

## Abordagens e Reflexões Sobre o Ensino do Conceito Energia Nas Transformações dos Alimentos<sup>1</sup>

SANDRA MARIA WIRZBICKI<sup>2</sup> e LENIR BASSO ZANON<sup>3</sup>

<sup>2</sup> Rede Municipal de Ijuí/RS e Programa de Pós -Graduação Química da Vida e Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, [swirzbicki@yahoo.com.br](mailto:swirzbicki@yahoo.com.br)

<sup>3</sup> Graduação (Química, Biologia, Farmácia) e Programa de Pós-Graduação em Educação nas Ciências, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ)

**Resumo:** Este artigo trata de processos de (re)significação conceitual a partir da visão de que eles são configurados mediante sistemas de relações entre conhecimentos produzidos e validados em contextos culturais diversificados, que se entrecruzam em tramas complexas de relações constitutivas do conhecimento escolar. Considerando que uma diversidade de noções atribuídas ao conceito energia co-participa dos processos de (re)significação conceitual em salas de aula, são analisadas interações de licenciandos, professores da educação básica e da universidade, num espaço de formação para o ensino das ciências. Discussões sobre processos de (re)contextualização pedagógica dos conhecimentos científicos em contexto escolar sinalizam potencialidades de contribuição das interações vivenciadas para formação docente (inicial e continuada). Argumenta-se em defesa de abordagens com inter-relação conceitual, como focos de reflexão/formação associada com a mobilização e (re)significação de conhecimentos com propensão de promover o desenvolvimento humano-social, em aulas do ensino médio e da licenciatura.

**Abstract:** The present work discusses the processes of conceptual (re)signification, considering the view that they are constituted due to systems of relationships between different kinds of knowledge which are produced and validated in varied cultural contexts, and that interconnect in complex schemes of relationships that constitute the school knowledge. Taking into account that a multitude of notions attributed to the concept of energy co-participate in the processes of conceptual signification in the classroom, interactions between undergraduates, teachers and university professors are analyzed, in a space of education for the teaching. Discussions about the process of pedagogical (re)contextualization of the scientific knowledge in the school context point out to the potentialities of these reflections to contribute to the initial and continued education of the teacher. It is argued in favor of approaches with interconceptual relation as the focus of reflection/formation associated with mobilization and (re)signification of knowledge with a propensity to the human development, in high school and university classes.

**Palavras-chave:** significação conceitual, energia, interdisciplinaridade, formação de professores

**Keywords:** conceptual signification, energy, interdisciplinarity, teacher education

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (BRASIL, 1996) expressa uma concepção ampla de educação com finalidade de propiciar o pleno desenvolvimento do educando para a vida em sociedade (Art. 2º). Nos termos das Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (BRASIL, 1998), são definidos cinco princípios estruturadores dos currículos: interdisciplinaridade, contextualização, identidade, diversidade e autonomia (Art. 6º). De modo especial, dois destes princípios articuladores do ensino dos conteúdos/conceitos escolares foram reafirmados em documentos

---

<sup>1</sup> Versão ampliada do trabalho “A Complexidade de Processos de Significação Conceitual de Energia num Espaço de Formação para o Ensino de Ciências” apresentado no VII ENPEC (Encontro Nacional de Pesquisa em Ciências)

subseqüentes (BRASIL, 1999, 2006) e vêm sendo objeto de amplas abordagens e discussões, quais sejam: a interdisciplinaridade e a contextualização.

Por outro lado, no primeiro dos cinco eixos cognitivos (comuns a todas as áreas de conhecimento) que compõem a matriz de referência para o ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio) há a exigência de “dominar linguagens” (BRASIL, 2009), entre as quais, a linguagem das ciências. Tal exigência de que o estudante saiba fazer uso da linguagem científica referenda o papel social específico da escola: o de propiciar o acesso pedagógico aos conhecimentos científicos de modo que o estudante se aproprie das linguagens e das formas de pensamento próprias às ciências e saiba fazer uso das mesmas para compreender e agir em situações-problema, frente a situações reais em estudo.

Em que pese à relação dicotômica entre as linhas de mudança curricular prescritas pelas políticas públicas e os desafios inerentes a cada prática curricular, o que se percebe é que, muitas vezes, o ensino e a formação de professores têm reiterado tal fosso, no quadro de dificuldades que limitam as reformas educativas em construção. Isso situa a necessidade de avanços na compreensão do que seja um ensino de conteúdos/conceitos capaz de assegurar o pleno desenvolvimento do educando, como finalidade da educação escolar que não pode ser vista nem tratada como algo simples. O que dizer sobre as características de um ensino interdisciplinar e contextualizado orientado para tal finalidade? Inúmeros estudos vêm apontando contribuições importantes no âmbito dessa temática, contudo, avolumam-se os desafios que acompanham cada contexto de mudança curricular, em suas abordagens, ações, reflexões e compreensões.

Nesse amplo cenário problemático, o presente artigo apresenta e discute um recorte de resultados de uma investigação sobre abordagens do conceito energia em aulas e em livros didáticos (LD) da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CNT). Trata-se, especificamente, da análise de um contexto de estudo e discussão, em uma aula da licenciatura, sobre o ensino de conteúdos escolares referentes às transformações dos alimentos no organismo, por meio do metabolismo energético celular. Discute-se a complexidade de abordagens e explicações que requerem compreensões bastante específicas sobre a energia que mantém a vida.

A complexidade de tal compreensão que foi objeto de estudo na situação vivencial em aula requer relações entre conceitos diversificados, a exemplo de: célula, mitocôndria, metabolismo, reação enzimática, digestão, absorção intestinal, circulação, ATP, energia, entre tantos outros que poderiam ser citados. Trata-se de conceitos cujos significados

assumem vieses diferenciados no âmbito cultural próprio a cada uma das ciências (disciplinas) da área de CNT. A compreensão escolar de qualquer situação vivencial em estudo, como essa, requer que o estudante se aproprie das ferramentas culturais próprias a cada ciência, produzindo sentidos aos significados de conceitos diversificados, na medida em que estabelece relações entre eles, de forma dinamicamente articulada.

A atenção, neste artigo, é direcionada, precisamente, para discussões, com base no referencial histórico-cultural, sobre o entendimento de que os processos de (re)significação conceitual, em aulas de CNT, são configurados mediante sistemas de relação entre conhecimentos cotidianos e científicos diversificados, que se entrecruzam em tramas complexas, constitutivas do conhecimento escolar. O foco problemático da abordagem em discussão diz respeito a processos de (re)contextualização pedagógica de conhecimentos científicos que, produzidos, antes, nas ciências, necessitam ser transformados em conhecimentos escolares. Considera-se que tais processos são importantes de serem criticamente compreendidos, discutidos e investigados, em espaços de formação para o ensino das ciências.

Cientes de que o ser humano convive e lida com situações tanto rotineiras quanto imprevistas, parte-se do pressuposto de que, ao se defrontar com a necessidade de usar conhecimentos, aqueles produzidos em situações cotidianas limitam as possibilidades para se resolver situações-problema inesperadas. Espera-se que estas, inerentes a qualquer situação prática, não sejam resolvidas, pelos professores, por meio de teorias e soluções propostas fora da prática, em decorrência da racionalidade técnica. Por outro lado, nem por meio de soluções que levem em conta conhecimentos cotidianos pouco refletidos, presos ao concreto, ao imediato.

À medida que sujeitos com formação e atuação diferenciadas interagem mediando conhecimentos produzidos e validados em esferas culturais historicamente produzidas na humanidade, espera-se compreensões que, representativas de contextos culturais diversificados, possam se entrecruzar, inter-relacionar e interpenetrar dialeticamente. Culturas cotidianas nunca são homogêneas nem lineares, da mesma forma que as científicas e, também, as escolares. É assim que uma diversidade de conhecimentos contribui para o enriquecimento cultural de compreensões escolares socialmente produzidas e validadas. Isso situa a função essencial da escola: a de propiciar o acesso pedagógico, por parte das novas gerações, a conhecimentos produzidos e validados em outras esferas de produção cultural, em especial nas ciências, o acesso a conhecimentos só

possíveis por meio da mediação de professores com formação em campos específicos da cultura humana; sendo a escola, também ela, uma instância de produção cultural.

Nesse cenário, por exemplo, conteúdos e conceitos ensinados em aulas de Biologia objetivam a compreensão dos seres vivos e suas interações nos ambientes. Porém, estudar a digestão, um alimento, o corpo humano, a respiração, a célula, tudo abrange compreensões químicas sobre as substâncias e as reações químicas. Em Química, estudam-se os materiais, as substâncias e as transformações, o que inclui, também, os estudos dos processos vitais. Ou seja, os estudos de Biologia requerem o uso de inúmeros conhecimentos químicos, e vice-versa.

Com essa exemplificação, pretende-se enfatizar que a escola não pode negligenciar a complexidade do objeto de cada disciplina escolar, cuja compreensão inclui uma diversidade de conhecimentos, historicamente produzidos pela humanidade, mediante estilos específicos de explicação. Requer o uso de linguagens, significados conceituais, formas de pensamento próprias a cada componente curricular. Cada um, sendo representativo de um estilo próprio de explicação, é importante de ser pedagogicamente disponibilizado aos estudantes, que, por sua vez, já haviam constituído, nas interações em seus contextos socioculturais, estilos de explicação representativos de linguagens, significações conceituais e formas de pensamento próprias ao conhecimento cotidiano. Os aprendizados escolares constituem-se em atividade mental diferenciada, constituída mediante processos dialéticos de internalização e reconstrução de significados conceituais, em processos interativos mediados, assimétrica e deliberadamente, que propiciam a apropriação de instrumentos culturais específicos a cada ciência. Cada uma se constitui numa forma específica de linguagem e pensamento que, historicamente produzida na humanidade, é socioculturalmente mediada no contexto que denominamos escolar.

Com apoio no referencial histórico-cultural (VIGOTSKI, 2001), assume-se que são os conceitos escolares (relacionados aos conceitos cotidianos, porém deles diferenciados) que potencializam o desenvolvimento das funções psicológicas superiores. À medida que o estudante se apropria de outras palavras na escola e as usa, significando-as conceitualmente, elas passam a fazer parte de sua estrutura de pensamento. Retomadas em outros momentos e contextos, as novas palavras propiciam novos sentidos, que enriquecem os aprendizados e construções, ampliando os processos de significação conceitual. Isso potencializa o desenvolvimento conceitual, na medida em que permite ao estudante novos níveis de abstração, tomadas de consciência, sistematização e generalização, com

aprendizados que fazem frente aos processos de desenvolvimento proximal e de singularização humana. (VIGOTSKI, 2001).

Reflexões sobre o contexto problemático em discussão neste artigo consideram abordagens sobre significados conceituais de energia, algumas explicitadas a seguir.

## ABORDAGENS COMPREENSIVAS SOBRE O CONCEITO ENERGIA

Para iniciar essa reflexão, cabe lembrar que, ao longo da evolução histórica do universo, a energia sempre esteve presente, de alguma forma, em todos os fenômenos naturais que possibilitaram a organização e o desenvolvimento do ambiente, bem como a evolução da vida. Para além das transformações naturais, tornou-se crescente a presença da energia, também, nos processos tecnológicos, cada vez mais amplos e complexos. Basta lembrar que a humanidade, em seu percurso histórico de desenvolvimento, usou e significou diversificadas noções de energia, ao produzir transformações de materiais, desde os primórdios da produção do fogo, a alquimia chinesa (270 A.C.) e greco-egípcia (200 A.C), a idade média (470 D.C.), até a modernidade (1600) e o tempo atual. Podem ser lembradas idades como a da pedra, do bronze, do cobre, da cerâmica, do ferro, da siderurgia.

Uma multiplicidade de noções de energia acompanhou as transformações culturais da humanidade, ao longo do desenvolvimento científico e tecnológico. Neste artigo, a atenção se volta para a complexidade do ensino e da compreensão da noção de energia a partir de uma análise, especificamente, de abordagens sobre o aproveitamento dos alimentos no organismo. Trata-se de abordagens em salas de aula que decorrem de diferentes processos de produção cultural, que nem sempre são levados em conta nos estudos e nas explicações.

De acordo com Auth (2000, p. 69), o conceito energia, ainda que tenha sido presente no pensamento de estudiosos “somente foi reconhecido pela comunidade científica, na sua formulação atual, a partir de meados do século XIX.” Trata-se de um conceito que, assumindo diferentes significados e sentidos em cada campo de conhecimento e em diferentes contextos, está sistematicamente associado com implicações tecnológicas, sociais, ambientais.

Energia é uma grandeza não palpável e nem modelável e, portanto, não “coisificável” (...). As diversas manifestações relacionadas com a energia que ocorrem na natureza indicam que o conceito energia não está associado somente

a “algo coisificável”, mas também a formas, como a eletricidade e o calor, a interações (à distância) e a posições. (p.69)

Se, na história da Ciência, a noção de energia “levou centenas de anos para se desenvolver e se estabelecer” (JACQUES, 2008), é importante prestar atenção a problemática inerente ao seu ensino, considerando-se reflexos do seu próprio processo de desenvolvimento histórico, não homogêneo nem linear, associado a complexas tramas intrincadas de significação e inter-relação conceitual. Pode-se dizer que a diversidade de compreensão deste conceito está associada às modalidades específicas de energia (elétrica, luminosa, gravitacional, eólica, hidroelétrica, magnética, térmica, nuclear, mecânica, trabalho, potencial, cinética). O princípio básico de que todas as formas de energia são interconvertíveis e se conservam se reflete na diversidade dos entendimentos e abordagens.

Existem várias *formas de energia*, associadas aos diferentes tipos de trabalho: o trabalho mecânico, o trabalho elétrico, o fluxo de calor etc. As idéias foram se estabelecendo com o decorrer do tempo, a partir do século XVIII, quando se percebeu a impossibilidade da construção de máquinas que pudessem trabalhar sem consumir energia (*moto continuum*). Elas foram sendo expressas, de forma variada, por vários pesquisadores de diferentes áreas (Física, Engenharia, Química, Fisiologia, Filosofia), alguns de maneira mais particularizada, outros de forma mais geral, porém essas idéias nem sempre foram bem compreendidas (CHAGAS, 1999, p. 39).

No contexto do ensino, o conhecimento escolar de energia perpassa diferentes disciplinas e níveis curriculares, para além da área de CNT. Envolve uma amplitude de abordagens e significações, o que pode ser atribuído a própria complexidade do conceito. Afinal, convive-se com uma diversidade de noções de energia que, sendo relativamente estáveis ao longo do tempo, representam específicos contextos histórico-culturais. Em níveis e contextos diferenciados do ensino, os sujeitos vivenciam uma multiplicidade de relações conceituais, produzindo sentidos aos significados dos conceitos científicos e cotidianos, que, assumindo características próprias, são objetos de reconstrução sistemática, nas interações em aulas.

Considerando os processos de (re)construção do conhecimento escolar nem sempre reconhecem que a compreensão conceitual de energia requer diferentes conhecimentos e relações, este trabalho discute a visão do conceito energia como um sistema complexo de inter-relações, que extrapola os limites de cada campo da ciência. Não se tratando de um entendimento limitado a uma concepção simples e consensual, nem na ciência nem no contexto escolar, é importante considerar as fronteiras que demarcam os significados e as relações. Segundo Angotti (1991) a energia é:

um “sutil camaleão” do conhecimento científico. Transforma-se espacial e temporalmente, na dinâmica mutável dos objetos, fenômenos e sistemas, conserva-se na totalização das distintas formas e degrada-se porque uma de suas formas – o calor – é menos elástica e reversível do que outras (p.115).

Frente a estudos que sinalizam para a necessidade de se levar em conta, no ensino de CNT, graus de dificuldade inerentes à compreensão desse conceito, é importante evitar explicações escolares simplistas e/ou deturpadas sobre a energia, a matéria e o ambiente. Cada vez mais, o ensino escolar requer noções sobre as partículas e as interações interpartículas necessárias à compreensão dos fenômenos tomados como objeto de estudo, na área. A complexidade inerente à compreensão conceitual de energia impõe reflexões fundamentadas, em processos de formação de professores, sobre os processos de transformação pedagógica dos conhecimentos científicos e cotidianos em conhecimento escolar. Os processos de recontextualização didática dos conhecimentos científicos em LD e em aulas de CNT supõem relações de tensão e de conflito decorrentes das características epistemológicas próprias a cada contexto cultural de produção de conhecimento.

Vigotski (2001) usa o termo ‘espontâneo’ para referir-se aos conhecimentos produzidos pelas pessoas nas interações circunstanciais, em contexto cotidiano, diferentemente dos processos de ensino e aprendizagem sistemáticos, intencionais e marcados por uma condição não-simétrica de interação entre professor e estudante. O autor discute a distinção entre os conceitos significados no ensino escolar e os conceitos por ele chamados de espontâneos, formados por um tipo de relação, entre pares e de forma circunstancial, na experiência do sujeito. Fazendo menção a grande diferença na relação mediada do sujeito com o objeto, desde as primeiras significações conceituais até a formação definitiva, o autor refere-se a força e a fraqueza dos conceitos espontâneos, relativamente aos científicos mediados nas aulas: “naquilo em que os conceitos científicos são fortes os espontâneos são fracos, e vice-versa, a força dos conceitos espontâneos acaba sendo a fraqueza dos científicos” (idem, p. 263).

No que tange aos sistemas de relação entre conceitos, segundo Marques (2000, p.115), na dinâmica curricular, os conteúdos do ensino e da aprendizagem e os conceitos atuam como “instrumentos do pensar e do agir que se justificam e ganham sentido próprio no complexo sistema que compõem com os conceitos correlatos e em que interagem em campo teórico mais vasto”. Nesse sentido, cada campo disciplinar, a exemplo da Biologia e da Química, corresponde a um sistema conceitual bastante específico. O autor discute a noção de “urdidura conceitual”, constituída na “configuração concreta das práticas

educativas e na específica correlação de temas e respectivas tramas conceituais com que são tratados”, o que impõe “uma visão nova da inter ou transdisciplinaridade. Só se constituem as disciplinas na unidade do saber, em que se correlacionam os muitos saberes e se expressam as múltiplas vozes da razão. No coração de cada ciência habitam as demais”.

Cada campo de conhecimento corresponde a um contexto específico de produção cultural, no qual são construídos, validados e usados significados conceituais de energia. Isso situa a importância de compreender a complexidade das relações entre conceitos cotidianos e científicos, disciplinares e interdisciplinares que co-participam nas abordagens de conteúdos e temas, em aulas de CNT, considerando-se o plano da realidade vivida e o da idealidade das ciências.

Não se ensinam coisas ou saberes prontos, mas relações conceituais em que se articulam as práticas sociais com as razões que as impulsionam e delas derivam, processo que consiste em traduzir o plano da realidade para o da idealidade dos conceitos e, em seguida, retraduzir o plano conceitual ao campo da vida cotidiana onde se fazem concretas as relações tematizadas. (MARQUES, 2000, p. 115).

Isso situa a importância da noção vigotskiana de movimentos dinâmicos de ‘ir e vir’, em dupla direção, em sentido ascendente e descendente, entre os conhecimentos cotidianos e científicos. Em situações do cotidiano, o sujeito estabelece relações usando instrumentos e signos de forma ainda presa no concreto, sem uma abstração que lhe permita o pensar conceitualmente. Diferentemente, no escolar as interações com os professores lhe proporcionam mediações diferenciadas, que potencializam o desenvolvimento, atingindo formas superiores de pensamento, com crescentes níveis de abstração e generalização. Assim, nos processos de desenvolvimento humano, em situações de interação, os aprendizados escolares e cotidianos cumprem com um papel bastante diferenciado, sendo que os sujeitos nem sempre operam com os conceitos na acepção esperada por outros com os quais interage (VIGOTSKI, 2001).

Essa compreensão dos processos de significação conceitual numa perspectiva inter-relacional remete à visão da constituição dos sujeitos singulares. Vigotski (2001) situa o papel central das interações dos sujeitos entre si no mundo, a partir da mediação simbólica de instrumentos e signos que permitem o estabelecimento das relações do homem no meio. A constituição do ser humano se dá nas interações com o outro; o sujeito, fundado no histórico-cultural, tem na cultura as marcas do humano; as relações sociais têm um papel

fundante do ser humano “enquanto ser que se constitui imerso na cultura – nas experiências coletivas e práticas sociais” (GOÉS 2000, p.12).

A partir desse entendimento de que os processos de formação de conceitos resultam das interações com outros, assume-se que interferir intencionalmente na aprendizagem é de grande importância para os sujeitos envolvidos. O professor, ao proporcionar processos de produção de sentidos por parte do estudante, torna possível que ele signifique o conceito, evoluindo na sua compreensão. Segundo Vigotski (2001), quando o sujeito começa a usar a nova palavra (signo) recém está iniciando o processo de sua evolução conceitual, por isso são necessárias sistemáticas retomadas para que ele possa atingir, progressivamente, novos estágios de evolução. Isso acontece mediante produção de sentidos (com os quais operam os interlocutores) referentes ao significado aceito no âmbito de cada disciplina/ciência, cabendo ao professor controlar os processos de produção de sentidos aos significados específicos.

Essas considerações podem ser associadas aos aprendizados em aulas de CNT. No âmbito de cada disciplina da área, referenciada pela respectiva comunidade científica, percebem-se noções de energia “diferenciadas entre si, mas que podem ser agrupadas de acordo com a área do LD, ou seja, a Biologia diz que *energia flui*; na Física, *é capacidade de realizar trabalho*; e na Química, *é agente de transformações e de movimento*”. (STRADA et al 2007, p. 5-6). Assume-se que a diversidade de noções atribuídas ao conceito pode ser um forte fator propulsor e enriquecedor dos aprendizados escolares, cientes de que “não basta ensinar as partes e querer juntá-las, depois, para formar um todo. Se elas não estiverem ‘amarradas’, inter-relacionadas, representando o todo, desde o começo do ensino, o todo permanecerá fragmentado” (AUTH, 2000, p.73).

Assumindo que a diversidade de noções atribuídas ao conceito energia pode potencializar os processos de significação conceitual em aulas de CNT, este artigo analisa interações de professores em formação inicial e continuada, dando atenção a reflexões sobre fundamentos dos pensamentos que sustentam e justificam abordagens do conteúdo metabolismo energético celular. Parte-se da questão básica: quais discussões e reflexões sobre o ensino das transformações energéticas de alimentos no organismo são possibilitadas pelas interações e como elas contribuem, potencialmente, na formação para o ensino de CNT?

Ampliadas nos LD, abordagens do conteúdo abrangem graus crescentes de dificuldade de compreensão. Um “olhar mais profissional e um pouco de sensibilidade

educativa” apontariam que a “aridez e frieza das aulas, a monótona repetência, as aulas expositivas, iguais para uma criança da 5ª série um adulto da pós-graduação, não são processos estimulantes da atividade mental de qualquer ser humano” (ARROYO, 2000, p.113). Busca-se formas de compreensão e mudança das abordagens conceituais, na perspectiva de promover o desenvolvimento humano, na educação básica ou superior.

## INTERAÇÕES DE SUJEITOS NUM ESPAÇO DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES

A pesquisa envolveu o planejamento, implementação e análise de módulos triádicos de interação de professores da universidade, professores do Ensino Médio (EM) e licenciandos, em aulas de componentes curriculares da licenciatura de Biologia e/ou Química, segundo a proposição de ZANON (2003). Para o desenvolvimento e análise das interações, professores do EM (Biologia e Química) foram convidados a participar de aulas da licenciatura, na universidade, criando a possibilidade concreta de interação dos três grupos de sujeitos, com suas experiências e saberes diversificados, em processos de discussão e reelaboração sociocultural. Com vistas a possibilitar interações mais fecundas, foram disponibilizados subsídios (previamente), incluindo abordagens de LD do EM, para orientar os professores convidados a discutirem sobre o ensino escolar em questão.

Quinze módulos foram desenvolvidos nos últimos anos, em aulas dos cursos de licenciatura em Ciências Biológicas e em Química. Neste artigo, resultados apresentados e analisados referem-se ao Módulo 8, em que se tratou do ensino de conteúdos e conceitos relativos à compreensão da respiração, com foco na bioenergética celular e nas reações enzimáticas. O referido módulo, que foi desenvolvido no 2º semestre de 2008, no componente curricular Bioquímica II, contou com a participação de dois professores do Ensino Médio, sendo um de Química e um de Biologia.

Anteriormente à realização do módulo, os licenciandos realizaram pesquisas coletivas sobre o assunto usando fontes diversificadas, análises de LD do EM, elaboração de questões para serem debatidas com os professores. Para que as interações fossem mais participativas, durante o módulo foram apresentados *slides* que continham ilustrações de esquemas representativos de reações enzimáticas envolvidas nas vias metabólicas mitocondriais, envolvendo conhecimentos sobre transformações em nível atômico-

molecular, mediante as quais é produzida a energia metabólica que possibilita a manutenção do processo vital.

Foram procedidos registros das falas dos sujeitos (em áudio). Após a degravação, sucessivas leituras atenciosas das transcrições permitiram recortes das falas, com construção e análise dos dados de pesquisa. Em conformidade ao Parecer 055/2008 do Comitê de Ética na Pesquisa da UNIJUÍ, para assegurar o anonimato dos sujeitos de pesquisa, nos trechos de fala, os mesmos são referidos conforme segue: PU como professor da Universidade; PEMQ como professor de Química do EM; PEMB como professor de Biologia do EM; L como licenciando. Os sujeitos, dentro de um mesmo grupo, são identificados por números.

O critério para o recorte das falas nas transcrições levou em conta o interesse de identificar aquelas em que os sujeitos manifestavam-se sobre aspectos referentes a significação conceitual de energia mediante processos associados com a mobilização de relações intersubjetivas, em discussões sobre abordagens conceituais no ensino do metabolismo energético celular. 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, configurando-se como uma forma de ruptura com a forma de organização curricular linear e fragmentada, ainda prevalente nos sistemas de ensino.

## REFLEXÕES SOBRE AS INTERRELAÇÕES NO ESPAÇO DE FORMAÇÃO

As discussões no Módulo 8 referiam-se a necessidade de o professor mediar conceitos complexos e abstratos em estudos sobre o aproveitamento energético dos alimentos, sua constituição química e as transformações no organismo, tendo como foco a multiplicidade de relações conceituais envolvidas na (re)significação de conhecimentos sobre o metabolismo energético celular. Com atenção orientada para abordagens no EM, refletia-se sobre explicações relativas aos sistemas de reações enzimáticas e vias metabólicas inter-relacionadas que transformam moléculas ‘combustíveis’ (glicose, frutose, galactose, ácidos graxos) em gás carbônico e água, nas mitocôndrias, com consumo de oxigênio. Uma complexidade de transformações em nível atômico molecular requeria compreensões com graus elevados de abstração, nem sempre possíveis no EM,

sendo que até mesmo licenciandos denotam dificuldades para atingir os níveis de pensamento e compreensão requeridos.

Discutiu-se sobre abordagens reducionistas em LD de EM, limitadas a definições e abordagens de cunho formalístico e fragmentado, corroborando o entendimento de Cerri et al (2000, p. 128) de que “a forma e organização dos conteúdos não evidencia preocupação com a inter-relação funcional e mesmo estrutural e, portanto, o estudo se dá de forma linear e estanque”. Conceitos carecem de ser mais bem explicitados e interrelacionados. Resumidos a poucas linhas ou frases, introduzem muitos conceitos, meramente na forma de definição. Em meio a reflexões, no espaço de formação de professores, sobre a complexidade das relações conceituais envolvidas nos estudos, PEMB1 se manifestava sobre dificuldades de compreensão do conteúdo, com base na Figura 1, que corresponde a um *slide* que foi objeto de discussão por parte dos sujeitos, no módulo.

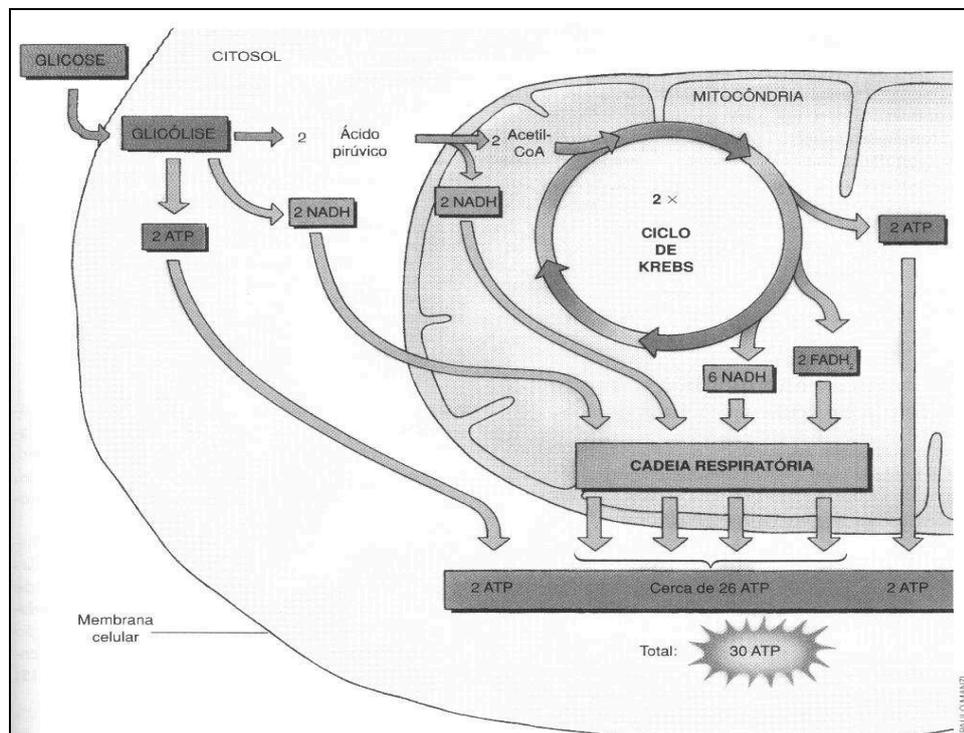


Figura 1 (LD1, p. 215)

PEMB1: *O conteúdo mais difícil para todo o EM, em Biologia, indiscutivelmente, é mitocôndria. É compreender o processo de produção de energia. [...] 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.*

PU1: *Provavelmente os professores de Biologia, que são seus colegas, também...*  
 PEMB1: *É. Agora, para o aluno entender o que acontece quando ele come, é muito difícil. 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 ser produzida e se 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...*

PU1: *Tem a mitocôndria*

PEMB1: *Até ela ((glicose)) chegar à mitocôndria. Entender essas reações químicas ((aponta para o slide da Figura 1)) é complicadíssimo.*

PU1: *E isto está lá no EM.*

PEMB1: *É, está nos livros! E isso é difícil! (M8, 100-107)*

As falas diziam respeito à complexidade dos estudos e a graus de dificuldade para compreender as transformações envolvidas no aproveitamento da energia de alimentos por meio da respiração celular. Conceitos básicos de Biologia e Química, abstratos por natureza, necessitam ser usados, com mobilização da capacidade de pensar conceitualmente sobre eles, entendendo-os de forma dinamicamente inter-relacionada. Modos de mediação como o propiciado por PEMB1, importantes na formação inicial e continuada de professores, traziam a tona dificuldades vivenciadas cotidianamente no ensino de conteúdos que requerem conceitos que nem o professor domina.

As compreensões, que extrapolam os conhecimentos usuais de um professor de Biologia, requerem conceitos químicos que, isolados e descontextualizados, não bastam por si só. Interloquções acenavam para avanços nos processos de significação conceitual, mediante ações coletivas que permitam a interação entre professores com formação disciplinar diversificada. Por exemplo, cabe ao professor de Química contribuir com as explicações relativas às substâncias, transformações e interações em nível atômico-molecular. Interações suscitavam preocupações quanto a dificuldades inerentes aos processos de produção de sentidos aos significados dos conceitos científicos em contexto escolar, sobre a mobilização de relações dialéticas entre conhecimentos científicos e cotidianos que, sendo diferenciados, requerem-se mutuamente, em relação de reciprocidade.

As entidades tidas como reais dentro do discurso do dia-a-dia diferem das entidades da comunidade científica. O raciocínio de senso comum, embora possa apresentar certa complexidade, tende a ser tácito ou a não ter regras explícitas. O raciocínio científico, por outro lado, é caracterizado pela formulação explícita de teorias, que podem ser comunicadas e inspecionadas. Envolve vários cientistas comunicando-se uns com os outros (DRIVER *et al*, 1999, p.35).

No contexto escolar, a inerente abstração nos processos de conhecimento sobre a energia implica em inúmeras compreensões, (re)contextualizações e (re)significações. Por isso, o ensino não pode limitar-se a abordagens simplistas e precariamente relacionadas com situações reais, a exemplo de abordagens sobre as transformações que mantém a vida. Sua compreensão com (re)significação conceitual requer conhecimentos produzidos em

contextos diversificados, os científicos e os cotidianos, os de nível teórico/abstrato e os vivenciais, a exemplo da respiração, que, na escola, saindo do plano da realidade vivida, é objeto de compreensão diferenciada, mediante relações no plano da idealidade dos conceitos.

Em algumas situações o conceito de energia, por ter um caráter mais abstrato, mas ao mesmo tempo ser identificado em várias formas, como luz e calor, passa a ser concebido como algo superior, não compreensível. Já, em outras, passa a ser considerado de forma simplista ignorando-se seu grau de abstração. As duas visões fazem parte da cultura primeira das pessoas, com forte apego ao imediatismo das evidências. Sabem que a energia é útil, identificam-na nos fenômenos elétricos. No entanto, não percebem outras possibilidades, além das diretamente observadas (AUTH, 2000, p.70).

Isso situa a importância de reflexões fundamentadas sobre a especificidade dos processos de significação dos conceitos escolares, levando em conta a noção de que os processos de conhecimento (científicos, escolares ou cotidianos), nunca lineares nem homogêneos, têm características descontínuas e plurais (LOPES, 1999). Assim, preocupações expressas pelos sujeitos remetiam à função essencial do professor de mediar processos de apropriação de conhecimentos com os graus de abstração e generalização requeridos pela aprendizagem escolar. Não podendo se limitar a repetições mecânicas, eles necessitam ser compreendidos em sua processualidade e dinamicidade.

Vigotski (2001) defende uma inter-relação dialética entre internalização, apropriação e significação de um conceito, fundamentando a visão de que as funções mentais são relações sociais internalizadas. A internalização conceitual é inerente aos processos de constituição social do indivíduo e cada sujeito interage impregnado de conhecimentos, história, cultura, em sistemáticos processos de (re)construção social. É importante refletir criticamente sobre essa problemática referente a mediação e significação conceitual em aulas de CNT. Smolka (2000) discute 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”. Conhecimentos específicos são transmitidos na relação pedagógica por outros mais experientes, em atividades partilhadas que dizem respeito “ao processo de (re)construção interna e transformação das ações e operações” (p.28).

Nas falas que seguem PEMQ1 alertava para o risco de os estudantes interpretarem de forma diferente da esperada pelo professor, ilustrações ou analogias presentes em LD do EM, entre as quais a expressa na Figura 2, que, entre outras, também foi objeto de discussão, no módulo. Os sujeitos discutiam representações artísticas como a imagem de

homens empurrando pedras morro acima para abordar a noção de que a atividade enzimática reduz a energia de ativação da reação catalisada.

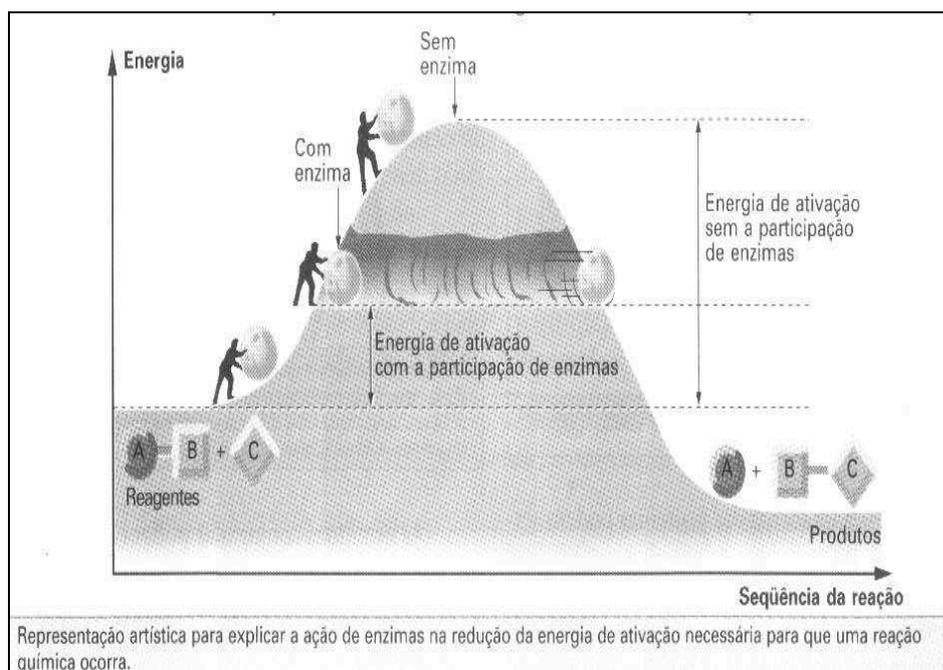


Figura 2 LD2, p.48

PEMQ1: *Outra coisa é essa questão da energia de ativação, como tinha, numa figura, ali.*

PU1: *Aquela do morro.*

PEMQ1: *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)*

PU1: *Entenderam? Olhem aqui, ó ((aponta para a Figura2)). Ele ((aluno do EM)) estava entendendo que a molécula é isso aqui, de repente.*

PEMQ1: *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?” [...]*

PEMB1: *Se fosse os meus já iam dizer que gasta energia. (M8, 124-133)*

Mediações como as de PEMQ1 contribuem para que os professores reflitam sobre o risco de estudantes do EM pensarem que haveria, ali dentro da célula, algo semelhante ao tal ‘morro’. Segundo o depoimento de PEMQ1, a imagem, ao invés de favorecer o pensamento teórico-conceitual, havia levado estudantes do EM a pensar numa força com a qual as moléculas ‘subissem os morros’ dentro das células. A imagem não favoreceu a compreensão da ação catalítica das enzimas como uma interação química entre a molécula da enzima e a do substrato que reduz a energia de ativação da reação.

É importante que, no ensino de CNT, os aprendizados extrapolem abordagens restritas, que acomodam a razão a formas de pensamento presas ao concreto. Bachelard (1996) discute a noção de “boas” e “más” imagens e metáforas como recurso de ensino.

Sem defender a impossibilidade de usá-las, critica-as no sentido de que elas tratam da realidade, como se os objetos do conhecimento escolar correspondessem diretamente ao mundo que se vê pelas observações sensoriais. Segundo Lopes (1999, p. 263), a posição de Bachelard é de que “a razão não se pode acomodar a elas, devendo estar pronta a desconstruí-las sempre que o processo de construção do conhecimento científico assim o exigir”. Nos dizeres da mesma autora, “temos que entender as imagens como uma instituição de meios matemáticos de compreensão racional das leis e não como uma afirmação dogmática da realidade” (p. 263).

Discutia-se nos ‘módulos interativos’ a importância de se ter uma visão crítica sobre abordagens limitadas ao que é representado em analogias ou metáforas. Ao invés de avançar nas compreensões conceituais, as linguagens e pensamentos permanecem nas formas familiares de conhecimento, típicas ao conhecimento cotidiano, obstaculizando a construção dos conhecimentos escolares.

Defende-se neste trabalho que, um professor, ao usar imagens, metáforas ou analogias no ensino de CNT, tome cuidados para permitir uma adequada compreensão conceitual, como no caso da Figura 2, que pode direcionar o pensamento dos estudantes para noções distorcidas sobre a variação da energia durante a reação enzimática. “O conceito de energia química assim empobrecido, antes de facilitar, dificulta a aprendizagem porque retém o pensamento no patamar de uma simplicidade apenas aparente” (OLIVEIRA e SANTOS, 1998 p.20). Nesse sentido, discussões alertavam para a complexidade e o grau de dificuldade de compreensão dos conceitos escolares.

Nas falas que seguem PEMQ1 deixava claro que o EM não propicia uma compreensão conceitual pertinente por não direcionar o pensamento para a noção de que as variações de energia são associadas a mudanças nas ligações químicas, nas interações entre as moléculas.

PEMQ1: [...] *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, os 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.*

PEMB1: *Se a gente for pensar, por exemplo, na Biologia [...]*

PEMQ1: *E é extremamente importante entender isso! Na verdade o importante seria entender as ligações entre os átomos, a quebra de ligações, o rompimento de ligações, com energia [...].*

PU1: *Interação química!*

PEMQ1: *É. As anteriores e as novas interações. Por que vai formar esse produto? Afinal de contas, por que a reação acontece? Por que ela é mais rápida? O que faz ela ser mais rápida,*

*se não é 'subir e descer'? Porque esta é que é a idéia que traz na analogia, na figura. (M8, 134-138)*

As interlocuções traziam a tona discussões sobre as inter-relações envolvidas na compreensão conceitual das inter-conversões de energia. Alertavam para a importância de um aprendizado que permitisse “entender as ligações entre os átomos, a quebra de ligações, o 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, caberiam explicações sobre as formas diversas de energia envolvidas, a potencial, cinética, eletrostática e outras.

Discussões enfatizavam a importância de abordagens capazes de inter-relacionar explicações em nível teórico-conceitual e experiencial, evitando o risco de recair em obstáculos à apropriação do conhecimento escolar. Os aprendizados nem sempre propiciam processos de significação conceitual em nível atômico-molecular. Cabe reafirmar o postulado vigotskiano de que o desenvolvimento do significado é produzido nas interações sociais, mediadas por signos ou instrumentos, através do outro. O sujeito, compreendido na sua relação com o signo e, mais especificamente, com a linguagem, é constituído nas relações sociais. Situado histórica e culturalmente, é definido pela emergência dos signos e pela consciência constituída na e pela linguagem.

Esse pressuposto situa o papel da escola e, nela, dos professores na constituição do ser humano. Os estudantes, que não são ‘tabulas rasas’ a serem preenchidas, possuem vivências, experiências, potencialidades diversas para pensar e expressar conhecimentos acerca de conceitos, como é o de energia. Cabe ao professor mediar processos de (re)contextualização de conceitos científicos e cotidianos de modo que os estudantes estabeleçam inter-relações constitutivas do conhecimento escolar, (re)significando e apropriando-se de linguagens e significados conceituais. Os conceitos, palavras e signos são instrumentos do pensamento, sendo necessário controlar a produção de significados e sentidos, em contextos diversificados.

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).

Os aprendizados escolares, diferenciados dos cotidianos, antecipam e potencializam os processos de desenvolvimento da inteligência, da mente humana (VIGOTSKI, 2001).

Dificuldades de compreensão conceitual significativa, por parte dos estudantes e dos próprios professores, podem ser atribuídas a complexidade do conhecimento escolar, a exemplo das inter-conversões energéticas envolvidas na manutenção da vida. No Módulo8, interlocuções suscitavam reflexões sobre a complexidade do ensino e da formação de professores.

*PEMB1: [...] 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 trabalhar. 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 PEMQ1 também diz: “não PEMB1, 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 Ensino Médio. [...]*

*PEMQ1: Olha eu passei algumas noites em claro, pegando livros. Eu tive que apelar. Fazer o que? Pegar livros didáticos do Ensino Médio. E aí quando eu consegui entender os livros didáticos do Ensino Médio 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. (M8, 159, 165)*

Os olhares atentos dos futuros professores denotavam preocupações frente aos depoimentos que os desafiavam a romper com visões simplistas e idealizadas da prática escolar. Refletiam sobre dificuldades para propiciar uma compreensão conceitual sobre as transformações entre matéria e energia capaz de contemplar inter-relações de conceitos cotidianos e científicos, em aulas de CNT, extrapolando os limites de cada disciplina. A forte tendência de manter a sequência linear e fragmentada de conteúdos compromete as inter-relações de conhecimentos diversificados. Dificulta o desenvolvimento de sistemas de relações conceituais, o que pode ser atribuído a visões positivistas, “em que as ciências exatas e naturais reafirmam as crenças em si mesmas e se fecham em suas exclusivas competências, segundo uma lógica desvinculada dos fins humanos.” (MARQUES, 1988, p.66-87).

Defende-se que o ensino de cada disciplina seja desenvolvido com discernimento, por parte de professores e estudantes, quanto às fronteiras que demarcam cada campo de estudo. Isso requer a consciência da necessidade de mediar explicações de forma não desconexa, com sistemáticos processos de (re)construção dos significados conceituais. Cada disciplina é ensinada por meio de linguagens e significados próprios, sendo função de cada professor mediar formas de organização do ensino que, assumindo características interdisciplinares, permitam compreender a realidade mediante o conhecimento escolar. Nessa perspectiva, a interdisciplinaridade é concebida como uma interação entre sujeitos

que ensinam e aprendem a partir de vivências e conhecimentos diversificados, com visibilidade sistemática, coletivamente construída, sobre as relações conceituais que tornam possível a construção do conhecimento escolar. Reflexões diziam respeito a complexidade da prática escolar, a dificuldades para romper com as formas tradicionais de organização do currículo escolar.

L2: [...] *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.*

PEMQ1: *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. [...]*

PU1: *E ter gente que te ajude.*

L2: *Gente que ajude!*

PU1: *Um grupo!*

PEMQ1: *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! (M8,187-196)*

Sujeitos de pesquisa refletiam sobre condições necessárias à mudança da prática curricular. Percebiam-se indícios de crença na possibilidade de desenvolver processos de (re)contextualização dos conhecimentos científicos no contexto escolar de forma dinamicamente inter-relacionada, para que os conteúdos tenham significado para a formação dos estudantes. Professores e licenciandos refletiam 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, mobilizado por reflexões criticamente fundamentadas sobre a formação e as práticas docentes, que necessitam levar em conta as condições da escola real.

A conquista de um espaço de formação com características interdisciplinares, com a participação de professores (em formação inicial e continuada) que atuam em diferentes disciplinas da área de CNT era testemunhada por depoimentos de professores que já haviam conquistado tal espaço coletivo. Mediações como a de PEMQ1, ao dizer que é importante “você ter a vontade disso!” são construtivas para o desenvolvimento de um ensino conceitualmente significativo, que possibilite inter-relações de conceitos diversificados, como no caso dos estudos escolares discutidos no módulo. A aposta na consolidação de espaços-tempo para estudos, planejamentos e ações coletivas é condição para a promoção de tais inter-relações nas práticas escolares.

Essa discussão remete para a problemática da formação de professores, que nem sempre é orientada para a promoção de aprendizados capazes de adiantar os processos de desenvolvimento humano. Remete para a necessidade de problematizar e (re)significar

conhecimentos produzidos nas interações cotidianas, relacionando-os com outras formas de explicação e ação no mundo, possibilitadas pelo uso de signos e instrumentos mediados na escola (VIGOTSKI, 2001). As explicações mediadas por instrumentos escolares não são construídas diretamente pelos estudantes. Elas permitem compreensões do mundo à luz de processos de (re)contextualização dos conhecimentos científicos em aulas de CNT.

Considerando-se a ampla participação de abordagens do conceito energia no ensino de CNT, a partir da análise dos episódios, argumenta-se em defesa da inserção de discussões e reflexões críticas, em espaços de formação de professores, sobre os processos de significação dos conceitos, em aulas do EM e da licenciatura. Avançar na melhoria do ensino de conceitos complexos, cuja compreensão transcende as interfaces de cada campo disciplinar, implica assumir a interdisciplinaridade, não como discurso, nem como “intercâmbios tangenciais entre temáticas das disciplinas” (ARROYO, 2000, p.113). Implica assumi-la como subsolo da interação entre professores que, tendo formação e atuação em diferentes disciplinas, planejam e desenvolvem um ensino articulado, na área, com visibilidade sobre diferentes compreensões dos conceitos, significados, inter-relações e contribuições, para permitir uma aprendizagem capaz de potencializar o desenvolvimento humano/social.

Nossa docência pode ser um exercício de tomada de consciência sobre as possibilidades da atividade mental. A escola pode ser um espaço facilitador ou um espaço que trava o desenvolvimento intelectual dos educandos. O que dependerá mais do como ensinamos do que o que ensinamos. De ambos. (Arroyo, 2000, p.113)

Processos de formação como o discutido neste artigo, ao permitirem refletir sobre como os estudantes atingem níveis de significação conceitual esperados, contribuem, potencialmente, para a melhora do ensino. A percepção de influências dos graus de assimetria das interações nos processos de significação conceitual de conhecimentos sobre práticas tomadas como objeto de discussão tem sido um foco importante nessa direção. Os processos formativos são culturalmente enriquecidos quando sujeitos interagem orientados pela intencionalidade de problematizar e (re)significar objetos de conhecimento sob pontos de vista diversificados. São maiores as possibilidades de avançar nas compreensões conceituais, quando todos co-participam dos processos de (re)construção de saberes e práticas educativas.

## ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

A partir da análise do recorte das interações vivenciadas e apresentadas neste artigo, é possível inferir que abordagens e discussões como as possibilitadas pelo módulo 8 enriquecem a formação para o ensino de CNT, ao permitirem refletir sobre as inter-relações que permeiam as abordagens dos conceitos em sala de aula. Elas trazem à tona questionamentos e reflexões sobre entendimentos dos processos de significação conceitual, no EM ou na licenciatura. Permitem processos de problematização com (re)significação de conhecimentos, potencializados por mediações entre sujeitos que interagem com experiências/conhecimentos diversificados, contribuindo, dessa forma, para a complexificação conceitual, pelas interferências intencionais orientadas ao desenvolvimento de uma aprendizagem inter-relacional.

Por meio de suas intervenções pedagógicas, mobilizadas por conhecimentos, concepções e intencionalidades específicas, cada professor em formação atua como mediador de processos de singularização e desenvolvimento humano, com vistas à melhoria do ensino de CNT. Nesse sentido, argumentamos em defesa de espaços de formação de professores, desde a formação inicial, nos quais os sujeitos reflitam sobre dificuldades de compreensão conceitual significativa, a começar pelos seus próprios entendimentos, percepções e concepções, com implicações na atuação em salas de aula.

Se, para promover processos de formação fundamentados em visões críticas sobre a (re)significação dos conceitos escolares, é necessário entender e saber lidar com dificuldades de compreensão significativa de conceitos complexos, que exigem graus elevados de abstração, cabe ao professor: o papel de propiciar situações potencialmente facilitadoras dos processos de transformação de esquemas conceituais (GÓES, 1997), criando possibilidades de desenvolvimento humano/social de forma mais plena.

Por outro lado, é importante conferir visibilidade aos múltiplos processos de interação social que co-participam nos contextos de mudança curricular com característica interdisciplinar e contextual, numa perspectiva potencializadora do desenvolvimento humano/social. Eles só são possíveis graças a complexos sistemas de mediação e inter-relação de conhecimentos, produzidos dentro e fora da escola (ARROYO, 2000). A potencialidade dos módulos reside na compreensão da força das interações de cada professor em formação com outros grupos de sujeitos envolvidos na empreitada comum de (re)construir os currículos, dentro e fora da escola. É isso que caracteriza o processo formativo como fecundo e enriquecedor. O professor, social por natureza, é constituído em

sua singularidade nas interações com outros, em especial, com os outros mais experientes, nos ambientes socioculturais em que vive/atua (VIGOTSKI, 2001).

A importância da discussão sobre tais entendimentos está situada, assim, na sua potencialidade para promover aprendizados escolares capazes de promover processos de desenvolvimento humano/social, ao longo das vivências em salas de aula. Ressalta-se a necessidade de olhares ao ensino e formação de professores de CNT orientados por reflexões críticas sobre a complexidade dos processos de significação conceitual envolvidos no ensino dos conteúdos escolares. Isso impõe avanços na compreensão das formas como os conceitos científicos são pedagogicamente (re)contextualizados, nas abordagens em LD e nas salas de aula, com atenção à visibilidade sobre as naturezas e os níveis de significação pretendidos e atingidos. Referenda-se, assim, a potencialidade das interações entre professores com formação em diversificados campos e níveis de saber para cumprir com o papel essencial da escola, o de efetivar aprendizagens que sejam relevantes para promover o pleno desenvolvimento humano/social dos estudantes, em suas interações/ações, dentro e fora das salas de aula.

## REFERÊNCIAS

ANGOTTI, J. A. P. *Fragmentos e Totalidades no Conhecimento Científico e no Ensino de Ciências*. 1991. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo - USP. São Paulo (SP).

ARROYO, Miguel G. *Ofício de Mestre: imagens e auto-imagens*. Petrópolis, RJ: Vozes, 2000.

AUTH, M. A. Conceitos Unificadores e o Ensino de Ciências. In: *Espaços da Escola*, Ijuí/RS, v. 38, p. 63-80, 2000.

BACHELARD, G. *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Trad. Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BRASIL. *Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional*, Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996.

\_\_\_\_\_. *Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio*, Resolução CEB nº 3 de 26 de junho de 1998.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). *Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio*. Brasília: MEC/Semtec, 1999.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação – MEC, Secretaria de Educação Básica. *Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio: Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*. Brasília: 2006. 135 p.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação (MEC), Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), *Matriz de Referência para o ENEM*, 2009.

CERRI, Y.L. et al. Livros Didáticos, Analogias e Mapas Conceituais no Ensino de Célula. In: ARAGÃO, Rosália M. R. de; CERRI, Yara L. N.S.; SCHNETZLER, Roseli P. (Orgs). *Modelos de ensino: corpo humano, célula, reações de combustão*. Piracicaba: UNIMEP/CAPES/PROIN, 2000. 235 p.

CHAGAS, A. P. *Termodinâmica química: fundamentos, métodos e aplicações*. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 1999.

DRIVER, R. et al. Construindo Conhecimento Científico na Sala de Aula. In. *Química Nova na Escola*, nº 9, p. 31-39, 1999.

GÓES, M. C. R. de., SMOLKA, A. L. B. *A Significação dos Espaços Educacionais: Interação Social e Subjetivação*. Campinas, SP: Papirus, 1997.

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.

LOPES, A. C. *Conhecimento Escolar: Ciência e Cotidiano*. Rio de Janeiro: Ed. UERJ, 1999.

JACQUES, V. *A Energia no Ensino Fundamental: O Livro Didático e as Concepções Alternativas*. 2008. Dissertação (Curso de Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, (SC).

MARQUES, M. O. *Conhecimento e Educação*. Ijuí: Ed. UNIJUÍ, 1988.

\_\_\_\_\_. *Aprendizagem na mediação social do aprendido e da docência*. 2. ed. Ijuí: ED. UNIJUÍ, 2000.

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, p.19-22, Novembro 1998.

SMOLKA, Ana Luiza B. Conhecimento e produção de sentidos na escola: A linguagem em foco. In: *Cadernos Cedes*, ano XX, nº 35, Julho/2000.

STRADA, V. et al . Energia nos livros didáticos de Ensino Médio de Ciências da Natureza e suas Tecnologias. In: II seminário brasileiro-alemão sobre Desenvolvimento Sustentável: Um desafio à educação. 2007, Ijuí. Anais do II seminário brasileiro-alemão sobre Desenvolvimento Sustentável: Um desafio à educação. Ijuí: Unijuí, 2007.

VIGOTSKI, Lev Semenovich; tradução Paulo Bezerra. *A construção do pensamento e da linguagem*. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

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).

**SANDRA WIRZBICKI:** Cursa Doutorado em Educação nas Ciências no Programa de Pós -Graduação Química da Vida e Saúde da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Possui Mestrado em Educação nas Ciências (2010) e graduação em Ciências - Licenciatura Plena Habilitação Biologia pela Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (2005). Atualmente é professora da Educação Infantil e de Ciências (Anos Finais do Ensino Fundamental) da rede pública municipal de Ijuí. A dissertação de mestrado intitula-se: Abordagens e Reflexões Sobre a Significação Conceitual de Energia em Espaços Interativos de Formação de Professores. No curso de doutorado, está dando sequência a pesquisa sobre abordagens de energia em livros didáticos de Biologia, bem como, aspectos de ensino e aprendizagens no Ensino Médio.

**LENIR ZANON:** Possui graduação em Farmácia pela Universidade Federal de Santa Maria (1973), graduação Bioquímica (Análises Clínicas) pela Universidade Federal de Santa Maria (1974), mestrado em Ciências (Bioquímica) pela Universidade Federal do Paraná (1978), doutorado em Educação pela Universidade Metodista de Piracicaba (2003) com Estágio de Investigação (Doutorado Sanduiche) na Universidade de Aveiro (2002). Desde março de 2008 até atualmente é professora titular da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Diretora da Divisão de Ensino de Química da Sociedade Brasileira de Química (SBQ), de 2004 a 2008). Conselho Editorial da Revista Química Nova na Escola (SBQ) desde 1995. Comitê Editorial e Conselho Editorial da Coleção Educação em Química e do Conselho Editorial da Coleção Educação em Ciências (Editora UNIJUÍ). Conselho Editorial da Revista Espaços da Escola desde 1991 até 2007 (Editora UNIJUÍ). Assessoria em Revistas, Agências e Comissões Científicas diversificadas. Experiência na área de Educação, com ênfase em Educação Ciências/Química, atuando principalmente nos seguintes temas: formação docente, ensino de química, situação de estudo, ensino de ciências e interações sociais.

Recebido: 06 de julho de 2012

Aceito: 21 de setembro de 2012