DOS SUJEITOS**

Compreender processos de ensino e aprendizagem em CNT, no âmbito deste trabalho, implica valorizá-los enquanto focos propulsores da constituição e do desenvolvimento dos sujeitos neles envolvidos. Um grande passo na compreensão de como é constituída a singularidade humana, postulado por Vigotski, refere-se às interações que o sujeito estabelece no mundo, a partir da mediação simbólica de instrumentos e signos. Tal mediação simbólica permite o estabelecimento das relações do homem no meio, tornando-o sujeito interacionista. "Tendo em vista a crença no papel fundante das relações sociais, Vigotski concebe o estudo do homem enquanto ser que se constitui imerso na cultura – nas experiências coletivas e práticas sociais" (GÓES, 2000, p.12).

Nesse sentido, a pesquisa parte do pressuposto de que a constituição do ser humano se dá nas interações com o outro, enquanto sujeito que, fundado no histórico-cultural, tem na cultura as marcas do humano. A necessidade de estabelecer e contar com interações sociais é própria da espécie humana, não como simples troca de saberes, mas como algo inerente, constitutivo do sujeito. Isso situa e justifica o papel da sociedade e, nela, da escola e em especial dos professores na promoção do desenvolvimento humano, sem nunca conceber os estudantes como 'tabulas rasas' a serem preenchidas, mas como sujeitos que possuem vivências, experiências, com potencialidades diversas para pensar e expressar conhecimentos acerca de conceitos complexos como é o caso do conceito 'energia'.

Cabe aos professores possibilitar processos de (re)contextualização de conceitos, como é o caso de 'energia', para que os estudantes estabeleçam relações entre conhecimentos escolares e cotidianos, apropriando-se de novas formas de conhecimento, mais significativas e associadas aos modos científicos de explicação. Considerando as distintas linguagens e formas de pensamento que co-participam na construção do conhecimento escolar, é importante prestar atenção à importância dos signos enquanto instrumentos de conhecimento, para os quais são produzidos significados e sentidos em contextos diversificados.

Porque se signos e sentidos são sempre produzidos por sujeitos em relação, os muitos modos de ação e interpretação desenvolvidos (no tornar próprio, no atribuir pertença, no tornar pertinente, no adequar, no transformar...) são parte de uma prática historicamente construída, de uma trama complexa de significações nas quais eles participam sem serem, contudo, capazes de controlar a produção, de reterem ou de se apropriarem dos múltiplos, possíveis e contraditórios sentidos (que vão sendo) produzidos... (SMOLKA, 2000, p.38).

A multiplicidade dos processos de interação social típicos ao contexto escolar só é possível graças a sistemas de mediação altamente complexos, que envolvem conhecimentos produzidos dentro e fora da escola. Processos de desenvolvimento humano iniciam desde a infância, a partir da vivência de situações de interação, ainda que a criança não opere com os conceitos na verdadeira acepção. Nessa fase ela estabelece relações usando instrumentos e signos de forma ainda presa ao concreto, ou

seja, sem uma abstração que lhe permita o pensar conceitualmente. Nesta fase em que ela se encontra, opera mediante pensamentos ‘por complexo’, sendo importante que os adultos que convivem com ela (pais, professores,...) lhe proporcionem estímulos e mediações variadas, que potencializem o desenvolvimento do pensamento infantil, para que, na adolescência, possa atingir as formas superiores de pensamento, com crescentes níveis de abstração e generalização.

As relações concretas de aprendizagem possibilitam o desenvolvimento do pensamento verbal, o qual se constitui numa forma histórico-social de comportamento, não inata nem natural, atingida tardiamente pela criança. “Pode-se considerar que a criança atinge tarde o grau de socialização de seu pensamento, que é necessário para a elaboração de conceitos plenamente desenvolvidos.” (VIGOTSKI, 2000, p.159). Se os processos de formação de conceitos resultam das interações com outros, então, interferir intencionalmente na aprendizagem é de grande importância para os sujeitos envolvidos.

Isto pode ajudar a compreender as razões do ‘fracasso’ do desempenho escolar de estudantes: professores que desconhecem ou que são desatentos a perspectiva histórico-cultural, enganam-se ao pensar que o estudante está entendendo suas intervenções, na maioria desconexas e que não possibilitam o estabelecimento de relações com contextos em que os sujeitos estão inseridos, como é o caso do complexo conceito de ‘energia’. Cabe aos professores utilizar palavras adequadas e formas diversificadas de explicação de seus significados no contexto daquela ciência que está ensinando. Os sentidos (com os quais operam os interlocutores) referem-se ao significado mais universalmente aceito (concebido como sentido historicamente estabilizado no âmbito de uma ciência).

O sentido está sempre amarrado ao contexto em que é produzido o conceito, ou seja, às possibilidades de relações nele possibilitadas. O professor, ao proporcionar processos de produção de sentidos por parte do estudante, torna possível que ele consiga desenvolver o conceito, evoluindo na compreensão de seu significado. Segundo Vigotski (2000), quando o sujeito começa a usar a nova palavra (signo) recém está iniciando o processo de sua evolução conceitual, sendo necessárias sistemáticas retomadas para, ao verbalizar suas formas de pensamento, poder atingir, progressivamente os novos estágios de evolução.

Em sala de aula e em processos de formação acompanhados, temos percebido a importância de compreender formas como os estudantes podem atingir níveis de significação conceitual mais elevados, tendo sido recorrente a percepção da influência de graus de assimetria das interações nos processos de significação conceitual. Sujeitos que interagem orientados para um objeto de conhecimento, abordado sob pontos de vista diversos, têm maiores possibilidades de avançar nas compreensões conceituais na medida em que participam ativamente nos processos de verbalização e reconstrução de saberes.

Em cursos de licenciatura da área de CNT nem sempre são inseridas abordagens e reflexões sobre os processos de produção de conhecimentos, a exemplo de entendimentos relativos a visões sobre a participação fundamental do ‘outro’ e o papel da linguagem para desencadear os processos de significação dos conceitos na aprendizagem escolar, o que requer, por natureza graus de abstração e generalização. São também precárias as discussões relativas ao entendimento, segundo o referencial histórico-cultural (VIGOTSKI (2000), de que são os processos de aprendizagem que antecedem e fazem avançar os processos de desenvolvimento humano, incluindo o desenvolvimento da inteligência, não o contrário.

Dessa forma, é importante inserir tais linhas de discussão, na formação de professores de modo que ela e o ensino escolar sejam orientados para o

desenvolvimento de aprendizados que possam se adiantar e promover os processos de desenvolvimento humano. Isso implica prestar atenção aos tipos de aprendizado propiciados pelo ensino e pelos cursos de formação de professores de CNT. Implica considerar a necessidade de problematizar os conhecimentos produzidos na realidade vivida pelos estudantes fora da escola, relacionando-os com outras formas de conhecimento, produzidas no contexto especificamente escolar. Isso, cientes da necessidade de mediar novas formas de explicação, mediante o uso dos signos e instrumentos a elas adequados, impossíveis de serem construídas diretamente pelos estudantes, entre pares. É mediante as intervenções do professor, associado a recursos e procedimentos didáticos que os estudantes elaboram representações do mundo à luz das ciências, capazes de contribuir para compreensões em novos níveis, pela (re)contextualização dos conhecimentos científicos na escola (BRASIL, 2006).

Com base em entendimentos como esses, a pesquisa que desenvolvemos envolve o planejamento, desenvolvimento e análise de módulos de interação, simultaneamente, de três sujeitos de pesquisa – professores da universidade, professores do EM e licenciandos – em aulas de componentes curriculares da licenciatura de Biologia e/ou Química, (ZANON, 2003). Os módulos criam a possibilidade concreta de interação dos três grupos de sujeitos, cada um contribuindo com vivências e saberes em processos de discussão e reelaboração. Neste contexto interativo tem sido possível problematizar, compartilhar e ressignificar conhecimentos acerca de objetos sistematicamente influenciados pela cultura, pelo outro, marcados por intencionalidades e por condições mais/menos simétricas de interação social (VIGOTSKI, 2000).

Este artigo trata, especificamente, de um recorte da transcrição das falas dos sujeitos registradas, em áudio e agenda de campo, no módulo 8, realizado no 2º semestre de 2008, em aula do componente curricular Bioquímica II dos cursos de licenciatura em Biologia e Química da universidade a qual estamos vinculadas. A gravação das falas permitiu construir materiais empíricos (transcrições), com sucessivas leituras atenciosas para proceder aos recortes das falas, possibilitando a construção e análise de dados de pesquisa. Nos trechos de fala apresentados e discutidos a seguir, os sujeitos são referidos conforme segue: PU como professor da Universidade; PEMQ como professor de Química do EM; PEMB como professor de Biologia do EM; LQ como licenciando de Química. Os sujeitos, dentro de um mesmo grupo, são identificados por números distintos.

## **INTERAÇÕES E REFLEXÕES NO MÓDULO DE INTERAÇÃO**

No módulo 8, compareceram na aula, além dos licenciandos e docentes da universidade, um professor de Biologia e um professor de Química do EM, que haviam sido previamente convidados a participar. O módulo tratou de abordagens do assunto ‘respiração e enzimas’, estudado no componente curricular, tendo como um dos focos de atenção, a multiplicidade de mediações envolvidas na (re)significação do conceito ‘energia’, na relação, também, com abordagens no EM.

Os licenciandos realizaram, anteriormente ao módulo pesquisas coletivas sobre o assunto, usando fontes diversificadas, incluindo uma análise de livros didáticos do EM, bem como elaboraram questões prévias para serem apresentadas e debatidas durante o módulo. Aos professores convidados, foram sugeridas leituras prévias sobre o assunto, incluindo imagens obtidas a partir de livros didáticos usados no EM.

Para que as interações fossem mais participativas, foram apresentados durante o módulo slides que incluía abordagens e ilustrações encontradas em livros didáticos de Biologia e Química do EM e em outras fontes sobre o assunto em estudo. Os slides

continham ilustrações de esquemas representativos de transformações em nível atômico-molecular, mediante as quais é produzida a energia metabólica que possibilita a manutenção do processo vital, envolvendo em especial compreensões relativas às vias metabólicas mitocondriais. Nas falas apresentadas a seguir PEMB manifestava-se sobre dificuldades de ensinar ‘respiração’, pela complexidade da compreensão conceitual dos processos metabólicos nela envolvidos.

PEMB - (...) o conteúdo mais difícil para todo o EM, em Biologia, indiscutivelmente, é mitocôndria. É compreender o processo de produção de energia. E entender a fotossíntese. De tudo o que eu dou, nada pode ser mais complicado. Talvez, porque eu acho também difícil. E porque eu vou esbarrar na Química. Então, eu estudo muita química para mim conseguir ensinar.

PU - Provavelmente os professores de Biologia que são seus colegas também...

PEMB - É. Agora, para o aluno entender o que acontece quando ele come, ele já tem dificuldade para entender, por exemplo, que ele come, lá, uma barrinha de chocolate, e que, com isso, tem uma série de transformações que acontecem, até você produzir e ter a glicose. Daí, ele tem que entender que essa glicose atravessa a parede intestinal, que ela vai para o sangue, vai para a célula, e que, lá na célula...

PU - Tem a mitocôndria

PEMB - (...) Até ela [glicose] chegar na mitocôndria. Entender essas reações químicas [aponta para o slide] é complicadíssimo.

PU - E isto está lá no EM.

PEMB - Está nos livros! E isso é difícil!

A preocupação expressa pelos sujeitos no módulo pode ser remetida ao entendimento, segundo Vigotski, de que a internalização conceitual é inerente aos processos de constituição social do indivíduo, nas interações em aulas de CNT; ao entendimento de que é função essencial do professor a de mediar os necessários processos de abstração e generalização requeridos pela aprendizagem escolar. Esses processos não podem ser confundidos com repetições mecânicas. Precisam ser compreendidos em sua processualidade e dinamicidade, pois o sujeito possui seus conhecimentos, sua história, sua cultura. Ele não é uma caixa vazia a ser preenchida com conteúdos pré-estabelecidos, repassados por indivíduos que possuem um saber superior, uma vez que, segundo Vigotski, a inter-relação entre a internalização, apropriação e significação de um conceito fundamenta-se na visão de que as funções mentais são relações sociais dinamicamente internalizadas. Smolka, afirma que:

O fenômeno da ‘internalização’ (...) geralmente refere-se a uma esfera da atividade particular do indivíduo, ou do movimento de aprendizagem em relação à realidade física e cultural: relacionados a um conteúdo específico transmitido pelos outros; concernentes à atividade prática partilhada; ou ainda dizendo respeito ao processo de (re)construção interna e transformação das ações e operações (2000, p.28).

Discutiu-se no módulo, sobre recursos e metodologias de ensino utilizados em aulas, para ensinar ‘respiração e enzimas’, sobre diferentes maneiras de estabelecer

mediações pedagógicas para (re)significar conceitos relativos ao assunto. Foram enfatizadas considerações sobre a complexidade do assunto em estudo, alertando-se para dificuldades em compreender noções como a de que as enzimas atuam reduzindo a ‘energia de ativação’ das reações que elas catalisam. Tal complexidade era contraposta a simplificações e deturpações conceituais associadas a analogias e metáforas que criam obstáculos aos aprendizados de CNT.

Nas falas que seguem, por exemplo, PEMQ alertava para o risco de os estudantes interpretarem de forma totalmente diferente daquela esperada pelo professor, como é o caso de uma analogia que representava artisticamente a noção da redução da ‘energia de ativação’ na imagem de homens tentando empurrar pedras morro acima.

PEMQ - Outra coisa é essa questão da energia de ativação, como tinha, numa figura, ali ...

PU - Aquela do morro ...

PEMQ - Empurrando, um morro acima, e um morro abaixo. Gente! Teve um dia que um aluno me perguntou: “professor, mas como é que é carregada para cima, então, essa molécula? Como que é carregada para cima?”

Vários: Hãh?! (espanto)

PU - Entenderam? Olhem aqui, ó [aponta para o morro no slide]. Ele [aluno do EM] estava entendendo que a molécula é isso aqui, de repente.

PEMQ - É. Está fazendo uma analogia, como se fosse acontecer isso. O cara pensou “como é que vai carregar? Para que lado que vai lá dentro da célula? Como é que funciona isso? Como que é esse morro, lá?”

PEMB - Se fosse os meus já iam dizer que gasta energia.

PMQ dizia que a analogia fez com os estudantes do EM pensassem que haveria algo semelhante ao tal ‘morro’ lá dentro da célula, fez com que eles pensassem na força necessária às moléculas, para que elas ‘subissem os morros’ nas células. A imagem não favoreceu a compreensão de que, na ação catalítica das enzimas, é mediante interações químicas entre a molécula da enzima e a molécula do substrato, que há redução da ‘energia de ativação’ da reação, na catálise enzimática. Ao invés de uma efetiva compreensão conceitual da variação da ‘energia’ durante a reação, esta era rechaçada por idéias que nada tinham a ver com o conceito, o que denota visões distorcidas e simplistas sobre o mesmo. As discussões alertavam para a necessidade de não negligenciar a complexidade e o grau de dificuldade de compreensão de conceitos problemáticos como o de ‘energia química’. “O conceito de energia química assim empobrecido, antes de facilitar, dificulta a aprendizagem porque retém o pensamento no patamar de uma simplicidade apenas aparente” (MORTIMER e SANTOS, 1998 p.20).

Nas falas que seguem PEMQ deixava claro que o EM não propicia a compreensão conceitual da ‘energia de ativação’ enquanto energia envolvida nas rupturas e formação de ligações químicas.

PEMQ - (...) Nos livros de Química é muito superficial. (...) Aí os caras pegam 50 questões de vestibular e as 50 questões pedem a mesma coisa. Então, o cara decora isso. Ele “sabe tudo” (...) de energia de ativação. Só que na realidade não tem a compreensão química do processo. Ou seja, que você tem substâncias reagentes que precisam romper ligação, que precisam fornecer energia para quebrar ligação e que vão se formar novas substâncias/produtos, com novas ligações químicas, de uma forma

diferente. (...) Quimicamente falando, ou seja, em termos do nível estrutural de molécula, nenhum livro didático traz. Então a única aplicação que existe é dentro da Biologia, lá, mas quimicamente falando no EM isso... deixa a desejar.

PEMB - Se a gente for pensar, por exemplo na Biologia...

PEMQ - E é extremamente importante entender isso! Na verdade o importante seria entender as ligações entre os átomos, a quebra de ligações, rompimento de ligações, com fornecimento de energia...

PU - Interação química.

PEMQ - É. As anteriores e as novas interações. Porque vai formar esse produto? Porque forma o produto? Afinal de contas porque a reação acontece? Porque ela é mais rápida? O que faz ela ser mais rápida, se não é 'subir e descer'? Porque essa é que é a idéia que traz na analogia, na figura.

PEMQ e PU ressaltavam carências de relações nas compreensões conceituais das interconversões de formas de energia, no ensino e na formação do professor de EM, ao qual são inerentes as relações conceituais interdisciplinares na compreensão do referido conceito. Alertavam para a importância de um aprendizado teórico-conceitual que permitisse “entender as ligações entre os átomos, a quebra de ligações, rompimento de ligações” com variação de energia, a partir de mudanças na “interação química ... as anteriores e as novas interações”. Em vista da complexidade das transformações envolvidas, ao invés de restringir ao termo energia química, caberia considerar formas diversas de energia envolvidas, como potencial, cinética, eletrostática. Cabe pensar:

Por que não falar em energias envolvidas nos processos químicos? (...) o conceito de energia química. (...) a princípio tido como esclarecedor, na verdade se torna obscuro quando isolado de um contexto explicativo mais amplo, o qual não é necessário e sim essencial para sua fundamentação. (OLIVEIRA e SANTOS, 1998, p.21)

Numa das SE desenvolvidas no âmbito do Gipec-Unijuí, intitulada “Alimentos, Produção e Consumo” (BOFF, HAMES E FRISON), consta a explicação que segue.

As substâncias interagem entre si e se modificam, por meio de absorção, dissipação e trocas de energia. Neste processo, enquanto ligações químicas são rompidas e novas ligações são formadas, há sempre o envolvimento de energia. Nas transformações de substâncias, a energia potencial de ligação química é transformada em energia cinética molecular, aumentando a temperatura do corpo (2006 p. 71).

Em torno da complexidade da significação conceitual, as discussões enfatizavam a importância de abordagens capazes de inter-relacionar explicações teórico-conceituais entre si e com contextos vivenciais, evitando incorrer no risco de recair em *obstáculos* à apropriação do conhecimento escolar. Aprendizados deturpados e limitados não propiciam processos de significação conceitual em nível atômico-molecular, como é o caso de estudantes que usam palavras sem ter construído um significado adequado. Para Vigotski, a aparição de palavras novas no contexto de constituição dos indivíduos, marca o princípio do desenvolvimento do significado. Este é produzido nas interações sociais, mediadas por signos ou instrumentos, através da figura do outro. O sujeito, na

perspectiva de Vigotski (2000, p. 133) só pode ser compreendido na sua relação com o signo e, mais especificamente, com a linguagem”. O homem é produzido nas relações sociais, situado histórica e culturalmente, definido pela emergência do signo e pela consciência constituída na e pela linguagem.

Num encontro recente, com participação de professores de CNT, em nosso grupo de pesquisa, uma professora de Biologia manifestava-se sobre o entendimento de ‘energia’, por parte de professores dessa área, como algo que “flui”, que “passa” como que “por um certo cano”. Reportava à menção de que as plantas absorvem a ‘energia’, como se a luz (energia) passando por dentro dos tecidos da planta vai ficar nela “armazenada”. Tal compreensão denota carência de significações conceituais relativas às interconversões envolvendo diferentes formas de ‘energia’ e matéria. É importante discutir a necessidade de superar visões arcaicas, como a da ‘hipótese calórica’. As dificuldades de compreensão conceitual significativa, por parte dos próprios professores, repercutem no ensino de conceitos complexos como o de ‘energia.’ Num episódio do módulo interativo analisado, PEMB fazia menção a tais dificuldades no ensino escolar, suscitando importantes reflexões aos futuros professores:

PEMB - (...) e discutir isso! Dar uma aula sobre energia, com toda a complexidade que isso exige, que isso envolve, para pessoas que não têm noção do que é uma mitocôndria. Esse é o mundo real, da escola que você encontrará, depois. Essa é a sala de aula, onde a gente vai estar trabalhando. Acho que as primeiras vezes que eu dei aula, foi uma tragédia. Talvez hoje ainda seja, mas menor. Por que ela é menor hoje? Porque eu acabo estudando mais Química hoje, como o PEMQ também diz: “não PEMB, é uma interação química; é isso ...”. Mas ainda falta muito o entendimento da Química para mim talvez poder mediar adequadamente essa construção. Talvez um pouco por isso que eu digo que é o conteúdo mais difícil do EM (...).

PEMQ - Olha eu passei algumas noites em claro, pegando livros. Eu tive que apelar. Fazer o que? Pegar livros didáticos do EM. E aí quando eu consegui entender os livros didáticos do EM principalmente na parte das reações orgânicas e na parte da bioquímica. Aí eu voltei a pegar os livros que eu usava na faculdade, enfim, os materiais. Eu acho que dentro dessa parte da bioquímica os professores de Química, têm muita dificuldade para entender o processo biológico. É muito difícil.

Percebíamos os olhares atentos dos futuros professores e o quanto eram profundas as preocupações, frente aos depoimentos que ajudavam a romper com visões idealizadas sobre a prática escolar. As reflexões sobre dificuldades na promoção de um ensino que propicie processos significativos de compreensão conceitual referiam-se a transformações entre matéria e ‘energia’ e compreender significativamente os fenômenos químicos requer estudo constante, além de ‘trocas’ entre professores de CNT.

Como mostram as falas apresentadas a seguir, outros momentos interativos, no módulo, ainda propiciavam discussões que se referiam à complexidade da prática escolar. Acenando para o rompimento das formas tradicionais de organização do currículo escolar, denotavam possibilidades de (re)contextualização dos conceitos científicos em contexto escolar de forma que os conteúdos do ensino tenham mais significado para os estudantes e para o próprio professor.

LQ2 - (...) Outra coisa (...) é sobre romper com a fragmentação, com o conteúdo disciplinar. Mas escrever é fácil, gente, agora, o difícil é pensar em contextualizar um conteúdo como esse.

PEMQ - É bem complicado. Mas uma das coisas que eu acredito, enquanto professor, é que a principal dificuldade (além de outras) é a questão de ter tempo para ler, ter fontes que são seguras e boas.

PU - E ter gente que te ajude.

LQ2 - Gente que ajude!

PU - Um grupo!

PEMQ - É! Você formar um grupo! Mas um grupo que realmente discuta contigo, entre colegas das diversas áreas, ou, pelo menos, um colega da Química, um da Biologia e um da Física. E você ter a vontade disso!

No episódio, os três sujeitos de pesquisa envolvidos se manifestavam sobre algumas prioridades para uma prática de ensino que atenda as OCEM. Professores e licenciandos expressavam-se sobre a importância e a necessidade de estudar sempre. Constituir-se professor não é algo mecânico, que acontece com a conquista do diploma. É um processo lento e gradual, no qual reflexões criticamente fundamentadas sobre as práticas pedagógicas exercem papel fundamental.

A consolidação da escola “ideal” estaria fundamentada sobre um espaço-tempo para estudos e planejamentos conjuntos, para leituras e constante formação/atualização docente. Isso remete para a importância de promover encontros que aproximem a escola e a universidade, ou seja, aproximando sujeitos que atuam na realidade escolar com os sujeitos protagonistas que atuarão na educação futuramente. A conquista de um espaço interdisciplinar, que envolva as diferentes disciplinas da área de CNT, era vislumbrada a partir do depoimento de professores que já conquistaram tal espaço no contexto escolar, apontando para um ensino mais significativo conceitualmente no que se refere ao estudo de ‘energia’. “E você ter a vontade disso!”, tal como dizia PEMQ.

## CONCLUSÃO

As interações no módulo possibilitaram discussões e reflexões sobre abordagens do conceito ‘energia’ no EM, denotando contribuições à formação docente, quanto a uma visibilidade sobre insuficiências nas significações conceituais no ensino de CNT, seja em aulas do EM ou na licenciatura. Num próximo módulo, ainda nesse semestre, em aula de Bioquímica I, esse assunto novamente será objeto de discussão e análise, outra vez com a participação de professores de Biologia e Química do EM. Nos planejamentos do módulo, buscaremos formas de avançar em direção à significação conceitual do complexo conceito ‘energia’.

É possível ressaltar ao findar desse trabalho a necessidade de um novo olhar para o ensino e a formação dos futuros professores de CNT, com a intencionalidade de valorizar a inserção de reflexões críticas acerca da complexidade desses processos. O trabalho direciona atenções a formas como conceitos científicos são abordados de forma a atingir níveis de significação pretendidos, com ênfase na compreensão do desenvolvimento de aprendizagens relevantes ao desenvolvimento dos estudantes.

A análise com base no referencial histórico-cultural aponta que abordagens sobre o ensino direcionadas a processos de (re)contextualização e (re)significação são potencializadas nas mediações entre sujeitos. Contribuições no processo de formação de

conceitos partem de outros, interferindo intencionalmente na aprendizagem. Nos processos, o professor mediador é essencial ao desenvolvimento dos sujeitos, com suas intervenções pedagógicas carregadas de intencionalidades.

Frente aos desafios que acompanham as práticas docentes, cabe ao professor assumir papel de mediador na intervenção pedagógica (VIGOTSKI, 2000), selecionar os temas mais relevantes e significativos, propondo formas de desenvolvimento em sala de aula, de modo a possibilitar situações de aprendizagem a partir de vivências dos estudantes (BRASIL, 2006). Promover um ensino fundamentado na (re)contextualização pedagógica e (re)significação conceitual implica saber lidar com as dificuldades dos estudantes na compreensão significativa de conceitos complexos, que exigem graus de abstração, a exemplo do conceito 'energia'. Isso, referendando a visão de que o professor, valorizando conhecimentos dos estudantes, pode propiciar situações potencialmente facilitadoras de processos de transformação de esquemas conceituais (GÓES, 1997), potencializando o desenvolvimento humano/social de forma mais plena.

## REFERÊNCIAS

- BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio**. Brasília, vol. 2, 2006.
- GAUTHIER, C.TARDIF, M. Elementos para uma análise crítica dos modos de fundação do pensamento e da prática educativa. In: **Revista Contexto e Educação**. Ijuí: Ed. UNIJUÍ, n 48, 1997, p. 37-49.
- MALDANER, O. A.; ZANON, Lenir B. Situação de estudo: uma organização do ensino que extrapola a formação disciplinar em ciências. In: **Educação em ciências: produção de currículos e formação de professores**. /Orgs. Roque Moraes, Ronaldo Mancuso. Ijuí: Ed. UNIJUÍ. 2004, p. 43-64.
- MORTIMER, E. F.; AMARAL, L. O. F. Quanto mais quente melhor. In: **Química Nova na Escola**. São Paulo: Divisão de Ensino de Química da Sociedade Brasileira de Química. n.7, Maio 1998, p. 30-34.
- OLIVEIRA, J. R. de; SANTOS, J. M. A energia e química. In: **Química Nova na Escola**. São Paulo: Divisão de Ensino de Química da Sociedade Brasileira de Química. n.8, Novembro 1998, p.19-22.
- SMOLKA, Ana Luiza B. Conhecimento e produção de sentidos na escola: A linguagem em foco. In: **Cadernos Cedes**, ano XX, nº 35, Julho/2000.
- VIGOTSKI, Lev Semenovich; tradução Paulo Bezerra. **A construção do pensamento e da linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2000.
- GÓES, Maria Cecília R. de. A abordagem microgenética na matriz histórico-cultural: Uma perspectiva para o estudo da constituição da subjetividade. In: **Cadernos Cedes**, ano XX, nº 50, Abril/00.
- MARQUES, M. O. **Conhecimento e Educação**. Ijuí: Ed. UNIJUÍ, 1988.
- SMOLKA, Ana Luiza B. Conhecimento e produção de sentidos na escola: A linguagem em foco. In: **Cadernos Cedes**, ano XX, nº 35, Julho/2000.
- ZANON, L. B. **Interações de licenciandos, formadores e professores na elaboração conceitual de prática docente: módulos triádicos na licenciatura de química**. 2003. Tese de Doutorado. Universidade Metodista de Piracicaba. Piracicaba (SP).