

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BÁSICAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE BIOQUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS:
QUÍMICA DA VIDA E SAÚDE

SANDRA MARIA WIRZBICKI

**AS APRENDIZAGENS DO CONCEITO ENERGIA DO METABOLISMO CELULAR
NAS INTERAÇÕES ENTRE PROFESSORES E ESTUDANTES MEDIADAS PELOS
LIVROS DIDÁTICOS DE BIOLOGIA DO ENSINO MÉDIO**

PORTO ALEGRE

2015

SANDRA MARIA WIRZBICKI

**AS APRENDIZAGENS DO CONCEITO ENERGIA DO METABOLISMO CELULAR
NAS INTERAÇÕES ENTRE PROFESSORES E ESTUDANTES MEDIADAS PELOS
LIVROS DIDÁTICOS DE BIOLOGIA DO ENSINO MÉDIO**

Tese apresentada à Banca examinadora do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como exigência parcial para obtenção do título de doutora em Educação.

Orientador: Dr. Prof. José Claudio Del Pino

Coorientadora: Dra. Maria Cristina Pansera-de-Araújo

PORTO ALEGRE

2015

CIP - Catalogação na Publicação

WIRZBICKI, Sandra Maria

As aprendizagens do conceito energia do metabolismo celular nas interações entre professores e estudantes mediadas pelos livros didáticos de Biologia do Ensino Médio / Sandra Maria Wirzbicki. -- 2015.

144 f.

Orientador: José Claudio Del Pino.

Coorientador: Maria Cristina Pansera-de-Araújo.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Ciências Básicas da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Porto Alegre, BR- RS, 2015.

1. Abordagens de “energia”. 2. Livros didáticos. 3. Ensino e aprendizagem de Biologia. I. Del Pino, José Claudio , orient. II. Pansera-de-Araújo, Maria Cristina, coorient. III. Título.

Aos familiares e amigos...
Próximos ou distantes,
que participaram de minha caminhada formativa,
sempre incentivando e acreditando nesta conquista.

AGRADECIMENTOS

Ao término desta etapa quero agradecer a todos que, ao longo destes quatro anos de doutoramento, partilharam comigo momentos de formação intelectual e pessoal:

- **Professor doutor José Claudio Del Pino**, orientador desta pesquisa, pela disponibilidade, apoio, orientação e, acima de tudo, amizade.
- **Professora doutora Maria Cristina Pansera-de-Araújo**, coorientadora da pesquisa, pelos conhecimentos partilhados, apoio, incentivo e amizade de sempre.
- **Professora doutora Maria do Carmo Galiuzzi**, pelas contribuições na qualificação e **professora doutora Eva Boff** pela disponibilidade de leitura do texto final.
- **Professores doutor Roque Güllich e doutora Graça Simões de Carvalho**, pelas contribuições na leitura e avaliação da Tese na qualificação e defesa final.
- **Professores e funcionários do PPG – Química da Vida e Saúde da UFRGS**, pela disponibilidade e pelos conhecimentos compartilhados.
- **Colegas de trabalho** das Escolas Deolinda Barufaldi e Cândida Iora Turra de Ijuí/RS e Universidade Federal da Fronteira Sul – *Campus Realeza/PR*, pelo companheirismo e partilha de conhecimentos nesse período de estudos e reflexões.
- **Sujeitos de pesquisa**, professores e estudantes, pela valiosa contribuição nas interações propiciadas que resultaram na produção desta Tese.
- **Minha família amada: Márcia, Miro, Rúbia, Rafael, Eduarda, Fernanda e Ida**, pelo incentivo, carinho e compreensão.
- **Pais Ervino e Regina**, pela vida, educação e ousadia; esta herança permitiu-me chegar aqui.
- **Ao companheiro Marcos Rafael**, pelo convívio cordial, compreensão e amor.
- **Em especial aos amigos**: Carmen Marília, Clarinês Hames, Elenice Peralta, Fernanda Lima, Franciele Kollas, Francine Grezca, Jackson Cacciamani, Jorge Falkembach, Karine Halmenschlager, Inês Gabbi, Laís Costa Beber, Lenir Zanon, Marilei Dala Rosa, Marla Lauxen, Michele Loeblin, Rita Dalberto, Rosana Wagner, Sandra Nonenmacher, Sandra Mezalira, Sandra Santos, Sílvia Binsfeld e Vanessa Sandri, próximos e distantes, inseparáveis no coração.
- **A Deus**: minha fortaleza de todas as horas.

RESUMO

O Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) (BRASIL, 2011) é uma política pública que avalia, seleciona e distribui livros didáticos (LDs) para estudantes da educação básica brasileira. Apesar disto, os livros apresentam limitações e abordagens conceituais ou estruturais inadequadas, que repercutem no ensino e aprendizagem em sala de aula. Mesmo com abordagem variada dos conteúdos de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CNTs), o LD constitui o principal recurso em sala de aula. É fundamental empreender esforços para uma compreensão ampliada das repercussões, no ensino, do tratamento dos conteúdos propostos nos LDs, que reforça uma visão linear e fragmentada dos conhecimentos científicos. A questão de pesquisa “Que evidências de aprendizagens do conceito ‘energia do metabolismo celular’ podem ser identificadas no ensino de Biologia no EM a partir da interação professor e aluno mediada pelo LD?” orientou o processo. O entendimento de “energia” “não é algo simples nem consensual”; por isso foram observadas as descrições relativas à “energia” do metabolismo celular em oito coleções de LDs de Biologia do Ensino Médio (LDBEM) do Guia do PNLD/2012 (BRASIL, 2011) para a 1ª série. Fundamentada em Moraes e Galiazzi (2007), procedeu-se a transcrição de excertos dos LDBEMs analisados ao conceituar “energia” e suas relações com o metabolismo. Foi possível reconhecer um conjunto de descritores identificados por palavras que geraram unidades de análise, tais como: 1) seres vivos e energia na respiração, fermentação e fotossíntese; 2) energia nas substâncias, nas ligações e reações químicas dos organismos – ADP e ATP; 3) tipos e fontes de energia (cinética, potencial e de massa) (MOREIRA, 1998); 4) relações de energia na área de CNT; 5) representações de energia (figuras, modelos, tabelas...). Após, entrevistas semiestruturadas foram realizadas com cinco professores de Biologia do Ensino Médio, que utilizam LDBEM em suas aulas, acerca de suas concepções de “energia”. Outra etapa da pesquisa foi compreender as aprendizagens dos estudantes do EM sobre o conceito “energia”, por meio da análise das respostas obtidas na aplicação de um questionário estruturado e na elaboração de esquemas conceituais sobre o tema. As unidades, que emergiram da análise dos LDBEMs, nortearam a identificação dos recortes significativos das transcrições das entrevistas e possibilitaram perceber as compreensões dos professores acerca do conceito, bem como direcionaram as observações e descrições das respostas ao questionário e dos esquemas produzidos pelos estudantes. Explicitações do conceito nos LDBEMs, em sua maioria, estão distantes das concepções dos professores e das compreensões dos estudantes, constituindo obstáculos à aprendizagem. A triangulação dos dados da pesquisa permite reflexões sobre a significação conceitual e a necessidade de inter-relações na área de CNT, tanto na educação básica quanto na formação docente, relativas ao complexo conceito “energia” do metabolismo celular.

Palavras-chave: Abordagens de “energia”. Livros didáticos. Descritores. Ensino e aprendizagem de Biologia. Relações. Rupturas.

ABSTRACT

The National Textbook Program (NTBP) (BRASIL, 2011) is a public policy to evaluate, select and distribute textbooks (TB) to students in the Brazilian elementary education. However, the books it still features limitations and unsuitable conceptual or structural approaches that affect teaching and learning in the classroom. Despite the varied approach for contents in Nature Science and its Technologies (NST), the TB comprises the main recourse in the classroom. It is essential that efforts be made for a broader understanding of the repercussions in teaching of the handling of the contents proposed by the TB that reinforce a linear, fragmented view. The following research question “what learning evidence from the ‘cellular metabolism energy’ concept can be identified in Biology teaching at the elementary education level from the teacher-student interaction that is mediated by the?”, guided the process. The understanding of “energy” cannot be seen as being neither simple nor consensual, thus the descriptions related to the cellular metabolism “energy” were observed from eight Elementary Education Biology from the /2012 (BRASIL, 2011) guide for the 1st grade. Based on Moraes & Galiuzzi (2007), the transcription of the analyzed excerpts that conceptualized ‘energy’ and its relationship with metabolism. It was possible to recognize a set of descriptors that were identified through words, which generated units of analysis such as: 1) Living beings and energy in breathing, fermentation and photosynthesis; 2) Energy in substances, chemical bonds and organism reactions – ADP and ATP; 3) Types and sources of energy (kinetic, potential and mass) (MOREIRA, 1998); 4) Energy relations in the CNT area; 5) Representations of energy (figures, models, tables...). After that, semistructured interviews were made with five Biology teachers who have used the Highschool Textbook in class about their conceptions of “energy”. Another research stage was to understand how learning takes place for intermediate education students regarding the “energy” concept through a questionnaire followed by the construction of conceptual schematics by the students. The units of analysis that arose from the Highschool Textbook analysis directed the significant cuttings of the interview transcriptions and allowed to perceived the teachers' understanding of the concept; and also guided the views for studying the schematics produced by the students. The majority of explanations for the concept in the Highschool Textbook are far from the teachers' conceptions and students' understanding, which constitutes obstacles to learning. Research data triangulation allows for reflections upon the conceptual significance and the need for interrelations in the CNT area, both in elementary education and in teacher training relative to the complex concept of cellular metabolism “energy”.

Keywords: Energy approaches. Didactic books. Descriptors. Biology teaching and learning. Relations. Ruptures.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – <i>Corpus</i> da Pesquisa e descrição dos LDBEMs analisados	59
Tabela 2 – Perfil dos Professores do Ensino Médio de Biologia (PEMB) entrevistados e LDBEMs utilizados	63
Tabela 3 – Caracterização dos EEEMs e a relação com os LDBEMs	65
Tabela 4 – Abordagens do conceito “energia” do metabolismo celular nos LDBEMs analisados, nas falas dos entrevistados PEMBs e nos esquemas dos EEEMs.....	71

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Percentual de CT, C, I. D e DT a cada uma das afirmações: Questão 1 – “energia” na área de CNT; Questão 3 – “energia” dos alimentos; Questão 5 – definição de ATP e analogia; Questão 7 – ATP em um enfoque bioquímico, e Questão 15 relaciona respiração celular (mitocôndria) e natação, com imagens de cada grupo de EEEM 72

Gráfico 2 – Percentual de CT, C, I. D e DT a cada uma das afirmações: Questão 1 – “energia” na área de CNT; Questão 3 – “energia” dos alimentos; Questão 5 – definição de ATP e analogia; Questão 7 – ATP em um enfoque bioquímico e Questão 15 relaciona respiração celular (mitocôndria) e natação com imagens 76

Gráfico 3 – Percentual de CT, C, I. D e DT a cada uma das afirmações: Questão 1 – “energia” na área de CNT; Questão 3 – “energia” dos alimentos; Questão 5 – definição de ATP e analogia; Questão 7 – ATP em um enfoque bioquímico e, Questão 15 relaciona respiração celular (mitocôndria) e natação com imagens 81

Gráfico 4 – Percentual de CT, C, I. D e DT a cada uma das afirmações: Questão 1 – “energia” na área de CNT; Questão 3 – “energia” dos alimentos; Questão 5 – definição de ATP e analogia; Questão 7 – ATP num enfoque bioquímico e, Questão 15 relaciona respiração celular (mitocôndria) e natação, com imagens 86

Gráfico 5 – Percentual de CT, C, I. D e DT a cada uma das afirmações: Questão 1 – “energia” na área de CNT; Questão 3 – “energia” dos alimentos; Questão 5 – definição de ATP e analogia; Questão 7 – ATP em um enfoque bioquímico e, Questão 15 relaciona respiração celular (mitocôndria) e natação com imagens 91

Gráfico 6 – Percentual de CT, C, I. D e DT a cada uma das afirmações: Questão 1 – “energia” na área de CNT; Questão 3 – “energia” dos alimentos; Questão 5 – definição de ATP e analogia; Questão 7 – ATP num enfoque bioquímico e, Questão 15 relaciona respiração celular (mitocôndria) e natação, com imagens 96

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Organização conceitual de energia nos seres vivos, materiais e substâncias com diferentes palavras no LDBEM8, e nas afirmações de PEMB1 e EEEM1	75
Quadro 2 – Complexidade da expressão conceitual de “energia” no metabolismo celular segundo os LDBEM7 e 4, PEMB2 e EEEM2	80
Quadro 3 – Analogias para explicar reações moleculares do metabolismo celular nos LDBEM1 e LDBEM4 e uso de imagens pelo PEMB3 e EEEM3.....	85
Quadro 4: Aspectos do conceito energia relacionados ao cotidiano segundo os LDBEM2 e 8, PEMB4 e EEEM4.....	90
Quadro 5 – A interdisciplinaridade no ensino e aprendizagem de “energia” segundo LDBEM6.3 e LDBEM2, PEMB5 e EEEM5	94

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Em atividades físicas aeróbicas como natação os músculos esqueléticos e a musculatura cardíaca exigem grande quantidade de energia para trabalhar	74
Figura 2 – A energia para a contração muscular é suprida pelas mitocôndrias, organelas responsáveis pela respiração celular	74
Figura 3 – Reações Acopladas	76
Figura 4 – Esquema simplificado da respiração aeróbia mostrando suas principais etapas que ocorrem no citoplasma e no interior da mitocôndria	80
Figura 5 – Uma comparação: como o túnel escavado no morro, a enzima diminui a energia de ativação necessária a uma reação	85
Figura 6 – Ciclo de Krebs: a grande encruzilhada metabólica da célula	90
Figura 7 – A energia química obtida por uma pessoa é, por exemplo, convertida em energia de movimento e calor	95
Figura 8 – Mapa conceitual sistematizador da pesquisa	102

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADP	Difosfato de Adenosina
ATD	Análise Textual Discursiva
ATP	Trifosfato de Adenosina
CNLD	Comissão Nacional do Livro Didático
CNTs	Ciências da Natureza e suas Tecnologias
Colted	Comissão do Livro Técnico e Livro Didático
CP	Coletivo de Pensamento
DCNEMs	Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
EB	Educação Básica
EEEM	Estudante de Escola de Ensino Médio
EM	Ensino Médio
Enem	Exame Nacional do Ensino Médio
EP	Estilo de Pensamento
ES	Ensino Superior
FAD	Flavina Adenina Dinoclueotídeo (forma oxidada)
FADH	Flavina Adenina Dinoclueotídeo (forma reduzida)
FAE	Fundação de Assistência ao Estudante
Fename	Fundação Nacional do Material do Livro Didático
Fundeb	Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica
Fundef	Fundação de Desenvolvimentos do Ensino Fundamental
Gipec	Grupo Interdepartamental de Pesquisa sobre Educação em Ciências
INL	Instituto Nacional do Livro
LD	Livro Didático
LDBEM	Livro Didático de Biologia do Ensino Médio
LDBEN	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional

MEC	Ministério da Educação
NAD	Nicotinamida Adenina Dinoclueotídeo (forma oxidada)
NADH	Nicotinamida Adenina Dinoclueotídeo (forma reduzida)
OCNEMs	Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
PCNEMs	Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
PEMB	Professor do Ensino Médio de Biologia
Plidef	Programa do Livro Didático para o Ensino Fundamental
PNBE	Programa Nacional Biblioteca na Escola
PNLD	Programa Nacional do Livro Didático do Brasil
PNLEM	Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio
RS	Rio Grande do Sul
SC	Santa Catarina
SE	Situação de Estudo
SMEd	Secretaria Municipal de Educação
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
Unijuí	Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	16
Objetivos	18
Objetivo Geral	18
Objetivos específicos	18
1 A PROBLEMÁTICA DE PESQUISA E O DIÁLOGO COM OS TEÓRICOS	21
1.1 As Origens da Problemática de Pesquisa: Indicativos do Processo	22
1.2 O diálogo com os teóricos	29
1.2.1 O Objeto Livro Didático Mediado pelos Professores e Estudantes	30
1.2.2 Relações escolares entre professores, estudantes e saberes	34
1.2.3 Os saberes da prática docente	39
1.2.4 Acerca de conceitos científicos, cotidianos e escolares: processos de recontextualização	41
1.3 O conceito energia	46
1.4 Ensino e aprendizagem de “energia”: contribuições de Vigotski e Bachelard para a análise e compreensão do processo	50
2 O PERCURSO METODOLÓGICO	57
2.1 Etapas da Pesquisa	58
2.1.1 Documentos: Livros Didáticos de Biologia	58
2.1.2 Construção e aplicação da Entrevista Semiestruturada com Professores	62
2.1.3 Construção e Aplicação do Questionário aos Estudantes e Construção de Esquema Conceitual sobre as Compreensões de Energia	64
2.3 Métodos de Análise	67

3 O PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM DE “ENERGIA” DO METABOLISMO CELULAR NA BIOLOGIA DO ENSINO MÉDIO	70
3.1 As imagens e abordagens textuais de “energia” nos LDBEMs e nas concepções de professores e estudantes do EM	70
3.1.1 Respostas ao questionário pelos diferentes grupos de EEEMs	72
3.2 Categoria I: Organização conceitual de “energia” nos seres vivos, materiais e substâncias com diferentes palavras	75
3.3 Categoria II: Complexidade da expressão conceitual de “energia” no metabolismo celular	79
3.4 Categoria III: Analogias e imagens na explicação das reações moleculares da “energia” do metabolismo celular	85
3.5 Categoria IV: Aspectos do conceito energia relacionados ao cotidiano	90
3.6 Categoria V: A interdisciplinaridade no ensino e a aprendizagem de energia	94
4 CONCEITO ENERGIA: RELAÇÕES E RUPTURAS ENTRE LIVROS DIDÁTICOS, PROFESSORES E ESTUDANTES	101
4.1 “Energia” nos LDBEMs, nas falas dos PEMBs e dos EEEMs	103
CONSIDERAÇÕES FINAIS	123
<i>CORPUS</i> – CONJUNTO DE DOCUMENTOS UTILIZADOS E ANALISADOS NA PESQUISA	127
REFERÊNCIAS	128
APÊNDICE 1	136
APÊNDICE 2	138
APÊNDICE 3	139
APÊNDICE 4	143

APRESENTAÇÃO

Mesmo com várias possibilidades de abordar conteúdos em processos de ensino de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CNTs), o Livro Didático (LD) ainda constitui o principal recurso entre os poucos utilizados em salas de aula. O Programa Nacional do Livro Didático do Brasil (PNLD) tornou o LD um recurso disponível para todos os estudantes da Educação Básica brasileira. A análise contínua deste material, contudo, alerta para seus avanços e seus limites na estrutura, organização, ilustração e esquema conceitual adotado, bem como para a necessidade de compreender as mediações produzidas para as aprendizagens.

Nesta pesquisa, os estudos centraram-se nas abordagens do complexo conceito de “energia” no metabolismo energético celular dos LDs de Biologia para o EM (LDBEM) no que se refere às preocupações e consequências para a aprendizagem, em CNT particularmente, quanto à adequação dos tratamentos didáticos para a significação conceitual; isso tanto na perspectiva dos professores quanto na compreensão dos estudantes do EM.

A complexidade do ensino de “energia” pode ser remetida à visão expressa por Morin (2007) no sentido de uma busca por novas formas de conhecimento, por um “conhecimento pertinente”, fundado em compreensões não segmentadas, não cerceadas aos limites de visões simplistas e fragmentadas, que levam em conta a visão de complexos sistemas de relações sistematicamente implicados, entendendo que:

O conhecimento pertinente deve enfrentar a complexidade. *Complexus* significa o que foi tecido junto; de fato, há complexidade quando elementos diferentes são inseparáveis e constitutivos do todo [...], e há um tecido interdependente, interativo e inter-retroativo entre o objeto de conhecimento e seu contexto, as partes e o todo, o todo e as partes, as partes entre si. [...] é a união entre a unidade e a multiplicidade (p. 38).

A pretensão de compreender os processos de ensino e de aprendizagem do conceito “energia” nesta pesquisa, fundamenta-se também nas concepções que orientam as Ciências, como Marques (2002, p. 11) sugere: “a ideia ou a tese de que a base sobre a qual se assenta a necessária intercomplementaridade e interlocução das Ciências é a complexidade”.

No ensino escolar o conceito “energia” limita-se, geralmente, ao campo de cada disciplina, sem contemplar inter-relações na área, de modo que a sensação predominante expressa a “energia” da Biologia, da Química ou da Física como conceitos diferentes, sem intercomplementaridade, com a permanência de concepções simplistas entre professores e estudantes. O entendimento de que “energia” é um conceito unificador facilita os estudos no EM. As concepções de “energia” apresentadas nos LDs podem ser agrupadas conforme a área de conhecimento biológico, físico ou químico, pois

[...] na Biologia a “energia flui, na Física é capacidade de realizar trabalho e na Química é agente de transformação e de movimento”. Energia é um conceito presente no ensino de Biologia, Física e Química e, quando se observam os livros didáticos desses componentes percebe-se que os conceitos estão distanciados e, portanto, existem problemas na sua contextualização (PANSERA-DE-ARAÚJO; NONENMACHER, 2009, p. 6).

É uma noção cuja compreensão abrange uma complexidade de entendimentos, nem sempre reconhecida como intrínseca ao ensino de CNT, com decorrências que podem ser remetidas a especificidades de sentidos e significados conceituais produzidos, validados e usados no âmbito de cada uma das comunidades científicas da área. Como exemplo, no EM percebe-se uma ampliação crescente de explicações sobre a biologia celular em LDBEMs, com tratamentos de conteúdos bioquímicos cuja compreensão envolve graus elevados de abstração.

Esta problemática transforma-se em objeto de investigação em contextos de planejamento e execução de práticas curriculares em CNT no EM, contrapondo-se a visões limitadas e fragmentadas da área, presentes na maioria dos LDBEMs. Parte-se da **questão de pesquisa**: Que evidências de aprendizagem do conceito “energia do metabolismo celular” podem ser identificadas no ensino de Biologia no EM a partir da interação professor e aluno mediada pelo LD?

Enquanto hipótese de pesquisa, apostou-se na interação entre professores e estudantes que potencializa as aprendizagens do conceito de “energia” expressas nos LDBEMs, que são instrumentos mediadores deste conhecimento. Defende-se que os sujeitos se constituem nas interações e, por meio dela, produzem novos conhecimentos e significações.

Objetivos

Objetivo Geral

Investigar as significações de “energia” do metabolismo celular constituídas pelos estudantes nas interações com professores, mediadas pelos livros didáticos de Biologia do Ensino Médio, como resultado do processo de ensino e de aprendizagem.

Objetivos específicos

- Identificar as abordagens dos LDBEMs (indicados no Guia PNLD/2011) sobre a “energia” do metabolismo celular na perspectiva de contribuir para a aprendizagem deste conceito pelos estudantes do EM na interação com os professores.
- Investigar as concepções de “energia” dos professores de Biologia do EM, ao longo de sua formação e atuação.
- Analisar as compreensões e significações de “energia” do metabolismo celular, expressas pelos estudantes do EM, em decorrência das interações com os professores mediadas pelos LDs.
- Analisar aproximações e distanciamentos das abordagens de “energia” do metabolismo celular nos LDBEMs com a significação conceitual desenvolvida pelos estudantes e professores do Ensino Médio, fundamentadas em Vigotski (2001) e Bachelard (1996).
- Refletir como os processos de ensino e aprendizagem com ênfase nas interações entre sujeitos podem potencializar compreensões acerca das abordagens de “energia” do metabolismo celular propostas nos LDBEMs.

Sabendo-se da dificuldade na significação do conceito “energia” por parte dos professores e de seus alunos no EM, o reconhecimento dos obstáculos epistemológicos nos LDBEMs, do estudo dos professores e dos alunos a partir desse instrumento, é possível perceber que os estudantes que fazem uso dos LDs demonstram algum tipo de memorização/aprendizagem/compreensão sobre “energia” utilizando o LD, e têm limitações. Questiona-se, a partir disso, o que propicia essa aprendizagem.

Na perspectiva de responder à questão de pesquisa, contemplar os objetivos estabelecidos e afirmar a hipótese levantada para a tese de que é por meio das interações entre professores e estudantes que são produzidos conhecimentos acerca das abordagens de

“energia” nos LDBEMs, organizou-se a pesquisa essencialmente qualitativa a partir da análise dos descritores e imagens de “energia” do metabolismo celular nos LDBEMs, das entrevistas com cinco professores de Biologia do EM sobre o tema e das respostas ao questionário submetido aos estudantes do EM, bem como dos mapas conceituais elaborados por eles. A Tese é apresentada em quatro capítulos.

No primeiro Capítulo, denominado **A Problemática de Pesquisa e o Diálogo com os Teóricos**, retoma-se a presença constante de “energia” na caminhada da pesquisadora e as dificuldades de compreensão deste conceito por professores e estudantes, dada a sua complexidade e necessidade de níveis elevados de abstrações e contextualizações. São contempladas as origens do tema de pesquisa e os indicativos de avanços a partir do estudo desenvolvido. Analisa-se um pouco do que já é pesquisado no Brasil sobre os LDs, potencialidades e limitações destes no ensino e na aprendizagem, e possibilidades de avanços, subsidiadas em aportes teóricos encontrados em autores como Silva (2000), Megid Neto (2006), Amaral (2006), Fracalanza (2006) e Lopes (2007). Apresenta-se, também, um pouco da história e da evolução das abordagens e compreensão do conceito “energia”, fundamentadas em Moreira (1998), Jacques (2000), Barros (2009), Angotti (1991), Auth (2000) e Strada et al. (2007), na perspectiva de contribuir com as discussões sobre uma (re)contextualização didática mais adequada do referido conteúdo/conceito na área.

O primeiro Capítulo é constituído do referencial teórico usado para evidenciar a relevância da temática e aprofundar a análise dos dados levantados. A significação conceitual de “energia” está embasada no referencial histórico-cultural (VIGOTSKI, 2001), com ênfase na constituição da consciência dos sujeitos e o desenvolvimento da mente humana, contando com processos de apropriação de linguagens e constituição de conceitos típicos ao ensino escolar. Por fim, a identificação de obstáculos epistemológicos (BACHELARD, 1996) nas abordagens de “energia”, podem dificultar a formação do espírito científico.

No segundo Capítulo, **O Percurso Metodológico** é explicado com a utilização do estudo de caso proposto por Lüdke e André (1986), realizado em quatro etapas: 1) o conceito “energia” nos LDBEMs; 2) entrevistas semiestruturadas com cinco professores de Biologia do EM (PEMBs), analisadas pela Análise Textual Discursiva (ATD) (MORAES; GALIAZZI, 2007); 3) aplicação de questionário estruturado na Escala de Likert (LIKERT, 1932) aos estudantes, e 4) análises dos esquemas, mapas, sínteses pelos estudantes do EM (EEEMs).

O terceiro Capítulo, intitulado **O Processo de Ensino e Aprendizagem de “Energia” na Biologia do Ensino Médio**, contempla as abordagens de energia em LDBEMs (descritores e imagens), as concepções de “energia” dos professores (PEMBs) e as aprendizagens dos estudantes (EEEMs) expressas nas respostas aos questionários e esquemas-síntese. Este conjunto de dados pode ser agrupado em cinco categorias de análise construídas na pesquisa.

No Capítulo 4, **Conceito “Energia”: Relações e Rupturas Entre Livros Didáticos, Professores e Estudantes**, apresenta-se um mapa conceitual que sintetiza o processo de pesquisa, quando se busca estabelecer aproximações e distanciamentos entre os resultados obtidos para responder à questão de pesquisa. As reflexões provocadas pela análise constituíram diálogos importantes com teóricos como, Vigotski (2001) e Bachelard (1996), na perspectiva de romper com a linearidade ainda presente no ensino e aprendizagem do “metabolismo energético celular”. Defende-se um ensino conceitualmente significativo e capaz de estabelecer inter-relações na área de CNT.

Esta etapa da pesquisa tem o objetivo de apontar como a identificação de abordagens, concepções e aprendizados simplistas de “energia”, durante o processo de pesquisa, podem permitir reflexões e auxiliar nas compreensões conceitualmente significativas de “energia”, e, assim, possibilitar aproximações entre a tríade: LDBEM, PEMB e EEEM, na perspectiva de permitir maior significado aos conhecimentos sobre a temática em contexto escolar.

1 A PROBLEMÁTICA DE PESQUISA E O DIÁLOGO COM OS TEÓRICOS

Grande parte dos avanços no sistema educacional brasileiro tem seu embasamento na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN) (BRASIL, 1996), que determina, no artigo 2º, entre outras dimensões, a finalidade da educação, que é o pleno desenvolvimento do educando para a vida em sociedade. Em consonância com esta finalidade, as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM) (BRASIL, 1998) definiram, no artigo 6º, que a interdisciplinaridade, a contextualização, a identidade, a diversidade e a autonomia são princípios estruturadores dos currículos do Ensino Médio (EM). Com o advento dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) (BRASIL, 1999), das Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (OCNEM) (BRASIL, 2006) e PCNEM Mais (BRASIL, 2002), a interdisciplinaridade e a contextualização foram reafirmadas como princípios articuladores do ensino dos conteúdos/conceitos escolares.

Em decorrência da promulgação da LDBEN (BRASIL, 1996), movimentos de mudança no currículo, no ensino e na formação de professores passaram a ser objeto de estudos e discussões em diferentes níveis educativos e campos de saber. O desafio de concretizar um ensino com finalidade de potencializar o pleno desenvolvimento do educando (artigo 1º, BRASIL, 1996), contrapõe-se aos aprendizados de Ciências marcados pela tendência a uma mera repetição de respostas prontas, “com as mesmas palavras”. O que se percebe é a permanente relação dicotômica entre as práticas escolares e os discursos prescritivos de especialistas ou das políticas públicas. Pode-se afirmar que isso ocorre porque especialmente os professores da Educação Básica pouco participam do processo de construção dos documentos orientadores organizados em âmbito nacional.

Dificuldades associadas ao movimento de reforma da educação dizem respeito à própria complexidade da compreensão do que seja um ensino de Ciências que assegure o pleno desenvolvimento dos estudantes. Nesta pesquisa, parte-se do entendimento de que a aprendizagem propicia o desenvolvimento humano (VIGOTSKI, 2001). Assumindo-se que o

significado de um conceito está sempre associado com movimentos de relação em redes complexas de conexão entre diferentes conceitos, direciona-se o olhar para condições de ensino que, na maioria das situações, resultam em aprendizados isolados e repetitivos que pouco ou nada contribuem para o pleno desenvolvimento das potencialidades humanas.

Esta Tese busca respostas para questões originadas de pesquisas anteriores (HAMES, 2003; ZANON, 2001, 2003; WIRZBICKI, 2007, 2010) realizadas no âmbito do Gipec-Unijuí.¹ Entre as questões em aberto vale salientar: 1) As abordagens de “energia” nos LDBEMs estabelecem relações para a reconstrução de significados e de esquemas conceituais nos estudantes de EM?; 2) Quais as implicações/contribuições das abordagens de “energia” para um ensino e aprendizado escolar com significação conceitual em Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CNTs)?; 3) Nos LDBEMs, de que forma a “energia” se relaciona com conhecimentos e compreensões próprias da área de CNT?; 4) É em uma perspectiva intercomplementar, inter-relacional e dialógica?; 5) As interações LD/professor e estudante no estudo do conceito de “energia” propiciam a evolução da compreensão conceitual e o desenvolvimento sociocognitivo?; 6) Como as disciplinas de Biologia e Química se inter-relacionam na escola e com os LDs, na perspectiva de potencializar um aprendizado conceitualmente significativo de “energia”?; 7) Quais as implicações do uso dos LDBEMs pelos professores no ensino do conceito “energia”?; 8) Quais as compreensões de “energia” que os estudantes possuem a partir de afirmações extraídas dos LDBEMs utilizados pelos seus respectivos professores?

1.1 As Origens da Problemática de Pesquisa: Indicativos do Processo

No âmbito do grupo Gipec-Unijuí vem sendo desenvolvida e investigada uma reorganização curricular na modalidade de sucessivas Situações de Estudo (SEs), que têm referência na abordagem histórico-cultural. Na SE, o ensino assume características interdisciplinares na medida em que um contexto da vivência dos estudantes, conceitualmente rico para os diversos campos das Ciências, é abordado em aula por meio de interações diversificadas que incluem linguagens e significados conceituais específicos a cada um dos campos disciplinares da área de CNT (Biologia, Física e Química) (MALDANER; ZANON, 2004).

¹ Grupo Interdepartamental de Pesquisa sobre Educação em Ciências da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (Gipec-Unijuí).

Ao longo dos processos de planejamento e estabelecimento de diversas SEs, com amplas discussões relativas aos conceitos científicos em situações vivenciais, como “Geração e Gerenciamento dos Resíduos Sólidos Provenientes das Atividades Humanas” (GIPEC-UNIJUÍ, 2002), “Ser Humano e Ambiente percepção e interação” (AUTH; MELLER, 2005), Alimentos: produção e consumo (BOFF; HAMES; FRISON, 2006), “Ocupação de uma microbacia hidrográfica” (HAMES; ARAUJO; NONENMACHER, 2006), “Drogas efeitos e consequências no ser humano” (BOFF, 2011), dentre outras, percebeu-se que o conceito de “energia” é uma constante, porém com discussões e significações diferenciadas.

Nos anos de 2003 a 2005, tendo vivenciado ações coletivas no âmbito da Secretaria Municipal de Educação (SMEd) de Ijuí, envolvendo estudos e planejamentos de SE, bem como durante a pesquisa da Dissertação de Mestrado (WIRZBICKI, 2010), foi possível constatar a tendência, por parte dos professores e das escolas, de manter as práticas fragmentadas, com necessidade de aprofundamento e ampliação das compreensões dos próprios conteúdos do ensino escolar relativos à “energia”.

Pode-se afirmar que parte dos professores, em especial do recorte desta pesquisa, ainda não percebeu a amplitude e a complexidade das relações envolvidas na compreensão escolar de “energia”. Este tema já foi investigado no Mestrado, na Dissertação intitulada “Abordagens e Reflexões sobre a Significação Conceitual de Energia em Espaços Interativos de Formação de Professores”, mas, ainda, não foi esgotado. Dados apresentados e analisados por Wirzbicki (2010) conduzem à reflexão de que as abordagens de “energia” em LDBEMs dão margem a entendimentos simplistas, quando não deturpados quanto ao seu significado científico. Mesmo após anos de escolarização ou até de atuação, no caso de professores de CNT, as compreensões de “energia” mantêm-se limitadas aos conhecimentos cotidianos.

Wirzbicki (2010) apresenta a discussão em uma perspectiva histórica, em que o ensino de Ciências passou e continua passando por alterações. Ainda hoje, entretanto, se discute sua insuficiência, tendo em vista dificuldades no âmbito escolar sobre as quais é importante empreender discussões e reflexões que apontem melhorias no ensino de Ciências.

Infelizmente, mantém-se [...] precário com professores que enfrentam nas escolas problemas de sobrecarga, de falta de recursos e de determinações que deveriam seguir sobre as quais não foram ouvidos. As modificações promovidas por diferentes elementos ao longo dos diversos patamares de decisões que atuam nos componentes curriculares – temáticas e conteúdo, modalidades didáticas, recursos e processos de avaliação – confluem para um cenário que raramente é o planejado pelos emissores do currículo teórico (KRASILCHIK, 2000, p. 88).

Uma das modificações em contexto nacional, referentes às reformas curriculares iniciadas pela LDBEN 9.394/1996, foi a criação do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), que consistiu inicialmente em uma prova realizada pelo Ministério da Educação do Brasil para avaliar a qualidade da educação nacional. Em suas primeiras edições tinha objetivos bastante restritos, como a autoavaliação do aluno e o fornecimento de parâmetros de qualidade ao governo com a finalidade de traçar políticas públicas de melhora na Educação Básica (EB).

A partir de articulações entre o proposto pela LDBEN (BRASIL, 1996) e os documentos, como PCNEM (1999) e PCN+ (2002), elaboraram-se mudanças no Enem a partir de 2009. Com isso, os propósitos foram ampliados com a indução de mudanças na EB, como a reestruturação curricular com ênfases nas capacidades cognitivas dos estudantes. Para isso, conforme Costa-Beber (2012):

[...] os resultados obtidos pelos estudantes deveriam ser fortemente valorizados nos processos seletivos para o ingresso no Ensino Superior (ES), especialmente, nas Instituições Públicas. A pesquisa sobre o Novo ENEM e suas exigências avaliativas mostram-se pertinentes, pois entende-se que provas de seleção para o ingresso no ES Público sempre influenciam o currículo, dificultando ou facilitando processos de inovação curricular, tanto na EB como no ES (p. 5).

As iniciativas quanto a reorganizações curriculares e sua indução pelo Novo Enem são vistas como um passo dado em direção à melhor qualidade da EB em CNT, pois potencializam a inserção cultural e o desenvolvimento cognitivo das pessoas. Há a perspectiva de que o movimento expressivo desencadeado nos processos seletivos para o ES induza mudanças e melhorias na EB e que a qualidade cognitiva buscada se reflita na qualidade do próprio ES (COSTA-BEBER, 2012).

Em âmbito de Estado, o Rio Grande do Sul (RS) também promoveu a reestruturação curricular do EM ao inserir o Ensino Médio Politécnico. A iniciativa objetiva propiciar o desenvolvimento dos alunos, assegurando-lhes a formação comum indispensável ao exercício pleno da cidadania e fornecendo-lhes meios para progredir no mundo do trabalho e em estudos posteriores, e qualificar o estudante enquanto cidadão, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico e a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando teoria e prática, nas práticas pedagógicas. Além disso, com o EM Politécnico pretende-se a redução da evasão e da repetência nesta modalidade de ensino e trazer para os bancos escolares cerca de 70 mil jovens que estão fora da escola (SECRETARIA..., 2011).

O EM Politécnico articulou as disciplinas a partir das áreas do conhecimento (Ciências Humanas, Ciências da Natureza, Linguagens e Matemática e suas tecnologias) e instituiu o Seminário Integrado, um espaço e tempo em que os alunos desenvolvem atividades de pesquisa, problematizando e articulando os conhecimentos práticos com os teóricos no currículo do EM. O sentido do Seminário Integrado é institucionalizar o desenvolvimento de projetos interdisciplinares, de modo a promover diálogos intercomplementares e inter-relacionais entre os conhecimentos de cada disciplina e as situações vivenciadas pelos estudantes.

Além do EM Politécnico, ao final de 2013 foi celebrado o acordo entre os governos estaduais e o Ministério da Educação que trata sobre o Pacto pelo Ensino Médio. O Pacto objetivou oferecer formação continuada a professores e coordenadores pedagógicos de todo o país. No RS, onde o processo de reestruturação curricular do EM já acontecia, o programa buscou qualificar o EM Politécnico (SECRETARIA..., 2013).

Nesse cenário de mudanças nacionais e estaduais propostas para a EB brasileira, têm sido discutidas abordagens de conteúdos escolares que, por não contemplarem sistemas de relação entre conhecimentos diversificados, podem comprometer os processos de significação conceitual. As preocupações voltam-se para fatores que limitam os aprendizados pela carência de inter-relações entre conceitos, em especial nos LDs, posto que, mesmo com várias possibilidades de aproximação dos conteúdos, em processos de ensino de CNT o LD, na maioria das vezes, constitui um dos poucos recursos pedagógicos usados em salas de aula. Mesmo, contudo, que pesquisadores e acadêmicos venham se dedicando há pelo menos duas décadas a investigar a qualidade das coleções didáticas, denunciando suas deficiências e apontando soluções para a melhoria de sua qualidade, suas vozes não são ouvidas nem pelas editoras e autores de livros didáticos, tampouco pelos órgãos gestores das políticas públicas educacionais (FRACALANZA, MEGID NETO, 2006a).

Por isso, é fundamental empreender esforços no sentido de uma compreensão mais ampla das repercussões, no ensino, de formas diferenciadas de tratamento dos conteúdos por parte dos LDs. O que se percebe é que, nessa área, abordagens convencionais refletem a visão de uma sequência linear e fragmentada de conteúdos, o que tende a dificultar o desenvolvimento de conceitos escolares que contemplem inter-relações de conhecimentos diversificados. Infelizmente, na formação inicial dos professores, prevalece o modo fragmentado de abordar conceitos no âmbito de cada disciplina; e desconstruir isso depois é bem mais complicado. Por isso, aposta-se em uma formação que integra realmente a escola e a universidade.

Atualmente, com os Programas Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) (BRASIL, 1985), Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM) (BRASIL, 2003), Programa Nacional Biblioteca na Escola (PNBE) (BRASIL, 2008) e PNLD Campo (BRASIL, 2013), entre outros, ocorreu a universalização do acesso aos LDs e estes se tornaram um recurso disponível para todos os estudantes da EB brasileira. A própria análise dos LDs alerta, contudo, para suas limitações, ao referir-se às imagens associadas aos conhecimentos biológicos:

em sua maioria são apenas ilustrativas de conteúdos. São imagens que [...] apresentam o organismo humano e demais seres vivos de modo fragmentado. Os livros didáticos aqui resenhados, em regra geral, ainda dialogam pouco com a condição marcante do tempo atual (BRASIL, 2011, p. 20).

Possivelmente, os LDs assumem tais características por decorrerem de 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). No âmbito desta pesquisa volta-se o olhar às abordagens de “energia” em LDBEMs, relativas à biologia celular, no que se refere a preocupações e possíveis decorrências das abordagens conceituais no EM, em CNT particularmente, quanto à adequação dos tratamentos didáticos para a significação conceitual. Nas Ciências, o entendimento do que é a “energia” não pode ser visto como uma concepção simples nem consensual, sendo importante considerar as amplitudes dos significados, a exemplo da explicação expressa por Angotti (1991) e corroborada por Auth (2000) de que 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 elástico e reversível do que outras (AUTH, 2000, p. 7).

A complexidade e a amplitude do que seja “energia” são expressas, também, por Moreira (1998), ao afirmar que:

existem três formas básicas de energia: a cinética, devido ao estado de movimento de um corpo; a potencial, devida ao efeito de forças exercidas sobre um corpo por outros corpos; e a energia de massa (a equação de Einstein, $E=mc^2$, estabelece uma equivalência entre massa e energia). É claro que essa classificação é muito geral e em muitos casos é conveniente falar em “outras formas” de energia como energia elástica, energia elétrica, energia química, energia eólica, energia nuclear, mas, no fundo, todas essas outras formas estão incluídas nas três formas básicas (MOREIRA, 1998, p. 2).

Nem mesmo dentro da área as abordagens de conteúdos e conceitos transdisciplinares, como é o caso de “energia”, contemplam inter-relações de conhecimentos entre disciplinas (WIRZBICKI; ZANON, 2009), o que situa e justifica a importância de estudos em busca de conhecimentos e ações que contribuam para a perspectiva da articulação dos conceitos/conteúdos na área, bem como contemplam conteúdos para além dos conceituais, por exemplo, atitudinais, procedimentais, éticos, morais, políticos, sociais, culturais, dentre outros, acerca da “energia”.

As abordagens dos conteúdos (direcionadas para a 1ª série do EM) incluem estudos e entendimentos sobre: Introdução à Biologia; Introdução à Ecologia; Ecossistemas terrestres e aquáticos; Estrutura dos ecossistemas, fluxo de “energia” e ciclo da matéria; Comunidades e populações; A quebra do equilíbrio ambiental; Origem da vida e Biologia celular: Das origens aos dias de hoje; A química da vida; Citologia e envoltórios celulares; O citoplasma; Metabolismo energético; Núcleo, divisões celulares e reprodução (PNLD) (BRASIL, 2011).

Nessa lista de conteúdos percebe-se uma ampliação crescente de explicações sobre a biologia celular, com tratamentos de conteúdos bioquímicos, cuja compreensão envolve graus elevados de abstração: seres vivos e “energia” na respiração, fermentação e fotossíntese; “energia” nas substâncias, nas ligações químicas e nas reações dos organismos – Difosfato de Adenosina (ADP) e Trifosfato de Adenosina (ATP); tipos e fontes de “energia”; “energia” na área de CNT, bem como as representações de “energia” em figuras, tabelas e gráficos, as quais constituem foco da pesquisa.

Esta problemática transforma-se em objeto de investigação em contextos de planejamento e execução de práticas curriculares em CNT no EM, contrapondo-se a visões limitadas e fragmentadas da área, presentes na maioria dos LDBEMs. Estes abordam “energia” a partir de termos como “libera, produz e transmite”, tão utilizados em situações cotidianas. Estudos realizados por Oliveira e Santos (1998), Mortimer e Amaral (1998), Moreira (1998) e Barros (2009) referendam a necessidade de mediar explicações sobre energias envolvidas, compreensões de energia interna, conservação, transformação e interconversões de “energia” no âmbito de estudos deste conceito.

Limitações relativas a compreensões adequadas decorrem de uma formação sem interlocuções dentro da área de CNT, baseadas principalmente no uso dos LDs, que parecem estar restritos a uma determinada disciplina.

Nestes termos, alguns livros se resumem a meras definições e assim, em poucas linhas ou frases são introduzidos muitos conceitos na forma de definição. [...] A nosso ver, a forma e organização dos conteúdos celulares apresentados pelos autores não evidencia preocupação com a inter-relação funcional e mesmo estrutural entre os diversos componentes celulares e, portanto, o estudo destes se dá de forma linear e estanque (CERRI et al., 2000, p. 128).

As simplificações relativas ao conceito de “energia” são reforçadas nos LDBEMs e nas aulas de Biologia, que permanecem limitadas a este campo disciplinar. Desta forma, “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; SANTOS, 1998, p. 20). Isto suscita a busca de compreensões dos obstáculos epistemológicos que, segundo Bachelard:

quando se procuram as condições psicológicas do progresso da ciência, logo se chega à convicção de que é em termos de obstáculos que o problema do conhecimento científico deve ser colocado. E não se trata de considerar obstáculos externos, como a complexidade e a fugacidade dos fenômenos, nem de incriminar a fragilidade dos sentidos e do espírito humano: é no âmbito do próprio ato de conhecer que aparecem, por uma espécie de imperativo funcional, lentidões e conflitos. É aí que mostraremos causas de estagnação e até de regressão, detectaremos causas de inércia às quais daremos o nome de obstáculos epistemológicos (1996, p. 17).

O autor, ainda, destaca que os obstáculos epistemológicos às compreensões científicas acompanham os processos de ensino, a exemplo da tendência em cair no realismo e verbalismo, quando os estudantes podem tomar por reais entidades criadas nas Ciências que se constituem em objetos teóricos, do âmbito do imaginário, do simbólico, do abstrato (como estruturas celulares microscópicas, moléculas, átomos, estruturas supramoleculares). Lopes (1996), por sua vez, expressa o entendimento de que:

[...] o obstáculo epistemológico tende a se manifestar mais decisivamente para mascarar o processo de ruptura entre o conhecimento comum e o conhecimento científico, quando o pensamento procura prender o conhecimento no real aparente. [...] A razão acomodada ao que já conhece, procurando manter a continuidade do conhecimento opõe-se à retificação dos erros ao introduzir um número excessivo de analogias, metáforas e imagens no próprio ato de conhecer, com o fim de tornar familiar todo conhecimento abstrato, constituindo, assim, os obstáculos epistemológicos (p. 263).

Neste sentido, romper com visões simplificadas e distorcidas acerca de “energia” demanda uma formação científica que não é alcançada unicamente na formação inicial. É necessário permanecer em constante aprendizado, refletindo sobre a própria ação escolar, estabelecendo interações com professores da área de CNT e promovendo ações interdisciplinares que possibilitarão compreensões inter-relacionais e intercomplementares acerca de conceitos complexos, como o de “energia”.

Assim, é necessário considerar a problemática que diz respeito aos crescentes graus de complexidade do ensino destes conteúdos. Quando uma abordagem não direciona o pensamento aos necessários processos de inter-relação conceitual, ela limita, distorce ou compromete a aprendizagem, em prejuízo ao entendimento conceitual e à potencialização dos processos de desenvolvimento dos educandos (WIRZBICKI, 2010).

A decisão de continuidade do estudo das abordagens de “energia” como objeto de pesquisa na produção da Tese, considera a potencialidade de contribuir no avanço dos entendimentos sobre as abordagens do referido conceito no EM nos LDBEMs, e as repercussões dessas abordagens no ensino e na aprendizagem dos conteúdos relativos ao tema na disciplina de Biologia, carentes de mediações de linguagens específicas, próprias das demais disciplinas da área que, muitas vezes, não fazem parte do ensino aos estudantes ou de reflexões desenvolvidas junto a atuação docente.

A relevância da pesquisa justifica-se também pela amplitude das relações de “energia” com outros conceitos da área de CNT, sendo inúmeras as possibilidades de produção de sentido aos significados conceituais relativos a abordagens de diferentes temas em estudo, a exemplo de processos metabólicos vitais como a respiração.

Assim, esta Tese propõe um olhar reflexivo aos LDBEMs, em especial à energética celular, acreditando que o ensino de “energia” perpassa os limites das disciplinas de CNT, carecendo de uma abordagem interdisciplinar que propicie um aprendizado significativo do referido conceito aos estudantes.

No próximo item apresenta-se um histórico acerca da introdução de programas de distribuição dos LDs, bem como o uso que vem sendo feito dos mesmos nas escolas a partir de suporte teórico construído com base em outras pesquisas desenvolvidas acerca do tema. Ainda neste item busca-se contextualizar sobre as relações entre professores, estudantes e saberes, em especial sobre os saberes relativos à prática docente e, por fim, apresenta-se um tópico a respeito de conceitos científicos, cotidianos e escolares.

1.2 O diálogo com os teóricos

Para analisar as abordagens de “energia” nos LDBEMs, bem como compreender as interações estabelecidas entre professores e estudantes no processo de ensino e aprendizagem do referido conceito, muitas vezes, somente a partir daquilo que é proposto pelos LDs, faz-se necessário o embasamento teórico organizado em três tópicos: o objeto LD; relações escolares estabelecidas entre professores, estudantes e saberes; e os saberes da prática docente.

1.2.1 O Objeto Livro Didático Mediado pelos Professores e Estudantes

No cenário nacional, a trajetória histórica dos LDs até os dias atuais teve início em 1929, com a criação do Instituto Nacional do Livro (INL), que tinha o objetivo de contribuir para a legitimação do LD nacional e auxiliar no aumento de sua produção. O LD entrou na pauta do governo em 1938, quando se criou a Comissão Nacional do Livro Didático (CNLD), que estabelecia a primeira política de legislação, controle e produção de LDs. Após questionamentos sobre a legitimidade desta comissão, em 1945, o Estado restringe ao professor a escolha do livro a ser utilizado pelos alunos pelo Decreto-Lei nº 8.460, de 26/12/45 (SOUZA; SOARES, 2011). Em 1966 aconteceu um acordo entre o Ministério da Educação (MEC) e a Agência Norte-Americana para o Desenvolvimento Internacional, que permitiu a criação da Comissão do Livro Técnico e Livro Didático (COLTED). Esta comissão tinha como objetivo coordenar as ações referentes à produção, edição e distribuição do livro didático (RODRIGUES; FREITAS, 2008).

Em 1971, com a extinção da Colted, o Programa do Livro Didático para o Ensino Fundamental (Plidef) assume as atribuições administrativas e de gerenciamento dos recursos financeiros (RODRIGUES; FREITAS, 2008). Cinco anos depois, o governo assume e compra interessante parcela de livros para fornecê-los a boa parte das instituições de ensino e das unidades federais. Com a extinção do INL, a Fundação Nacional do Material do Livro Didático (Fename) torna-se responsável pelo funcionamento do programa do LD (SOUZA; SOARES, 2011).

De acordo com Rodrigues e Freitas (2008), no ano de 1983 as mudanças continuaram, substituiu-se a Fename pela Fundação de Assistência ao Estudante (FAE), que incorporou vários programas de assistência do governo, incluindo o Plidef. O Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) foi criado em agosto de 1985, em substituição ao Plidef, tendo como objetivo avaliar, indicar, comprar e distribuir LDs para as escolas públicas (SOUZA; SOARES, 2011).

Segundo Rodrigues e Freitas (2008), o governo brasileiro, na posição de maior comprador deste tipo de livro, iniciou um processo de avaliação que ocasionou diversas melhorias nas coleções didáticas de todas as áreas disciplinares, incluindo a qualidade gráfica, impressão, linguagem e conteúdo utilizados pelos autores.

O atual Programa Nacional do Livro Didático do Ensino Médio (PNLEM) foi instituído em 2003. Apenas em 2006, porém, a Câmara dos Deputados aprovou o Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica (Fundeb), que passou a incluir o EM no PNLD, que era abrangido pela Fundação de Desenvolvimento do Ensino Fundamental (Fundef), criado em 1996. Com a inclusão do EM, no PNLD, o Ministério da Educação passou a avaliar, adquirir e distribuir LDs para escolas públicas com EM. Os primeiros livros analisados foram os de Português e Matemática. O LD de Biologia foi incluído apenas em 2007, e, após a avaliação, foi recomendado e doado pelo MEC.

Neste cenário, pesquisar LD no Brasil não é algo recente. A pesquisa ocorre desde a década de 70, buscando a qualidade das coleções didáticas, deficiências e soluções para melhorar a sua organização, abordagem conceitual científica e humanística, dentre outros aspectos. Algumas referências sobre a questão são Pretto (1985), Freitag, Motta e Costa (1987), Mortimer (1988), Fracalanza (1993), Pimentel (1998), Sponton (2000), Silva (2000), Carvalho et al. (2003), Selles e Ferreira (2004), Güllich (2004, 2012), Fracalanza (2006a), Megid Neto (2006), Amaral (2006), Martins (2006), Lopes (2007), Emmel, Güllich e Pansera-de-Araújo (2009) e Emmel (2011). Todas estas pesquisas repercutem pouco nas editoras que publicam os livros didáticos.

Estas pesquisas permitem pensar na superação das questões apontadas quanto ao uso do LD na área e suas interfaces com o ensino, sejam elas a crítica ao livro (FRACALANZA, 2006b; AMARAL, 2006; CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2000) e a crítica realizada na análise crítica ao LD (SELLES; FERREIRA, 2004; MARTINS, 2006). Emmel et al. (2012) ainda propõem outra questão: o que fazer com os LDs que continuam chegando às escolas como política de Estado.

Mesmo com várias possibilidades de abordar conteúdos em processos de ensino de CNT, o LD, muitas vezes, constitui o principal recurso entre os poucos utilizados em salas de aula. Por isso, é fundamental empreender esforços no sentido de uma compreensão mais ampla das repercussões, no ensino, de formas diferenciadas de tratamento dos conteúdos no material didático em análise. Percebe-se, nessa área, que abordagens convencionais refletem a visão de uma sequência linear e fragmentada de conteúdos, o que tende a dificultar o desenvolvimento de conceitos escolares inter-relacionados em conhecimentos diversificados.

Atualmente, com o PNLD, os LDs tornaram-se um recurso disponível para todos os estudantes da Educação Básica brasileira. Por sua vez, mesmo depois de políticas públicas que avaliam, selecionam e os distribuem para as escolas, os mesmos ainda apresentam deficiências e limitações, além de abordagens conceituais inadequadas com implicações no processo de ensino e de aprendizagem em salas de aula.

O primeiro documento de avaliação de LD do PNLD, publicado em 1994, é uma exceção, indicando sensível preocupação com as questões de base do ensino de Ciências, muito embora não tenha sido considerado nos Guias de avaliação que o sucederam, tampouco pelos autores e editores de LD. Por essa razão, as coleções de Ciências, embora tenham sofrido melhorias nos últimos anos, principalmente nos aspectos gráficos e visuais, nas correções conceituais, na eliminação de preconceitos e estereótipos de raça, de gênero ou de natureza socioeconômica e na supressão de informações ou ilustrações que possam propiciar riscos à integridade física do aluno (AMARAL; MEGID NETO, 1997), ainda precisam ser analisadas e compreendidas quanto ao seu papel no contexto escolar.

Assim, ainda não sofreram mudanças significativas nos aspectos que se referem aos fundamentos conceituais, os quais determinam as peculiaridades do ensino no campo das Ciências Naturais e orientam a organização curricular de muitas escolas. Em muitos LDs, o tratamento dado ao conteúdo defende um conhecimento científico como produto acabado, elaborado por mentes privilegiadas, que apresentam o conhecimento sempre como verdade absoluta, desvinculado do contexto histórico e sociocultural (AMARAL, 2006; MEGID NETO; FRACALANZA, 2003). As coleções de LD, hoje presentes no mercado, mesmo aprovadas e indicadas pelo PNLD, não colaboram na difusão das orientações e currículos oficiais, e pouco contribuem para que o professor consiga perceber como estas diretrizes podem tomar forma na prática escolar.

Loguercio, Samrsla e Del Pino (2001) destacam que o professor escolhe os LDs mais pela sua função como facilitador de tarefas (número de exercícios, questões de vestibular, textos de apoio para aulas expositivas, etc.) do que pelo potencial do livro como instrumento capaz de produzir aprendizagens. É sabido, também, que definir critérios e analisar o conteúdo de um LD não é tarefa fácil, e o próprio professor, na maioria das vezes, não está capacitado pelos seus cursos de formação para uma análise mais criteriosa.

A seleção dos LDs é realizada pelos educadores das escolas públicas de todo o país por meio do Guia do Livro Didático, tendo-se a oportunidade de escolher os livros que mais bem contemplam conteúdos e atividades a serem trabalhadas por três anos, uma vez que o livro selecionado somente poderá ser substituído por outro no próximo PNLD. São escolhidas duas opções de obras por disciplina e, se a primeira não conseguir ser negociada com as editoras, a segunda opção passa a valer. Propõe-se que todos os professores daquela disciplina se reúnam na escola e cheguem a um consenso sobre a opção pelo livro que irão utilizar nos anos seguintes. Esse processo de escolha, contudo, na maioria das vezes isolado, considera o

conhecimento dos autores da obra, a qualidade gráfica do livro e um breve olhar para os conteúdos abordados. O tempo de seleção é bastante reduzido e se torna impossível analisar todas as coleções propostas pelo Guia e, de fato, fazer a “melhor” escolha para contextos escolares diversos. Faltam processos formativos que auxiliem os professores a pensar acerca dessa preferência.

Em outra pesquisa, Güllich (2012), ao entrevistar supervisores e professores de Ciências sobre a escolha do livro, percebeu um universo de contradições, entraves e até mesmo o descaso do Estado e a falta de preparo dos professores para a seleção do LD, o que coloca na pauta de discussão a necessidade da retomada do tema nos cursos e programas de formação inicial e continuada. Estes resultados apontam para a necessidade de propor processos de formação que problematizem isso e sinalizem encaminhamentos no sentido de proporcionar um LD mais consistente e argumentado. Pode-se pensar em uma formação que envolva licenciandos e professores da escola e da universidade, para que, assim, realmente consigam (re)construir e (re)significar as teorias e os paradigmas dos professores e, até mesmo, qualificá-los para a seleção dos LDs.

Estas indagações críticas e propostas dos LDs podem incentivar os professores a não os tomarem como instrumentos pedagógicos únicos para as aulas, uma vez que eles também não conseguem contemplar os princípios educacionais atuais como, por exemplo:

[...] flexibilidade curricular; abordagem temática interdisciplinar; vínculo com o cotidiano (real) do aluno e com seu entorno sócio-histórico; atendimento à diversidade cultural de cada local ou região; atualidade de informações; estímulo à curiosidade, à criatividade e à resolução de problemas (BRASIL, 1998). Nesse caso, torna-se cada vez mais difícil conceber um livro didático que seja adequado simultaneamente a todos estes princípios (MEGID NETO; FRACALANZA, 2003, p. 155).

É necessário prestar atenção, como alerta Güllich (2004), ao fato de que o LD “é universalizado na prática dos professores enquanto forma de registro de informações/conhecimentos científicos” (p. 52). Neste sentido, compete aos professores não se descuidarem da qualidade conceitual, didática, procedimental, de valores e atitudes expressas no mesmo. É preciso estar atento e fazer uma análise crítica sobre essas questões acopladas ao modo de usá-lo em sala de aula, pois “podem implicar numa formação crítica ou com lacunas conceituais, defasada, com restrição de informações e conhecimentos” (GÜLLICH, 2004, p. 52).

Nesta pesquisa, a atenção aos LDBEMs está voltada às simplificações nas abordagens sobre “energia” no contexto do ensino escolar, e também em compreender se os professores percebem o LD como único orientador da apresentação dos conteúdos/conceitos de “energia”. Para haver melhorias no ensino de CNT é necessário considerar os LDs, mas não apenas eles, posto que podem usar uma multiplicidade de fontes de informação, como outros recursos didáticos, possibilitando o desenvolvimento de um ensino dinâmico e enriquecedor, coerentemente com a proposição das OCNEM (BRASIL, 2006). É preciso um ensino escolar que dialogue com os saberes dos docentes e dos estudantes, como proposto no item 1.2.2.

1.2.2 Relações escolares entre professores, estudantes e saberes

Tem-se socialmente uma grande instituição – a escola –, produto histórico da ação humana, individual e coletiva, lugar de aprendizagem, ensino e socialização (MARQUES, 2000). A escola envolve processos de ensino e aprendizagem, porém nem sempre este ensino produz aprendizagens. Ensinar não é produzir conhecimento novo, mas mediar. Aí se fundamenta a importância do corpo docente na instituição escolar, pois cabe aos professores transformar o conhecimento científico para a forma ensinável e, dessa forma, produzir algum conhecimento, motivando os estudantes a continuar aprendendo a aprender. Reforça Marques que:

[...] não pode haver educação escolar de qualidade, enquanto não nos entendermos os educadores sobre o que se constitui em aprendizagem válida, por que e como aprendem os alunos, sob quais motivações internas e estímulos externos, e a que nível de organização na escola e na sala de aula de aula (2000, p. 13).

Isso porque as aprendizagens somente se efetivam se individuadas, mais propriamente se singularizadas na constituição do sujeito que aprende. A constituição dos indivíduos acontece nas relações, influenciadas pelo outro e pelo ambiente em que está inserido cultural e socialmente. A individualidade humana pressupõe a necessidade das interações sociais. Isso supõe processos de interação e intercomunicação sociais que apenas são possíveis graças a sistemas de mediação altamente complexos, produzidos socialmente (VIGOTSKI, 2001).

No estabelecimento dessas relações é importante que os condutores das aprendizagens escolares conheçam os desejos dos outros, com quem estabelecem relações: pais, professores, colegas, causa comum. “Sem esse ser com outros, não existe interesse algum pelo aprender, nem condições de crescimento” (MARQUES, 2000, p. 96). O desejo e a motivação são importantes desencadeadoras na busca de aprender. Eles se estabelecem mediante as relações

entre os sujeitos envolvidos. Esse desejo deve ser motivador da constante busca de aprender, em virtude de que um dos grandes desafios da sociedade contemporânea é estar em constante atualização.

Grande é o desafio docente na perspectiva de uma escola inserida socialmente para desenvolver funções básicas, como a de efetivar as aprendizagens formais e sistemáticas, contemplando entendimentos compartilhados entre professores e alunos; os alunos com seus saberes da vida cotidiana e o professor, além dos saberes da própria experiência vivida, com o saber organizado e sistematizado, sob a forma escolar e em função dela (MARQUES, 2000).

De acordo com Marques (2000), uma sala de aula voltada à qualidade das aprendizagens exige: um projeto político-pedagógico; um projeto para o curso dos estudos na escola; um projeto para a atuação integrada da turma de alunos e equipe de professores, de modo que não se dê demasiada importância ao ensino das disciplinas de forma amarrada, sem flexibilidades e inter-relações, uma vez que a aprendizagem dá-se pelo desenvolvimento das competências de relacionar, bem como pela estruturação mais compreensiva, coerente e aberta às complexidades das articulações entre dados, fatos, percepções e conceitos. Em síntese:

[...] ser professor significa exercer o domínio de seu específico campo e processo de trabalho, passo a passo e a qualquer momento, o que significa trabalhar com o rigor científico dos conhecimentos que faz seus e com os meios materiais e instrumentais de que se apropria na capacidade de elaborá-los ou de reconstruí-los segundo as exigências de sua proposta pedagógica (MARQUES, 2000, p. 120).

Diante da complexidade da sociedade contemporânea, qual será o papel do professor? Quais os desafios docentes diante da crise social de valores que a família, a escola e a sociedade atravessam?

O mundo contemporâneo vem passando por muitas transformações em curtos espaços de tempo, de ordem cultural, política, econômica e social. As transformações também acontecem nos espaços educativos, influenciados pela enorme quantidade de informações lançadas aos sujeitos pelos mais variados meios de comunicação existentes. Diante dessa realidade pode-se afirmar que há a necessidade da constante busca de atualização acerca do conhecimento. O acesso às tecnologias por uma grande massa de cidadãos faz com que a escola não seja a única instituição que trabalhe com o conhecimento. Nessa nova estrutura social que nos é imposta, o próprio professor precisa estar em constante atualização acerca das informações que circulam nos meios e a relação que estas mantêm com o saber científico e escolar. De acordo com Young (2007): “não há contradição entre idéias de democracia e justiça social e a idéia de que as escolas devem promover a aquisição do conhecimento” (p. 1.289).

A busca pelo saber sempre foi um dos objetivos das sociedades humanas. Atualmente ensinar em uma sociedade, onde circulam inúmeros saberes científicos, escolares e cotidianos, é um desafio para os profissionais da educação, uma vez que a escola, enquanto instituição social, desempenha diversas funções, muitas delas distantes do objetivo principal que norteia as ações do espaço escolar: desencadear o processo de aprendizagem a partir de um objeto de ensino, permeado por intencionalidades diversas. Para Young (2007):

As escolas são tratadas como um tipo de agência de entregas, que deve se concentrar em resultados e prestar pouca atenção ao processo ou ao conteúdo do que é entregue. Como resultado, os propósitos da escolaridade são definidos em termos cada vez mais instrumentais, como um meio para outros fins. Com as escolas sendo controladas por metas, tarefas e tabelas comparativas de desempenho, não é de se espantar que os alunos fiquem entediados e os professores sintam-se desgastados e apáticos (p. 1.291).

Nessas contradições entre o que se idealiza para a escola e o que ela é “obrigada” a cumprir, as funções docentes tornam-se mais complexas à medida que ocorrem modificações no papel do professor, abandonando uma perspectiva tradicional de ensino, em que o professor tem o papel de transmitir os saberes a serem ensinados, em virtude de ideias construtivistas e da própria didática, quando o professor é concebido como um sujeito didático (MENEZES, 2006). O processo de ensino e aprendizagem por muito tempo ficou restrito ou focado na relação professor-aluno. No momento torna-se relevante ampliar tal relação, contemplando uma esfera de extrema relevância no processo de ensino e aprendizagem: o objeto de saber.

A capacidade dos estudantes de interagir e argumentar acerca dos saberes e conhecimentos em sala de aula, coloca o professor em uma condição necessária de busca e interlocução constante com saberes institucionalizados e relações estabelecidas com os conhecimentos decorrentes das vivências dos estudantes.

Nesse sentido, coloca-se um alerta aos professores que atualizam seus conhecimentos em fontes carentes de saber, ou exclusivamente nos LDs disponíveis aos estudantes, que não mantêm contato com saberes científicos, não se constituem em um pesquisador de sua prática e, raras vezes, refletem sobre a mesma, sem considerar que o tempo de ensinar um saber e o tempo deste saber tornar-se ensinado é diverso; outras aprendizagens acontecem neste tempo e nem todo o saber ensinado é um saber aprendido.

Assim, aposta-se na docência como lugar de destaque nas relações, pois a mesma tem os seres humanos como objeto de trabalho, fundamentados nas interações que estabelecem. Tardif e Lessard (2005) defendem a tese de que, longe de ser uma ocupação secundária em

relação à hegemonia do trabalho material, o trabalho docente constitui uma das chaves para a compreensão das transformações atuais das sociedades do trabalho, até mesmo de como o ensino é valorizado e os altos investimentos nas sociedades europeias e norte americanas (grandes potências econômicas) em relação ao Brasil e outros países em desenvolvimento. “A importância econômica do ensino caminha a par de sua centralidade política e cultural. (...) O ensino no contexto escolar representa há quase três séculos o modo dominante de socialização e de formação nas sociedades modernas” (TARDIF; LESSARD, 2005, p. 23).

Em suma, o fenômeno escolar vai recebendo uma forte necessidade interna das sociedades modernas (TARDIF; LESSARD, 2005). Segundo os mesmos autores: “a docência é um trabalho cujo objeto não é constituído de matéria inerte ou de símbolos, mas de relações humanas com pessoas capazes de iniciativa e dotadas de uma certa capacidade de resistir ou de participar da ação dos professores” (p. 35).

Nesta afirmação repousa uma frase importante do trabalho docente: as relações humanas. A mesma remete a questionamentos: Como é o relacionamento entre professores e alunos? Os mesmos estabelecem um diálogo aberto nas questões que envolvem o ensino e a aprendizagem? Ou será que muitos professores consideram-se detentores de um saber superior a transmitir? É, portanto, imperativo que o estudo da docência se situe no contexto mais amplo da análise do trabalho dos professores e do trabalho escolar (TARDIF; LESSARD, 2005).

Apesar de a instituição social escolar ter conquistado certa autonomia, ela continua sendo invadida por modelos de gestão e execução do trabalho oriundos diretamente do contexto industrial e outras organizações econômicas; esquecendo que seu objeto principal de trabalho é humano. Em muitas ocasiões, as regras que controlam o trabalho escolar têm como função atingir metas, transformadas em dados estatísticos de redução do analfabetismo, da evasão escolar, aumento dos índices de aprovação, dentre outros dados relevantes para os poderes que atuam por detrás da escola. Cabe aos docentes encontrar caminhos para agir ante as regras institucionalizadas e a uma política educacional que torna o currículo sobrecarregado, com carga de trabalho excessiva e comprometedora de um ensino significativo.

O controle e o poder sempre estarão próximos do trabalho escolar, porém a presença de um “objeto humano” modifica profundamente a própria natureza do trabalho, a atividade do trabalhador e até as relações de poder ali estabelecidas. O trabalho sobre e com seres

humanos faz retornar sobre si a humanidade de seu objeto. Nesse sentido, o docente pode assumir ou negar essa humanidade. Se assumi-la desencadeará vínculos afetivos, emotivos e éticos, os quais precisam ser constantemente reformulados nas relações entre docentes e discentes. De acordo com Tardif e Lessard: “O trabalho docente não consiste apenas em cumprir ou executar, mas é também a atividade de pessoas que não podem trabalhar sem dar um sentido ao que fazem, é uma interação com outras pessoas: os alunos, os colegas, os pais...” (2005, p. 38).

Precisa-se estudar a docência como uma totalidade de vários componentes desse trabalho, em um contexto escolar que não tem nada de simples e natural, mas uma construção social que comporta múltiplas facetas, influenciadas pelos alunos que a própria escola “forma”, pelos professores que ali atuam e por inúmeras situações em que estes sujeitos estão envolvidos. As atividades escolares nunca são fechadas em si mesmas; “o ensino aparece como uma atividade fortemente marcada pelas interações humanas, pouco formalizada, diferenciada e difícil de controlar” (TARDIF; LESSARD, 2005, p. 44). Inserir-se no coletivo escolar é um caminho que torna o trabalho docente mais leve; a própria interdisciplinaridade auxilia na organização de seu plano, favorecendo as aprendizagens dos alunos, os quais poderão estabelecer vínculos com outras disciplinas e com a sua realidade vivencial.

De acordo com Tardif e Lessard (2005), o processo de ensino e aprendizagem, bem como as relações entre professores e alunos, é perpassado por inúmeros fatores que necessitam ser refletidos pelos envolvidos na escolarização, dentre os quais:

Transmissão e socialização, aprendizagem e disciplina, conteúdo cognitivo e princípio pedagógico são aspectos de uma mesma e só atividade: ensinar. (...) Multiplicidade, simultaneidade, imediatez, rapidez, imprevisibilidade, visibilidade, historicidade, interatividade e significação constituem, portanto, as muitas dimensões co-presentes na tarefa dos professores com os alunos (2005, p. 71-72).

As reflexões acerca das relações escola/professor/aluno e saber provocaram questionamentos: O que fazer ante a complexidade do trabalho docente? Ousaremos como docentes, não procurar receitas, mas estudar e refletir constantemente com os nossos pares sobre os desafios inerentes a essa profissão? As contribuições dos saberes da prática docente são desenvolvidas no tópico a seguir.

1.2.3 Os saberes da prática docente

A sociedade em sua organização produz e utiliza saberes, que têm na escola o seu centro principal de promoção. Esses saberes sociais referem-se ao conjunto de saberes de que dispõe uma sociedade, e a educação é o conjunto dos processos de formação e de aprendizagem elaborados socialmente e destinados a instruir os membros da sociedade com bases nesses saberes (TARDIF, 2002).

A escola é a instituição promotora de um saber, que é desenvolvido por corpos docentes, os quais definem a sua prática em relação aos saberes que possuem e ensinam. Para ser professor é necessário saber alguma coisa, mas somente isso não basta, é preciso também conseguir ensinar o saber que possui a outros, os quais constituem o corpo discente escolar. Segundo Tardif (2002):

Enquanto grupo social, e em virtude das próprias funções que exercem, os professores ocupam uma posição estratégica no interior das relações complexas que unem as sociedades contemporâneas aos saberes que elas produzem e mobilizam com diversos fins (...) corpos docentes e de formadores são capazes de assumir, dentro dos sistemas de educação, os processos de aprendizagem individuais e coletivos que constituem a base da cultura intelectual e científica moderna (p. 33-34).

A relação dos docentes com os saberes não se reduz a uma função de transmissão de conhecimentos já instituídos, como muitas vezes concebe-se. A prática necessita de reflexões críticas e muito estudo acerca de limitações e potencialidades do professor e dos estudantes com quem interage. A complexidade da prática docente é permeada pelos saberes docentes. De acordo com Tardif (2002), os saberes docentes compõem-se de vários saberes provenientes de diferentes fontes, constituindo conjuntos característicos que, juntos, unificam a prática docente: saberes disciplinares, saberes curriculares, saberes profissionais e saberes experienciais.

Os saberes disciplinares correspondem aos diversos campos do conhecimento e aos saberes de que dispõe a sociedade, tais como se encontram hoje integrados nas universidades sob a forma de disciplinas. Eles emergem da tradição cultural e dos grupos sociais produtores de saberes (TARDIF, 2002). É de suma importância que esses saberes se integrem à prática docente por meio da formação inicial e continuada, ampliando e atualizando os saberes docentes a todo instante.

Os saberes curriculares referem-se aos discursos, objetivos, conteúdos e métodos a partir dos quais a escola apresenta os saberes sociais por ela definidos e selecionados como modelos da cultura e de formação da cultura erudita. De acordo com Tardif (2002), os saberes das disciplinas e os curriculares que os professores possuem e transmitem, não são deles próprios nem do saber docente, mas se situam exteriormente em relação à prática docente.

O terceiro grupo diz respeito aos saberes profissionais, que são transmitidos pelas instituições de formação de professores, universidades e institutos. O ensino superior trabalha basicamente com os saberes produzidos na comunidade científica, sem estabelecer relações com os saberes do cotidiano e da prática de muitos acadêmicos, o que resulta em um maior distanciamento entre a formação e a prática real de ensinar.

Os saberes experienciais constituem-se a partir da prática de cada professor no cotidiano. Esse conjunto de saberes está intrinsecamente relacionado às experiências anteriores ao ser professor, desde sua formação a motivações para a profissão. Na prática, esses saberes referem-se a atitudes, estratégias, rotinas, relações, saberes a trabalhar... São as experiências que os constituem enquanto profissionais e embasam os fundamentos de sua competência.

Defende-se a importância e a necessidade da experiência para o professor, porém somente ela por si só não basta. Dessa forma, será que as dificuldades no ensino residem realmente na formação inicial? Existe uma receita para que a formação dê conta da imprevisibilidade da docência? De acordo com Tardif:

O ensino se desenvolve num contexto muito mais amplo de interações que representam condicionantes diversos para a atuação do professor. (...) Cotidianamente os condicionantes aparecem relacionados a situações concretas que não são passíveis de definições acabadas e que exigem improvisação e habilidade pessoal, bem como enfrentar situações mais ou menos transitórias e variáveis (2002, p. 49).

Em relação à formação dos professores para o saber fazer, é impossível ensinar a alguém saberes experienciais, uma vez que o próprio nome já diz que são próprios da experiência. Acredita-se, porém, que os processos formativos podem se aproximar mais da realidade prática, bem como entender a complexidade da docência, pois ela requer tempo de inserção, estabelecimento de vínculos, relações com os saberes, dentre outros aspectos relevantes.

Ser professor não é tarefa fácil; para ser é importante não se acomodar, inserir-se nos conhecimentos da academia, discutir saberes e teorias, estabelecer boas relações com os pares, participar de encontros de estudo, escrever, publicar e, principalmente, refletir criticamente sobre a própria prática. Em suma,

o professor ideal é alguém que deve conhecer sua matéria, sua disciplina e seu programa, além de possuir certos conhecimentos relativos às ciências da educação e à pedagogia e desenvolver um saber prático baseado em sua experiência cotidiana com alunos (TARDIF, 2002, p. 39).

Para terminar, ou para continuar a interminável busca por respostas, deixa-se o questionamento: Se não produzimos saberes, será que mobilizamos saberes desencadeadores de aprendizagens? Que saberes são esses: científicos, escolares ou cotidianos? Sobre estes saberes, para além dos saberes docentes e dos estudantes, é que se constitui o tópico a seguir.

1.2.4 Acerca de conceitos científicos, cotidianos e escolares: processos de recontextualização

Neste tópico traz-se uma reflexão sobre alguns aspectos históricos relacionados às concepções de Ciência, à luz de contribuições de alguns epistemólogos acerca da natureza e do modo de produção do conhecimento científico, na perspectiva de valorizar sua concepção não como verdade absoluta, pronta e acabada, mas como um conhecimento produzido e validado por uma comunidade científica, como uma produção humana constante e bastante específica, sujeita a sistemáticos processos de validação e refutação. Traz um olhar crítico/reflexivo sobre a concepção de Ciência como dogma, semelhante a uma religião, fortalecida na ideia de verdade e confiabilidade.

Ainda hoje, contextos educacionais diversificados, seja no ensino ou na formação de professores, muitas vezes apresentam carências de estudos e discussões que contribuam para a desmistificação da visão de Ciência pronta e imutável, sendo precárias as abordagens e entendimentos sobre as necessárias relações entre conhecimentos escolares e científicos, ou entre conceitos científicos e cotidianos em processo de construção do conhecimento especificamente escolar.

A valorização das perspectivas *contextual* e *interdisciplinar*, amplamente sugeridas nas Orientações Curriculares Nacionais (BRASIL, 2006), não reduzem a complexidade e as dificuldades das rupturas necessárias a serem feitas, com a linearidade e a fragmentação da organização dos conteúdos escolares, os quais, decorrentes da racionalidade técnica (SCHÖN, 1987), desconsideram as inter-relações de saberes científicos e cotidianos na construção dos conhecimentos dos estudantes, carecendo de amplos processos de (re)construção sociocultural, sendo importante compreender formas de como potencializá-las mediante a instituição de novos espaços de interação, formação e ação, em contextos escolares e universitários. Parte-se de definições e reflexões epistemológicas sobre os diversos conhecimentos produzidos, sejam eles, científicos, cotidianos ou escolares.

Atualmente ampliam-se as críticas à visão das teorias científicas como verdades absolutas, e as Ciências não se fundamentam na natureza, na experimentação e tampouco no objeto, mas algo há de especial que garante o rigor científico. A filosofia da ciência tem apontado algumas dificuldades em relação ao fundamento seguro da observação e do experimento. Por outro lado, veem a possibilidade de algum tipo de inferência segura que possa derivar teorias científicas de modo confiável. Segundo Chalmers (1993), teorias não são descobertas, mas, sim, uma produção dos conhecimentos já existentes. Considera-se que experimentos e observações norteiam-se pelas teorias já existentes. A ciência é pensada como processo social, histórico e cultural. Lopes (2007) expressa a visão de que as ciências se constituem e se organizam como empreendimento cultural, ou seja, social e humano.

(...) para que um trabalho científico tenha valor, é preciso que ele interesse aqui e agora, que seja capaz de criar diferença entre seus pares. (...) Dessa forma, os cientistas inventam o que talvez seja a singularidade das ciências modernas: uma prática original de trabalhar junto. Os cientistas precisam criar vínculos, estabelecer relações, formar grupos de interesses comuns, traduzindo fielmente as relações sociais que determinam aqueles a quem é interessante interessar e aqueles a que podem ajudar a fazer a diferença. Desse modo é que as ciências se organizam como um empreendimento cultural e, portanto, social e humano (p. 193/194).

De acordo com Marques (2000), os fenômenos “não são dados, mas resultados; não se descrevem, mas se produzem” (p. 42). Chalmers (1993) é um dos autores que assinala a visão de que tanto a observação quanto o experimento orientam-se por “teorias” preexistentes, de que não há “descobertas” mas, sim, “produção de conhecimentos” por meio de formas anteriores de conhecimento. Admite-se livremente que novas teorias são concebidas de diversas maneiras e, frequentemente, por diferentes caminhos. As teorias podem ser, e geralmente são, concebidas antes de serem feitas as observações necessárias para testá-las.

A ciência é um conhecimento historicamente em expansão e uma teoria somente pode ser adequadamente avaliada em seu contexto histórico: a avaliação da teoria está intimamente ligada às circunstâncias nas quais ela surge. Não se pode manter uma distinção acentuada entre a observação e a teoria porque a observação ou, antes, as afirmações resultantes da observação, são permeadas pela teoria. Dois observadores normais, vendo o mesmo objeto no mesmo lugar sob as mesmas circunstâncias físicas, não têm necessariamente experiências visuais idênticas, mesmo considerando-se que as imagens em suas respectivas retinas possam ser virtualmente idênticas. “O que um observador vê, isto é, a experiência visual que um observador tem ao ver um objeto, é afetada por suas vivências anteriores, isto é, depende em parte de sua experiência passada, de seu conhecimento e de suas expectativas” (BACHELARD, 1996, p. 48).

Lopes (2007) reitera que:

Com Bachelard, (...) a própria questão da verdade se modificou. Com base em sua epistemologia, deixa de ser possível fazer referência à verdade, instância em que se alcança em definitivo. Existem verdades, múltiplas, históricas, pertencentes à esfera da veracidade, da capacidade de gerar credibilidade, confiança. As verdades só adquirem sentido ao fim de uma polêmica (p. 33).

Segundo considerações lógicas e filosóficas, teorias científicas não podem ser provadas ou desaprovadas. Uma reação à percepção de que teorias científicas não podem ser conclusivamente provadas ou desaprovadas e de que as reconstruções dos filósofos guardam pouca semelhança com o que realmente ocorre na ciência, é desistir de uma vez da ideia de que a ciência é uma atividade racional, que opera de acordo com algum método (CHALMERS, 1993).

[...] é essencial compreender a ciência como um corpo de conhecimento historicamente em expansão e que uma teoria só pode ser adequadamente avaliada se for prestada devida atenção ao seu contexto histórico e às circunstâncias nas quais surge (CHALMERS, 1993, p. 61).

As principais formas de legitimação dos conhecimentos científicos se fundamentaram na natureza, cabendo ao cientista desvelá-la. A partir da Modernidade, porém, são produzidas inúmeras substâncias artificiais, produtos científicos e outros modelos. Assim, Lopes (2007) assevera: “é abalada a crença de que as ciências são inerentes à natureza e, anteriores à própria ação social dos seres humanos; a própria noção de objetividade modifica-se” (p. 190-191). Ser objetivo nas ciências não significa estar fundamentado no objeto. É preciso ser capaz de elaborar métodos de (re)construção da objetividade e não supor essa objetividade como anterior ao próprio processo de pesquisa, pois sempre tem-se ali as marcas do sujeito constituído histórico-socialmente.

Nesta Tese pretende-se abordar a recontextualização dos conhecimentos científicos de Biologia, a exemplo de “energia”, que não necessitam ser colocados à prova, mas, sim, serem apropriados em âmbito escolar. Isto implica, no entanto, situar e compreender as naturezas e especificidades de três categorias de conhecimento em interação na produção do currículo escolar: conhecimento científico, cotidiano e escolar.

A necessidade da reflexão epistemológica sobre os conhecimentos científicos, cotidianos ou escolares, produzidos pela humanidade, são necessidades prementes para o ensino de Ciências nos espaços educacionais formais, proporcionando e estimulando, talvez, uma visão mais ampliada e crítica da realidade. Refletir sobre os conhecimentos e o que se pretende com eles é algo bastante complexo nos espaços de formação para o ensino de Ciências, carente de novas ações, mudanças curriculares ou conscientização dos envolvidos

neste processo. Ter acesso a uma formação que contemple a (re)contextualização e a interdisciplinaridade dos conhecimentos científicos, escolares e cotidianos, talvez possa ser uma possibilidade de tornar o processo mais significativo.

Uma forte tendência, na área do Ensino de Biologia, necessária de ser mais compreendida, desenvolvida e investigada, é a de estabelecer vínculos entre os conteúdos da mesma e aspectos da realidade vivencial dos estudantes, isto é, *contextualizar* os conceitos científicos a serem significados e, ao mesmo tempo, complexificar os conceitos *interdisciplinares* cotidianos nas interações típicas à sala de aula. Se as realidades dos estudantes, seus conhecimentos e vivências forem considerados ponto de partida, o ensino de Biologia fará sentido para ele e a compreensão dos processos e fenômenos biológicos será possível e efetiva, contribuindo no desenvolvimento das potencialidades humanas.

Na perspectiva assumida por Young (2007), afirma-se que o que importa nas discussões sobre currículo é saber se o conhecimento disponibilizado na escola é “conhecimento poderoso”, ou seja, um conhecimento que permite que os alunos compreendam o mundo em que vivem:

As escolas devem perguntar: “Este currículo é um meio para que os alunos possam adquirir conhecimento poderoso?”. Para crianças de lares desfavorecidos, a participação ativa na escola pode ser a única oportunidade de adquirirem conhecimento poderoso e serem capazes de caminhar, ao menos intelectualmente, para além de suas circunstâncias locais e particulares. Não há nenhuma utilidade para os alunos em se construir um currículo em torno da sua experiência, para que este currículo possa ser validado e, como resultado, deixá-los sempre na mesma condição (p. 1.297).

Sua preocupação passa ser a de firmar uma posição contrária à defesa de um currículo por resultados, instrumental e imediatista, ressaltando a necessidade de garantir acesso ao conhecimento, em especial para grupos sociais desfavorecidos; defende que a escola não se afaste de sua tarefa específica, disponibilizando o conhecimento especializado, que não se acessa na vida cotidiana e que pode oferecer generalizações e base para se fazer julgamentos, fornecendo parâmetros de compreensão de mundo. Entende-se que, para o desenvolvimento dessa compreensão de mundo, é importante dispor de conhecimentos e formas de pensamento que permitam problematizar a prática social e os conhecimentos cotidianos, com base nos conhecimentos especializados (GALIAN; LOUZANO, 2014).

Os conhecimentos cotidianos fazem parte da cultura e são construídos pelos homens, que o transmitem de geração em geração, sendo a escola um dos canais institucionais dessa transmissão. O papel da escola é preponderante na constituição desse conhecimento, pois, por interações contínuas, elabora um *habitus* comum a todos os indivíduos. O conhecimento escolar, ao mesmo tempo, nega e afirma o conhecimento cotidiano, trabalha contra ele e é sua própria constituição.

[...] a problemática entre conhecimento cotidiano, conhecimento científico e conhecimento escolar se estrutura. Segundo os princípios que defendo, um dos obstáculos a ser suplantado pelo conhecimento científico em seu processo de desenvolvimento e construção é o conhecimento cotidiano. Conhecemos sempre contra um conhecimento anterior, contra nossas primeiras impressões, suplantando o empirismo do conhecimento cotidiano e familiar. Portanto, a fim de discutirmos o processo de constituição do conhecimento escolar, é importante compreendermos a organização do conhecimento cotidiano, contra o qual se organiza o conhecimento científico (LOPES, 1999, p. 138).

A cotidianidade é própria da existência humana. Ela se diferencia conforme os modos de existência humana. A relação com o conhecimento cotidiano e com a própria cotidianidade é diretamente determinada pelas relações sociais a que somos submetidos. A inovação e a tecnologia, contudo, estão cada vez mais presentes no cotidiano humano, porém nem sempre existem conhecimentos capazes de perceber e manipular os objetos ou serviços oriundos desse progresso tecnológico veloz.

Nesse sentido é que mais se expressa a contradição que envolve o conhecimento escolar: ter por objetivo a socialização do conhecimento científico, necessária à ampliação cultural das massas, bem como a constituição do conhecimento cotidiano que, em uma sociedade de classes, priva as classes sociais exploradas de seu próprio saber; trata-se de um senso comum mínimo, ideologicamente constituído. Pode o conhecimento escolar superar essa contradição? Podemos trabalhar na escola visando à construção de um conhecimento que seja instrumento de libertação, resistência, capaz de organizar um conhecimento cotidiano mais amplo, que incorpora avanços da ciência sem vulgarizações, um conhecimento problematizador e crítico? Não estaremos com isso idealizando a função da escola em uma sociedade de classes? (LOPES, 1999, p. 155).

Para compreender as relações entre conhecimento escolar, cotidiano e científico, e a forma de superar suas contradições, é preciso pensar nos aspectos constitutivos do conhecimento escolar em suas configurações cognitivas próprias (LOPES, 1999). Entre conhecimentos cotidianos e científicos há “uma ruptura nítida” que se caracteriza pela necessidade de não extrapolar os limites de ambas as esferas, ou seja,

Ambos, conhecimento científico e conhecimento cotidiano, são históricos, sofrem interações mútuas, mas interpretar a ciência com os pressupostos da vida cotidiana é incorrer em erros, assim como é impossível, em cada ação cotidiana, tomarmos decisões científicas, ao invés de decidirmos com base na espontaneidade e no pragmatismo (p. 158).

Diante do exposto, não se pode deixar de discutir o que é fundamental ser ensinado na escola, uma vez que seu papel principal é de socializar saberes. Também não se pode deixar de discutir a importância de combater tendências que negam a admitir alguns saberes como mais fundamentais do que outros, em virtude do desenvolvimento histórico do conhecimento e em razão do modelo de sociedade desejada (LOPES, 1999).

Em síntese, no processo de análise das disciplinas escolares considero necessária a articulação macro/micro, efetivada a partir da articulação de análises sociológicas (sócio-históricas) e filosóficas. Entretanto, concebo que a perspectiva histórica, seja no que se refere ao contexto social, político e econômico, seja no que se refere à

historicidade do conhecimento, deve ser a base de nossas análises. Sobretudo para que o conhecimento escolar possa ter por perspectiva o questionamento da racionalidade vigente (p. 227).

Nessa perspectiva, é importante compreender a transformação do conhecimento científico em conhecimento escolar em um contexto das inter-relações entre diferentes saberes sociais, epistemológicos e históricos acerca dos conhecimentos escolares. Sendo assim, é mais conveniente pensar em tensões permanentes de disciplinaridade-interdisciplinaridade e pluridisciplinaridade, capazes de gestar o conhecimento escolar.

A sociedade não será modificada a partir da escola ou de mudanças curriculares, mas isso não diminui nossa tarefa de tornar o ensino cada vez mais efetivo, de tornar a escola capaz de superar a contradição em que se insere em nossa sociedade de classes: socializar o conhecimento científico e formar o conhecimento cotidiano. Concluo que a superação dessa contradição, presente no conhecimento escolar, não é um processo definitivo a se estabelecer de imediato. O conhecimento escolar também é histórico, está em constante devir. Postular-lhe um imobilismo, uma obrigatória e exclusiva função reprodutora, conformista e dogmática, é negar-lhe esse caráter histórico (LOPES, 1999, p. 234).

O exemplo do conceito “energia” como objeto de estudo, neste trabalho, é permitir que as concepções do conhecimento científico, cotidiano e escolar, sejam utilizadas para além do contexto escolar. Considera-se a potencialidade de contribuir no avanço dos entendimentos sobre as abordagens do referido conceito nos LDBEMs, carentes de mediações de linguagens específicas que, muitas vezes, não fazem parte do ensino aos estudantes ou de reflexões desenvolvidas junto a formação docente. Um pouco da amplitude/complexidade da “energia” é apresentada no tópico a seguir.

1.3 O conceito energia

Se tivéssemos de citar um único conceito como o mais importante para toda a Ciência de um modo geral, este seria, sem dúvida, o conceito de “energia” (MOREIRA, 1998). Ao longo da história da Ciência, a noção de “energia” levou centenas de anos para se desenvolver e se estabelecer (JACQUES, 2008). No que diz respeito à própria evolução histórica do universo, pode-se afirmar que “energia” é algo que sempre esteve presente em todos os fenômenos naturais, os quais possibilitaram a organização do ambiente e a evolução da vida. De acordo com Auth (2000), contudo,

somente foi reconhecido pela comunidade científica, na sua formulação atual, a partir de meados do século XIX. Energia 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 (a distância) e a posições (p. 69).

Mesmo após esse percurso histórico de desenvolvimento, com as implicações de sua inserção nos currículos da educação básica e superior, o ensino do conceito carece ser mais bem compreendido no que se refere ao seu próprio significado conceitual bem como à dialeticidade das relações envolvidas na construção do conhecimento escolar, mediante formas de articulação entre conhecimentos científicos e cotidianos. Isso, considerando-se os diversos níveis da escolarização, desde a Educação Infantil e ao longo de todo o Ensino Fundamental, quando são desenvolvidos os primeiros conhecimentos escolares relativos às relações entre fatores bióticos e abióticos que mantêm as condições e a dinâmica dos processos biogeoquímicos no Planeta, com seus permanentes ciclos e fluxos de transformação, envolvendo a matéria/energia.

É uma noção cuja compreensão abrange uma complexidade de entendimentos, nem sempre reconhecida como inerente ao ensino de CNT, com decorrências que podem ser remetidas a especificidades de sentido e significados conceituais produzidos, validados e usados no âmbito de cada uma das comunidades científicas da área. Assim, uma diversidade de entendimentos relativos ao conceito “energia” como as referidas por Moreira (1998), complexifica a compreensão conceitual do mesmo em sentido mais amplo.

Para assegurar a coerência com os princípios e leis aceitos no âmbito da Ciência, o conhecimento escolar sobre “energia” necessita priorizar entendimentos configurados a partir da visão, primeiramente, de que existe uma diversidade de formas de “energia” (trabalho, energia elétrica, luminosa, gravitacional, eólica, hidroelétrica, magnética, térmica, mecânica e outras). Entendimentos, também, a partir da visão de que as diferentes formas de “energia” podem transformar-se, interconvertendo-se umas nas outras. Ainda, a visão de que, ao mesmo tempo em que elas se transformam, há conservação da “energia total” do sistema (considerando-o um sistema isolado). Ou seja, a “energia” sempre se conserva. Nesse sentido, manifestam-se Anacleto e Ferreira (2008):

o calor e o trabalho são, respectivamente, manifestações de movimento caótico e organizado das partículas na vizinhança, pelo que uma alteração na vizinhança resultante da sua permuta com o sistema poderá ter como consequência uma alteração dos valores do calor e do trabalho, mantendo-se contudo invariante a sua soma (p. 1.882).

Ainda sobre o calor, Moreira (1998, p. 5) destaca que: “calor é energia em trânsito entre um sistema e sua vizinhança devido exclusivamente a uma diferença de temperaturas entre os dois. Uma substância não contém calor, ela contém energia interna”. Este autor, ainda, chama a atenção para fatores importantes nas transformações ou qualquer outro processo físico:

a quantidade total de energia permanece constante. A energia se conserva em qualquer processo físico e precisamente aí reside a importância do conceito de energia, ou seja, no fato de que as “várias formas de energia” existentes dentro de um sistema isolado podem ser transformadas umas nas outras sem perda (ou ganho) de energia total. O princípio de conservação da energia é extremamente abrangente; não há exceções: em qualquer processo físico a energia total sempre se conserva. Na verdade, pelo menos até o momento, a confiança destes cientistas neste princípio é tão grande que quando, em um certo processo, é observada uma diferença no balanço de energia (i.e., a energia total antes e depois de alguma transformação ocorrida no sistema não é a mesma) supõe-se a existência de uma nova forma de energia que compense a diferença observada (p. 3).

Diante das expressões simplistas e equivocadas presentes em vários LDBEMs, resultando em compreensões incoerentes com formas científicas adequadas de explicação, cabe considerar que não podemos mais voltar a definições arcaicas dos conceitos, uma vez que estudos sobre a natureza do calor sempre estiveram em foco para os químicos e físicos dos séculos 18 e 19. Lavoisier apoiava a chamada “hipótese calórica”, segundo a qual o calor se devia à transmissão de um fluido calórico dos corpos mais quentes para os mais frios. Nesse sentido, essa forma ultrapassada e descontextualizada de abordar conceitos pode incorrer em assimilações em que os estudantes possam imaginar uma situação em que exista uma “energia” retida em um material, a qual depende de alguma reação para ser liberada. Segundo Moreira (1998):

essas dificuldades crescentes enfrentadas pela teoria do calórico foram contornadas com a introdução do conceito de **energia interna** e com o conceito de calor como um fluxo de energia entre o sistema e sua vizinhança. (...) **Ao conjunto das energias de movimento e de interação das partículas de um corpo dá-se o nome de energia interna do corpo** (grifos do autor, p. 4).

As três formas básicas de “energia” cinética, potencial e massa, estão associadas à interação e ao movimento interno dos átomos e moléculas do corpo ou sistema. Macroscopicamente esta “energia” pode se manifestar pelo que se convencionou chamar de temperatura do corpo. Nesse caso, não se refere a corpos de seres vivos, mas qualquer corpo, objeto ou material. Então, uma variação na energia cinética média dos átomos e moléculas de um corpo implica variação de “energia” interna. Poder-se-ia pensar que uma variação de “energia” interna sempre se manifesta por meio de uma variação de temperatura (MOREIRA, 1998).

Os conceitos dentro da área de CNT evoluem. O próprio conceito de “energia” é o mais importante da área de CNT, e foi

inicialmente empregado de forma bastante restrita, principalmente em termos de energia mecânica. Aos poucos foi se tornando um conceito cada vez mais abrangente, incluindo “energia química”, “energia elétrica”, “energia magnética”, “energia nuclear” e muitas outras “formas de energia”. É hoje um conceito tão importante na Física que não seria exagero dizer que Física é um estudo da energia (MOREIRA, 1998, p. 5).

Até agora, apesar de se relatar muito do conceito de “energia”, não é possível chegar a uma definição. Pode-se definir os conceitos operacionalmente. Por exemplo: da temperatura como aquilo que o termômetro mede, ou carga elétrica como aquilo que aparece em um bastão de vidro atritado com pele. Tais definições podem ajudar na aquisição do conceito, porém, no fundo, conceitos como esses são, de fato, adquiridos mediante sucessivos contatos com exemplos e relações com outros conceitos já conhecidos. No caso específico do conceito de energia, uma definição operacional como a de que “energia é a capacidade de produzir trabalho”, embora fisicamente incorreto, pode ajudar na compreensão deste conceito, mas ele não terá sido de fato, adquirido enquanto o indivíduo não for capaz de entendê-lo como “alguma coisa” que permanece constante em qualquer processo físico (MOREIRA, 1998). Ou seja, é necessário ter a capacidade de fazer abstrações no sentido de que “aconteça o que acontecer” em um determinado processo físico, sabe-se que existe algo que permanecerá constante e que poderá ser chamado de “energia”. Ainda referendando Moreira:

trata-se, sem dúvida, de uma ideia extremamente abstrata, pois, a rigor, o princípio de conservação de energia é um princípio matemático que diz que existe uma quantidade numérica que não varia quando alguma coisa acontece na natureza. É uma ideia abstrata que não nos diz o que é energia, mas apenas que ela é alguma coisa que permanece constante. Apesar disso, ou justamente por isso, é o princípio mais útil em toda a ciência ou, em outras palavras, uma lei que governa todos os fenômenos da natureza até agora conhecidos (1998, p. 6).

Assim como a importância do conceito de “energia” está no fato de que a conservação da “energia” é uma lei que governa todos os fenômenos de natureza, e que carece em contexto escolar ou universitário, de avanços nas compreensões e explicações que levem em conta novos conhecimentos, versatilidade e complexidade do conceito, discute-se o papel da escola e do professor na promoção do desenvolvimento humano, concebendo os estudantes como sujeitos com vivências, experiências, com potencialidades diversas para pensar e expressar conhecimentos acerca de objetos complexos cuja compreensão requer inter-relações de significados conceituais, como é o caso dos estudos sobre a “energia”.

Apostando nessa perspectiva, traz-se breve discussão de algumas concepções de autores como Vigotski e Bachelard, para auxiliar na ampliação das compreensões das abordagens relativas ao conceito tanto nos LDBEMs quanto nas concepções dos professores e como estas repercutem na aprendizagem dos estudantes, que também elaboram suas próprias compreensões.

1.4 Ensino e aprendizagem de “energia”: contribuições de Vigotski e Bachelard para a análise e compreensão do processo

No âmbito desta pesquisa, compreender processos de ensino e aprendizagem em CNT implica valorizá-los como focos significativos da constituição e do desenvolvimento dos sujeitos neles envolvidos. Um grande passo na compreensão de como é constituída a singularidade humana, postulado por Lev Semenovich Vigotski (1869-1934), refere-se às interações do sujeito no mundo, a partir da mediação simbólica de instrumentos e signos. Tal mediação simbólica permite o estabelecimento das relações do homem no meio. Por ser um sujeito interacionista, como tal se constitui. Góes (2000, p. 12) observa que, “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”.

Parte-se do pressuposto de que a constituição do ser humano ocorre nas interações com o outro e nos meios em que ele vive e atua. Cada sujeito, historicamente constituído, é portador das marcas culturais tipicamente humanas (filogênese), ainda que cada sujeito seja impregnado de especificidades culturais próprias ao seu contexto social de desenvolvimento. Essa visão remete à ideia de que cada sujeito conta com interações, por um lado, próprias à espécie humana e, por outro, inerentes ao seu contexto individual de desenvolvimento e constituição (ontogênese). Isso, não como simples “troca de saberes”, nem como uma internalização determinada unicamente pelos fatores externos ao indivíduo, mas, sim, como processos sociointeracionistas dialéticos, tal como refere Vigotski (2001).

Considerando as distintas linguagens e formas de pensamento, que coparticipam na construção do conhecimento escolar, é importante prestar atenção aos signos e significados mediados em salas de aula. Os signos são instrumentos para os quais é necessária a produção de sentidos, em contextos diversos, de forma dinamicamente inter-relacionada, em busca de coerência com os significados aceitos nos contextos culturais da Ciência e da escola.

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 do contexto escolar somente 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, em que a criança opera com os conceitos cotidianos, como explica Vigotski (2001, p. 348): “no pensamento infantil, não se separa os conceitos adquiridos na escola dos conceitos adquiridos em casa”. A participação de relações concretas nos processos de aprendizagem possibilita o desenvolvimento do pensamento verbal, o qual se constitui em uma forma histórico-social de comportamento, ou seja, não inata nem natural, atingida progressivamente pela criança. Nesse ínterim, “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, 2001, 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 nela envolvidos. Isto pode ajudar a compreender as razões do “fracasso” do desempenho escolar de estudantes: professores que desconhecem ou que são desatentos à perspectiva histórico-cultural enganam-se ao pensar que o estudante está entendendo suas intervenções, muitas vezes limitadas às abordagens dos LDs, sem estabelecer relações com conhecimentos produzidos nos contextos cotidianos em que os sujeitos estão inseridos. Por exemplo, no caso do complexo conceito “energia”, ainda que os estudantes usem palavras típicas ao contexto escolar, como as expressões “captada”, “armazenada”, “transformada”, “energia de ativação”, isso não significa que os mesmos, necessariamente, tenham produzido significados conceituais escolares de forma adequada. Conforme Vigotski (2001):

Não menos que a investigação teórica, a experiência pedagógica nos ensina que o ensino direto de conceitos sempre se mostra impossível e pedagogicamente estéril. O professor que envereda por esse caminho costuma não conseguir senão uma assimilação vazia de palavras, um verbalismo puro e simples que estimula e imita a existência dos respectivos conceitos na criança, mas, na prática, esconde o vazio. Em tais casos, a criança não assimila o conceito, mas a palavra, capta mais de memória que de pensamento e sente-se impotente diante de qualquer tentativa de emprego consciente do conhecimento assimilado. No fundo, esse método de ensino de conceitos é a falha principal do rejeitado método puramente escolástico de ensino, que substitui a apreensão do conhecimento vivo pela apreensão de esquemas verbais mortos e vazios (p. 247).

Nesse sentido, cabe aos professores utilizar e fazer com que os estudantes usem palavras (signos, linguagens, simbologias, representações) adequadas à expressão do pensamento típico à forma escolar de conhecimento, que se diferencia dos conhecimentos cotidianos. Para isso, é imprescindível o controle dos processos de produção de sentido aos significados conceituais, por meio de mediações específicas, por parte do professor. É importante levar em conta o entendimento de que não há transformação, em aulas de CNT,

dos sistemas de conceitos típicos ao cotidiano escolar, mas, sim, uma influência recíproca entre ambos, que permite a evolução do conhecimento ao longo de vivências educativas diferenciadas.

Para isto, é essencial o acesso do adolescente a outras formas de linguagem e pensamento, mediante signos e significados próprios aos conhecimentos escolares, que incluem relações entre sentidos atribuídos aos conceitos em contextos socioculturais diversificados, incluindo relações com os significados típicos a cada Ciência ensinada e aprendida nas salas de aula. Reafirma-se, aqui, o entendimento de que, em cada contexto de ensino e aprendizagem, são produzidos significados aos conceitos com os quais operam os sujeitos interlocutores envolvidos (professores e estudantes), referentes aos significados estabilizados e aceitos no âmbito de uma Ciência.

Nesta perspectiva, a tomada de consciência “se realiza através da formação de um sistema de conceitos, baseado em determinadas relações recíprocas de generalidade, e que tal tomada de consciência dos conceitos os torna arbitrários” (VIGOTSKI, 2001, p. 295). O sentido está sempre amarrado ao contexto no qual o conceito é produzido. Segundo Vigotski (2001), 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, novos estágios de significação.

Tanto em sala de aula quanto no acompanhamento de processos de formação, percebe-se a importância de compreender as formas como os estudantes podem alcançar níveis de significação conceituais mais elevados, considerando a influência de graus de assimetria das interações nestes processos. Sujeitos que interagem orientados para uma linha de entendimento do objeto de conhecimento, abordado sob pontos de vista diversos, têm mais possibilidades de avançar nas compreensões conceituais, na medida em que participam ativamente na verbalização, na escrita e na reconstrução de saberes.

Neste sentido, a atenção desta Tese está direcionada para as aprendizagens e compreensões construídas a partir de interações de professores, estudantes e os LDBEMs. Interações em que nem sempre são inseridas abordagens, compreensões e reflexões relativas aos processos de produção dos conhecimentos escolares, a exemplo de entendimentos relativos a significação do conceito “energia” em níveis progressivamente mais elevados ao longo da escolarização. De alguma maneira, cada estudante contou, ao ingressar na escola, em

diferentes níveis/séries, com processos de conhecimento produzidos em suas vivências escolares relativas ao conceito “energia”. A produção de novo sentido e novos significados conceituais é propiciada em salas de aula, no nível Fundamental, Médio ou Superior. Nem sempre, no entanto, há visibilidade dos possíveis ou prováveis processos de significação conceitual, nem mesmo dentro de uma mesma série ou de um mesmo campo científico em uma mesma turma/escola.

O referencial histórico-cultural ajuda a entender a participação fundamental do “outro” e o papel da linguagem na mediação para desencadear os processos de significação dos conceitos na aprendizagem escolar, a qual supõe, por natureza, graus mais elevados de abstração e generalização, o que a diferencia das aprendizagens típicas das vivências escolares. Ajuda, também, a compreender que os processos de aprendizagem antecedem e fazem avançar o desenvolvimento humano, incluindo a inteligência. É a aprendizagem que potencializa o desenvolvimento da inteligência em suas múltiplas dimensões e, por outro lado, o desenvolvimento da mesma proporciona mais aprendizagens.

Nestes processos, com apoio do referencial histórico-cultural, a linguagem tem um papel constitutivo do pensamento e da mente humana. Para Vigotski (2001), o ponto de partida no processo de aprendizagem é a palavra, que, desde o início, é uma generalização ou um conceito. A palavra é tratada como signo e é central na abordagem vigotskiana. Assim, o seu interesse volta-se para os conceitos que permitem entender a vivência das pessoas e a gênese de funções mentais (GHELEN et al., 2008).

Cabe aos professores, ainda, utilizar e fazer com que os estudantes empreguem linguagens adequadas à expressão do pensamento típico à forma escolar de conhecimento, que se diferencia dos conhecimentos cotidianos. Para isso, é imprescindível o controle dos processos de produção de significados conceituais por meio de mediações específicas por parte do professor. A abordagem histórico-cultural orienta para a necessidade de “ferramentas, meios auxiliares” para o desenvolvimento de tarefas psicológicas dos estudantes. Nessa perspectiva, pretende-se analisar o LDBEM como uma ferramenta mediadora para o acesso ao conhecimento escolar e o desenvolvimento das capacidades mentais.

Preocupações como estas orientaram a pesquisa desenvolvida no Mestrado e agora, no Doutorado. Propôs-se aprofundar análises e compreensões relativas às abordagens de “energia” em LDBEM, e buscou-se nos pressupostos bachelardianos subsídios para enriquecer a investigação.

Interessante notar que Bachelard (1996) trabalha com a questão dos obstáculos. Para Bachelard, as ideias anteriores podem constituir-se em obstáculos e fontes de erro.

Bachelard (1996) parte da concepção de que conhecemos *contra* um conhecimento anterior, destruindo conhecimentos malfeitos, superando-se o que, no próprio espírito, cria obstáculo à espiritualização. A ciência, em sua necessidade de acabamento como em seu princípio, opõe-se de modo absoluto à opinião que traduz necessidades em conhecimentos. Assim, determina os objetos pela sua utilidade e impede de conhecê-los. A opinião é o primeiro obstáculo a superar. O espírito científico impede-nos de ter uma opinião sobre questões que não compreendemos, sobre questões que não sabemos formular claramente. Antes de tudo é preciso saber formular problemas. “Para um espírito científico, todo conhecimento é resposta a uma questão. Se não houve questão, não pode haver conhecimento científico. Nada ocorre por si mesmo. Nada é dado. Tudo é construído” (BACHELARD, 1974, p. 148).

Esta é uma das razões porque é importante o referencial bachelardiano e a análise das abordagens de “energia” nos LDBEMs, pois estes não precisam ter seus conhecimentos como verdades; eles podem ser um subsídio para que os estudantes ampliem/construam seus conhecimentos, elaborando questões sobre o conhecimento posto. Assim, os professores de CNT podem avançar nas crenças de que a formação do espírito científico dos estudantes começa como uma lição, que se pode refazer sempre como uma demonstração, repetindo-a ponto por ponto. Não é prática comum dos professores refletirem sobre o fato de que o adolescente chega à aula com conhecimentos já constituídos; trata-se, então, não de adquirir uma cultura experimental, mas de mudar de cultura experimental, de inverter os obstáculos já antepostos pela vida cotidiana. Nessa perspectiva, o desafio é por uma cultura científica em estado de mobilização permanente, com conhecimentos abertos, dinâmicos e dialéticos. “O espírito científico deve formar-se reformando-se” (BACHELARD, 1974).

A crítica recai sobre os LDs, que, como mencionados anteriormente, apresentam algumas modificações, basicamente restritas à qualidade de papel e ilustração. Poucos avançaram em relação a conteúdos. A ciência apresentada pelos LDs muitas vezes

desconsidera o senso comum, o conhecimento prévio e pode comprometer a discussão entre professores e estudantes ao trazer conceitos por vezes simplificados demais ou complexos demais, sem sequer apontar para a necessidade de inter-relações na área ou considerar aspectos históricos desse conhecimento. Assim, Bachelard (1996) alerta para a necessidade educativa de formular uma história recorrente, uma história que descubra pela finalidade e certezas do presente, no passado, as formações progressivas da verdade. Nos LDs, isso pode ser remetido a coleções que já avançaram nos processos, a exemplo da abordagem temática dos conteúdos com ênfase na Ciência Tecnologia e Sociedade e processos de pesquisa, já encontradas em coleções como a *Construindo Consciência do Ensino Fundamental e Química no Cotidiano do EM*.

Especificamente como instrumento teórico na análise dos LDBEMs será utilizada a categoria bachelardiana de *obstáculos epistemológicos*. Tais obstáculos são entendidos como os entraves inerentes ao próprio conhecimento científico, que bloqueiam seu desenvolvimento e construção.

Com base nas obras de Bachelard (1974, 1996), apresenta-se breve síntese de quatro tipos de obstáculos epistemológicos, que podem estar presentes nos LDBEMs da pesquisa:

• **Obstáculos animistas**

O animismo caracteriza-se pelo privilégio concedido ao corpo humano e aos fenômenos vitais, conferindo-lhes um valor superior na hierarquia fenomenológica, fazendo a vida transcender ao domínio próprio do antropocentrismo. Conforme Bachelard (1996),

um obstáculo muito especial que podemos delimitar com precisão e que, por isso, oferece um exemplo tão nítido quanto possível da noção de obstáculo epistemológico. [...]: o obstáculo animista nas ciências físicas. Ele foi quase totalmente superado pela física do século XIX; mas, como foi muito visível nos séculos XVII e XVIII, a ponto de, a nosso ver, constituir um dos traços distintivos do espírito pré-científico (p. 27).

• **Obstáculos realistas**

A ciência, em sua busca de conhecimento, precisa ir além do real. Os obstáculos realistas configuram-se quando propõe a investigação científica dentro do concreto sem evoluir para o abstrato, a exemplo das práticas experimentais realizadas pelos cientistas. O realismo tende a superpor metáforas quando diante do conhecimento abstrato. Algumas das metáforas animistas possuem características realistas.

- **Obstáculos substancialistas**

Existe uma tendência natural a considerar que as características estão vinculadas às substâncias somente e não à interação entre estas.

O obstáculo verbal nos levará ao exame de um dos mais difíceis obstáculos a superar, porque apoiado numa filosofia fácil. Referimo-nos ao substancialismo, à explicação monótona das propriedades pela substância. Teremos então de mostrar que, para o físico, e sem prejudicar seu valor para o filósofo, o realismo é uma metafísica infecunda, já que susta a investigação, em vez de provocá-la (Bachelard, 1996, p. 27).

Acredita-se que o referencial exposto contribui para compreensões e aprofundamentos quanto às preocupações que orientaram o desenvolvimento da pesquisa acerca das abordagens de “energia” e os contextos de ensino e de aprendizagem desse conceito em CNT.

É nesse âmbito de preocupação e reflexão que se apoia o trabalho, cujo Capítulo a seguir apresenta o percurso metodológico desenvolvido: na análise dos aspectos relativos ao conceito “energia” nos LDBEMs, nas concepções dos professores de Biologia e na repercussão dessas abordagens/concepções no processo de ensino e aprendizagem dos estudantes do EM. Isso, na busca de respostas à questão de pesquisa: Que evidências de aprendizagem do conceito “energia do metabolismo celular” podem ser identificadas no ensino de Biologia no EM a partir da interação professor e aluno mediada pelo LD?

2 O PERCURSO METODOLÓGICO

Neste capítulo retoma-se a presença constante do conceito de “energia” na caminhada da pesquisadora, nas dificuldades apresentadas nas abordagens dos LDBEMs, e na compreensão deste conceito por parte de professores e estudantes, dada a sua complexidade, necessidade de níveis elevados de abstração, interdisciplinaridade, contextualizações, entre outras. Na busca de respostas à questão de pesquisa, apresenta-se o percurso metodológico adotado para alcançar os seus três âmbitos: LDBEM, PEMB e EEEM. Descreve-se a organização metodológica da pesquisa, incluindo os procedimentos adotados durante os registros e os processos de construção dos resultados da investigação a exemplo da opção pelo estudo de caso (LÜDKE; ANDRÉ, 1986), da ATD (MORAES; GALIAZZI, 2007) para analisar excertos e imagens dos LDBEMs, entrevistas com os PEMBs e esquemas construídos pelos EEEMs.

Atualmente, a pesquisa é uma questão importante no contexto educacional para a ampliação das compreensões do ensino e da formação científica. De acordo com Lüdke e André, “a pesquisa aparece na literatura internacional recente e em algumas propostas de inovação curricular como uma prática fundamental no desenvolvimento profissional do professor, bem como, no desenvolvimento curricular” (1986, p. 31).

A metodologia proposta neste trabalho é de natureza essencialmente qualitativa, a partir de um estudo de caso que, segundo Lüdke e André (1986), se caracteriza pela coleta de dados em um processo que envolve:

o contato direto do pesquisador com o ambiente e a situação que está sendo investigada mediante trabalho de campo. De frente à questão em estudo, o pesquisador presenciará situações em que ela se manifeste, diante de um contato direto com o contexto empírico, na condição de “observador” e, por outro lado, de “participante” das mesmas interações investigadas (LÜDKE; ANDRÉ, 1986, p. 18).

O estudo de caso tem um campo de trabalho específico, sempre bem-delimitado e de contornos claramente definidos. O caso destaca-se por constituir uma unidade dentro de um sistema mais amplo, cujas características seriam: a busca de respostas pelo pesquisador a partir de alguns pressupostos teóricos iniciais; a ênfase na interpretação em contexto; o retrato da realidade de forma completa e profunda; uma variedade de fontes de informação; o relato de suas experiências durante o estudo de modo que o leitor possa fazer generalizações; a representação de diferentes pontos de vista presentes em uma situação; a linguagem utilizada no relato do estudo é mais acessível do que outros (LÜDKE; ANDRÉ, 1986).

Esta pesquisa foi constituída em quatro etapas, descritas a seguir.

2.1 Etapas da Pesquisa

Este estudo de caso (LÜDKE; ANDRÉ, 1986) foi realizado em quatro etapas: I) análise documental de abordagens de “energia” em LDBEMs, para a 1ª série do EM (volumes que abordam a “energética celular”), aprovados e sugeridos pelo Guia de LD PNLD 2012 (BRASIL, 2011); II) entrevista semiestruturada com PEMBs; III) aplicação de questionário elaborado com a estrutura da Escala de Likert (LIKERT, 1932) aos estudantes; e IV) elaboração de esquema-síntese pelos estudantes da 2ª série do EM, alunos dos PEMBs envolvidos na pesquisa que já estudaram conteúdos da “energética celular”. Esta opção por alunos da 2ª série ocorreu por ocasião da aplicação dos dois primeiros questionários pilotos (EEEM1, EEEM2). Os alunos da 1ª série do EM ainda não tinham estudado os conteúdos vinculados à “energética celular”; por isso, os demais questionários com as turmas de estudantes (EEEM3, EEEM4, EEEM5) também foram desenvolvidos na 2ª série do EM para verificar as aprendizagens significadas.

2.1.1 Documentos: Livros Didáticos de Biologia

O entendimento de “energia” não é algo simples nem consensual, por isso observaram-se as descrições relativas ao “metabolismo energético celular” em oito coleções de LDBEM do Guia do PNLD/2012 (BRASIL, 2011) para a 1ª série do EM. O ensino básico brasileiro está dividido em três níveis: Educação Infantil, Ensino Fundamental (nove anos de escolarização, divididos em cinco anos iniciais e quatro anos finais) e o Ensino Médio, que compreende três anos. Os LDs analisados referem-se a 1ª série do EM, em que o tema

pesquisado é abordado. Estes LDs formaram o conjunto de documentos utilizados e analisados na pesquisa – *Corpus* de Análise. Estes livros de Biologia foram identificados como LDBEM1, LDBEM2, LDBEM3, e assim, sucessivamente, até a oitava coleção. Somente na sexta coleção foram analisados os volumes 1 e 3, porque ambos abordam o “metabolismo energético”; assim, o LDBEM6 ficou representado por LDBEM6.1 e 6.3, respectivamente. Ao longo do texto, no entanto, são feitas referências aos diferentes volumes das coleções analisadas, uma vez que os estudantes mencionaram os mesmos na sondagem sobre o uso dos LDBEMs. Assim, LDBEM1 refere-se ao volume 1, LDBEM1.2 ao volume 2 e LDBEM1.3 ao volume 3 e, assim, sucessivamente nas coleções de LDBEM2, LDBEM3. Apresenta-se, na Tabela 1, o *Corpus* da Pesquisa, com breve caracterização dos LDBEMs analisados.

Tabela 1 – *Corpus* da Pesquisa e descrição dos LDBEMs analisados

Livros Didáticos de Biologia do Ensino Médio aprovados pelo PNLD 2012 (BRASIL, 2011)	Breve descrição da organização dos LDBEMs analisados
<p>LDBEM1: MARTHO, G. R.; AMABIS, J. M. Biologia: Biologia das células. São Paulo: Editora Moderna, 2010. Volume 1.</p> <p>Capítulo 9: Metabolismo Energético, p. 192-216.</p>	<p>Unidade A – A natureza da vida: Biologia: ciência e vida; Origem da vida na Terra; Bases moleculares da vida. Unidade B – Organização e processos celulares: A descoberta da célula viva; Fronteiras da célula; Citoplasma e organelas citoplasmáticas; Núcleo e cromossomos; Divisão celular: mitose e meiose. Unidade C – O metabolismo celular: Metabolismo energético; O controle gênico das atividades celulares. Unidade D – A diversidade celular dos animais: Tecidos epiteliais e tecidos conjuntivos; Tecido sanguíneo; Tecidos musculares e tecido nervoso. Unidade E – Reprodução e desenvolvimento: Reprodução humana; Noções de embriologia animal; Desenvolvimento embrionário de mamíferos.</p>
<p>LDBEM2: SANTOS, F. S. dos et al. Ser protagonista. Biologia 1º ano – Ensino Médio. Rio de Janeiro: Edições SM, 2010. 368p.</p> <p>Capítulo 7: Metabolismo energético, p. 122-142.</p>	<p>Unidade I – Introdução à Biologia: O que é Biologia? As bases vida; A origem da vida. Unidade II – Citologia: Introdução à citologia; Os limites da célula; O citoplasma; Metabolismo energético; Fotossíntese e quimiossíntese; O núcleo celular; Divisão celular; O controle celular. Unidade III – Biologia do desenvolvimento: Reprodução dos seres vivos; Desenvolvimento embrionário; Desenvolvimento embrionário dos mamíferos. Unidade IV – Histologia animal: Pluricelularidade e tecido epitelial; Tecido conjuntivo; Tecido muscular; Tecido nervoso.</p>

<p>LDBEM3: BIZZO, N. Novas bases da Biologia – das moléculas às populações. São Paulo: Editora Ática, 2010. 400p. Volume único.</p> <p>Capítulo7: Atividade Celular, p. 182-221.</p>	<p>Unidade I – O estudo da vida; Biologia – A ciência da vida; A origem da vida; Unidade II – As bases da vida: A organização básica da vida; A bioquímica da vida; Ácidos nucleicos; Unidade III – Contexto microscópico da vida: A célula viva; Atividade celular; Unidade IV – O organismo vivo: Biologia tecidual e gametogênese; Fecundação e embriologia animal; Unidade V – Reprodução e populações: Reprodução humana e sexualidade; Populações humanas e qualidade de vida.</p>
<p>LDBEM4: GEWANDSNAJDER, F.; LINHARES, S. de V. Biologia hoje. São Paulo: Editora Ática: 2010. Vol. 1.</p> <p>Capítulo 10: Respiração celular e fermentação, p. 144-156.</p>	<p>Unidade I – Uma visão geral da Biologia: O fenômeno da vida; Como o cientista estuda a natureza. Unidade II – Citologia: A água e os sais minerais; Glicídios e lipídios; Proteínas; Vitaminas; Uma visão geral da célula; Membrana plasmática; Citoplasma; Respiração celular e fermentação; Fotossíntese e quimiossíntese; Núcleo, cromossomos e clonagem; Ácidos nucleicos; Divisão celular; Alterações cromossômicas; Reprodução; Desenvolvimento embrionário dos animais. Unidade III – Histologia Animal: Tecido epitelial; Tecidos conjuntivos; Sangue, linfa e sistema imunitário; Tecido muscular; Tecido nervoso; Unidade IV – A origem da vida; Teorias sobre a origem da vida.</p>
<p>LDBEM5: MENDONÇA, V.; LAURENCE, J. Biologia para nova geração. São Paulo : Editora Nova Geração: 2010. Vol. 1.</p> <p>Capítulo 9: Metabolismo energético da célula, p. 192-212.</p>	<p>Unidade I – Introdução à Biologia e Princípios de Ecologia: vida e composição química dos seres vivos; Vida e energia; Ciclos da matéria, sucessão ecológica e desequilíbrios ambientais; Ecossistemas e populações; Relações entre seres vivos. Unidade II – Origem da vida e Biologia celular: Origem da Vida; Introdução à citologia e membranas celulares; Citoplasma e organelas; Metabolismo energético da célula; Núcleo e divisão celular. Unidade III – Embriologia e histologia animal: Embriologia animal; Histologia animal.</p>

<p>LDBEM6: SILVA JUNIOR, C. da. Biologia: volume 1. Org. César da Silva Júnior, Sezar Sasson e Nelson Caldini Júnior. 9. ed. São Paulo: Saraiva, 2011.</p> <p>Capítulo 15: Os seres vivos e a energia – fermentação, respiração e fotossíntese, p. 260-273.</p> <p>SILVA JUNIOR, C. da. Biologia: volume 3. Org. César da Silva Júnior, Sezar Sasson e Nelson Caldini Júnior. 9. ed. São Paulo: Saraiva, 2011.</p> <p>Cap. 2 e 3: O metabolismo energético – 1ª parte; O metabolismo energético – 2ª parte.</p>	<p>Unidade I – A identidade da vida: As características da vida; Os níveis de estudo da vida; As substâncias da vida: água, sais, açúcares e gorduras; As substâncias da vida: proteínas e ácidos nucleicos. Unidade II – Ecologia: a vida em um nível mais amplo: Conceitos fundamentais em ecologia; Energia e matéria nos ecossistemas; Populações e comunidades; As interações biológicas na comunidade; Os biomas do mundo e a fitogeografia do Brasil; O ser humano e seu impacto sobre o ambiente; Perspectivas para o futuro. Unidade III – Biologia celular: a vida no nível microscópico; A célula, unidade fundamental dos seres vivos; As membranas celulares e as trocas com o meio; O citoplasma – onde as reações acontecem; Os seres vivos e a energia – fermentação, respiração e fotossíntese; O núcleo celular; Divisão celular.</p> <p>Unidade I – Metabolismo celular: A atividade química da célula; O metabolismo energético – 1ª parte; O metabolismo energético – 2ª parte; Metabolismo de controle: o DNA, o RNA e a síntese de proteínas. Unidade II – Genética: Os trabalhos de Mendel: a primeira lei; A primeira lei de Mendel e a espécie humana; Genética e probabilidades; Os alelos múltiplos; Cromossomos sexuais e a herança de seus genes; A segunda lei de Mendel; A ligação gênica (linkage); Interação gênica; Anomalias genéticas na espécie humana; Biotecnologia. Unidade III – Evolução: Evolução - a vida em transformação; As teorias da evolução – Lamarck, Darwin e a seleção natural; As causas genéticas da variabilidade; A formação de novas espécies; A genética de populações; As origens da espécie humana. Unidade IV – Saúde humana: O parasitismo e os microrganismos parasitas do ser humano; Os vermes parasitas do ser humano; Outras doenças e acidentes causados por animais; Saúde e qualidade de vida.</p>
<p>LDBEM7: PEZZI; A. P.; GOWDAK, O. G.; MATTOS, N. S. de. Biologia. Volume 1: Citologia; Embriologia e Histologia – Ensino Médio. 1. ed. São Paulo: Editora FTD, 2010. 192p.</p> <p>Capítulo 5: Respiração celular e fermentação, p. 61-69.</p> <p>Capítulo 6: Fotossíntese e quimiossíntese, p. 70-78.</p>	<p>Unidade I – Biologia celular: A célula como componente estrutural; Aspectos físicos e químicos da célula; Envoltórios da célula; Citoplasma e organelas; Respiração celular e fermentação; Fotossíntese e quimiossíntese; Componentes do núcleo; Ácidos nucleicos e a biossíntese de proteínas; Divisão celular por mitose; Divisão celular por meiose; Biotecnologia. Unidade II – Perpetuação das espécies e embriogênese animal: Reprodução; Embriogênese animal. Unidade III – Histologia vegetal: Tecidos epiteliais; Tecidos conjuntivos; Tecidos conjuntivos especiais; Tecido muscular; Tecido nervoso.</p>

<p>LDBEM8: LOPES, Sônia. Biologia. Volume 1. Org. Sônia Lopes e Sergio Rosso. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2010.</p> <p>Capítulo 11: Metabolismo energético, p. 321-353.</p>	<p>Unidade I – O mundo em que vivemos: Introdução à Biologia; Introdução à Ecologia; Ecossistemas terrestres e aquáticos; Estrutura dos ecossistemas, fluxo de energia e ciclo da matéria; Comunidades e populações; A quebra do equilíbrio ambiental.</p> <p>Unidade II – Origem da vida e Biologia celular: das origens aos dias de hoje; A química da vida; Citologia e envoltórios celulares; O citoplasma; Metabolismo energético; Núcleo, divisões celulares e reprodução.</p>
--	--

Fonte: Elaborada pela autora.

A partir da Análise Textual Discursiva de Moraes e Galiazzi (2007), procedeu-se a transcrição e unitarização de excertos dos LDBEMs analisados, conceituando “energia” e suas relações com o metabolismo. Foi possível reconhecer um conjunto de descritores identificados por palavras, que permitiram organizar cinco categorias de análise. Os mesmos descritores orientaram o olhar para as falas transcritas das entrevistas dos PEMBs e análise dos esquemas dos EEEMs.

2.1.2 Construção e aplicação da Entrevista Semiestruturada com Professores

Após a transcrição, unitarização e categorização dos excertos dos LDBEMs, foi organizada uma entrevista semiestruturada (Apêndice 1) para os professores de Biologia do Ensino Médio. Tais questões objetivaram identificar e analisar as explicações de “energia” do metabolismo celular utilizadas pelos docentes a partir do uso dos LDBEMs, as potencialidades e limitações das abordagens, bem como suas implicações para um ensino conceitualmente significativo.

Após o planejamento da entrevista semiestruturada foram escolhidos cinco PEMBs, que atuam no EM, para concedê-la. Destes sujeitos de pesquisa, quatro são de escolas da rede pública estadual e um de escola pública municipal do município de Ijuí/RS. Todos são egressos do curso de licenciatura em Ciências Biológicas da Unijuí, graduados em diferentes anos do curso desde a década de 90.

A seleção desse grupo ocorreu pelo fato de atuarem em escolas públicas, beneficiadas pelo PNLDs. Os contatos foram feitos nas escolas em que atuam, e somente após a sondagem

(Apêndice 2) para diagnosticar se fazem ou não uso dos LDBEMs analisados na pesquisa ou de outras abordagens do ensino de energia do metabolismo celular, para planejamento e desenvolvimento de suas aulas, é que as entrevistas foram realizadas. Durante a entrevista, além das questões orientadoras, um dos LDBEMs era levado junto para consulta das abordagens, ilustrações e esquemas apresentados nas perguntas quando necessário. Dados da formação e atuação dos PEMBs foram detalhados a partir da sondagem e organizados na Tabela 2.

Tabela 2 – Perfil dos Professores do Ensino Médio de Biologia (PEMBs) entrevistados e LDBEMs utilizados

PEMB e LDBEM	Perfil dos Docentes
PEMB1 LDBEM1	Licenciada e bacharel em Ciências Biológicas. Após quatro anos de sua formação, PEMB1 estava, no período da entrevista, em seu primeiro ano de atividade profissional em escola estadual com 20 horas de atuação na Biologia do EM. Busca aperfeiçoamento nos encontros de formação proporcionados pela escola e seminários do programa da Pós-Graduação da universidade local (Unijuí). A escola em que está lotada é parceira da Unijuí e desenvolve no EM as SEs elaboradas em conjunto com a universidade. Todas as disciplinas da área de CNT: Biologia, Química e Física, bem como outras áreas, são envolvidas nesse processo.
PEMB2 LDBEM1	Licenciada em Ciências e Biologia, possui Pós-Graduação. Contava com 21 anos de experiência e 40 horas semanais em salas de aula da rede pública estadual. No período da entrevista estava atuando junto ao Colégio Estadual Tiradentes da Brigada Militar, o qual vem se destacando na cidade pela melhor colocação no Enem. Estava frequentando o curso <i>Prevenção e uso de drogas</i> , ofertado pela Coordenadoria Regional de Educação local.
PEMB3 LDBEM1	Licenciada e bacharel em Ciências Biológicas. Especialista em Gestão Ambiental. Atua, há 1 ano com 20 horas na rede estadual de ensino na Biologia do EM, em escola situada na periferia da cidade de Ijuí/RS, que sofre com altos índices de evasão e baixa frequência. Também atua como autônoma em Licenciamento Ambiental. Os cursos de aperfeiçoamento são os oferecidos pela coordenadoria regional de educação.
PEMB4 LDBEM3	Licenciada em Ciências Biológicas e especialista em Biodiversidade. Com 11 anos de experiência na rede pública estadual, tanto em Ciências quanto em Biologia, atua 48 horas semanais em sala de aula em escolas do Ensino Fundamental e Médio. Os cursos de formação continuada são os oferecidos pela escola e pela Coordenadoria Regional de Educação. No momento estava cursando Tecnologias da Informação oferecido pelo

	Núcleo de Tecnologias da Educação, vinculado à coordenadoria. A escola de EM em que atua dispõe, além do nível médio, cursos técnicos profissionalizantes nas áreas de informática, mecânica e eletricidade.
PEMB5 LDBEM1	Licenciada em Biologia. Atua há 20 anos em escolas da rede municipal de Ijuí e cidade vizinha, com 40 horas semanais em Ciências do Ensino Fundamental e atualmente em Biologia do EM, da única escola municipal desse nível de ensino de Ijuí, que, além do EM, desenvolve curso técnico profissional em Agropecuária. As formações que acompanha são as oferecidas na escola e pela Secretaria Municipal de Educação.

Fonte: Elaborada pela autora.

O acompanhamento das cinco entrevistas foi realizado mediante registros das falas dos sujeitos em áudio e anotações em agenda de campo. As falas foram transcritas posteriormente. A análise centrou-se nos turnos de falas dos entrevistados identificados por PEMB para professor de Biologia do EM, e D para doutoranda que fez a pesquisa. Os turnos de fala dos sujeitos foram numerados na ordem em que aconteceram, iniciando um em cada entrevista realizada, também numerando a sequência das entrevistas. Por exemplo, PEMB2-8 corresponde ao registro da segunda entrevista, no turno de fala 8. As transcrições das entrevistas desenvolvidas com PEMB1, PEMB2, PEMB3, PEMB4 e PEMB5, respectivamente, apresentam informações sobre a formação, compreensões iniciais e ao longo do exercício da docência sobre o tema em questão, bem como suas concepções sobre o uso de imagens, perspectivas contextuais e interdisciplinares, entre outros aspectos relevantes do conceito “energia” no metabolismo celular.

Os registros das falas dos professores constituíram ricos materiais, que foram observados com as categorias emergidas da classificação das unidades de análise dos LDBEMs, de acordo com a ATD (MORAES; GALIAZZI, 2011). Recortes destas transcrições são apresentados e analisados no Capítulo 3, com a finalidade de sustentar as argumentações, justificar e ampliar os diálogos com diversos autores que embasaram esta pesquisa.

2.1.3 Construção e Aplicação do Questionário aos Estudantes e Construção de Esquema Conceitual sobre as Compreensões de Energia

O terceiro procedimento metodológico constituiu-se na elaboração de um questionário, com questões fechadas (Apêndice 3), antecedido por uma sondagem quanto ao uso ou não dos LDBEMs.

As questões foram elaboradas com base na escala Likert, com afirmações que possibilitavam ao estudante escolher aquela que mais bem representasse sua compreensão sobre o tema. As afirmações foram extraídas do LDBEM mais utilizado pelos professores entrevistados. O critério para a escolha das afirmações considerou um percentual aproximado de descritores presentes nos excertos extraídos de LDBEM1, ou seja, a unidade de análise 1 apresenta o maior número de excertos caracterizados pelos descritores: liberar, obter, produzir... Então, das 15 afirmações propostas, para não tornar a atividade extenuante, 6 relacionam-se à categoria de análise 1 dos LDBEMs, 5 afirmações relacionam-se aos descritores da unidade de análise 2; 1 afirmação da unidade de análise 3; 2 afirmações (desmembradas para não serem muito extensas) relacionam-se às unidades de análise 4 e 5.

Para se referir aos estudantes ou à escola em que PEMB1 atua, eles foram identificados como Estudantes de Escola de Ensino Médio (EEEM) numerados a partir da mesma identificação do PEMB entrevistado. Por exemplo, EEEM1 refere-se aos estudantes de PEMB1 e, assim, sucessivamente.

Neste texto, traz-se a análise das respostas dos EEEM às questões 1, 3, 5, 7 e 15 do questionário desenvolvido, sistematizadas em gráficos de cada grupo de estudantes dos PEMB. A Questão 1) trata da “energia” na área de CNT; a Questão 3) da “energia” dos alimentos; a Questão 5) aborda a definição de ATP e analogia; a Questão 7) faz afirmações a respeito do ATP em um enfoque bioquímico e a Questão 15) relaciona respiração celular (mitocôndria) e natação, com imagens. Nelas, os EEEM1 tinham de se posicionar conforme a legenda: Concordo totalmente = CT; Concordo = C; Indiferente = I; Discordo = D; Discordo Totalmente = DT. A Tabela 3 apresenta a distribuição dos estudantes de cada PEMB, segundo suas respostas sobre conhecerem e utilizarem ou não os livros didáticos.

Tabela 3 – Caracterização dos EEEMs e a relação com os LDBEMs

EEEM	Nº de EEEMs sujeitos da pesquisa	LDBEMs que conhecem	LDBEMs que estudam	Frequência de estudo nos LDBEMs	Momentos de estudo nos LDBEMs (5 opções)
EEEM1	18	EEEM1, questionaram PEMB1 quanto ao nome dos LDBEMs utilizados. 78% apontaram conhecer os volumes 1 e 3 da coleção LDBEM1 e 22% apontaram conhecer o volume 2 desta coleção.	83% estudam nos volumes 2 e 3 da coleção LDBEM1 e 17% estudam no volume 2 desta coleção.	83% dos EEEM1 estudam semanalmente e 17% mensalmente.	35% estudam nos LDBEM durante a aula; 35% utilizam os LDBEMs para pesquisas e 30% para preparação das provas.
EEEM2	27	48% dos EEEM2 apontaram o LDBEM1, 30% os volumes 1 e 2 e 22% os outros LDBEM.	56% estudam no LDBEM1, 26% no volume 2 desta coleção e 18% estudam em outros LDBEMs.	56% estudam semanalmente e 44% diariamente.	30% para pro-vas; 27% du-rante a aula; 19% utilizam os LDBEMs para pesquisas e após a aula; e, 5% antes da aula.
EEEM3	23	56% apontam o volume 2 de LDBEM 1; 26% o LDBEM 1; 10% aponta os volumes 1, 2 e 3 de LDBEM1; 4% conhecem alguns LD sem citar quais e 4% não conhecem LDBEMs.	61% estudam no volume 2 de LDBEM1; 22% estudam em outros LDs; 13% estudam nos volumes 2 e 3 da coleção de LDBEM1; e, 4% estudam em LDBEM1. Foi o único grupo de EEEM que compreendeu que se estava abordando outros LDs.	48% estudam semanalmente e 48% mensalmente; 4% assinalaram mais de uma opção.	40% utilizam os LDBEMs para pesquisar; 37% durante a aula; 21% usam para estudar para provas e somente 2% estudam após a aula.
EEEM4	15	66% apontaram conhecer o LDBEM3; 27% o volume 2 de LDBEM 1; e 7% não conhecem nenhum LDBEM.	66% estudam no LDBEM3; 27% estudam no volume 2 de LDBEM1; e, 7% não estudam em nenhum LDBEM.	93% estuda semanalmente e 7% nenhum momento de estudo.	A frequência de estudo variou entre 93% para opção semanal e, 7% para nenhum momento de estudo.
EEEM5	18	72% apontaram conhecer o volume 3 da coleção de LDBEM1; 17% os volume 2 e 3 de LDBEM 1; 6% conhecem o volume 2 de LDBEM1 e, 5% não conhecem nenhum LDBEM.	39% estudam no volume 3; 22% estudam nos volumes 2 e 3; 17% estudam em todos os volumes e 11% estudam no volume 2, todos da coleção de LDBEM1; e, 11% em nenhum LDBEM.	A frequência de estudo varia entre 83% para opção semanal; 11% para nenhum momento de estudo e 6% das respostas foi nula.	36% utilizam os LDBEMs em aula; 27% para estudar para provas e avaliações; 27% em momentos de pesquisa; 5% antes da aula; e 5% após a aula.

Fonte: Elaborada pela autora.

Além de responder o questionário, os estudantes foram convidados a construir um esquema **explicando o metabolismo energético celular (respiração celular) por meio de um desenho ou um conjunto de palavras relacionadas**. Esta etapa da pesquisa foi desenvolvida em cinco turmas de estudantes da 2ª série do EM, alunos de PEMB1, PEMB2 PEMB3, PEMB4 e PEMB5, respectivamente. O presente instrumento serviu de base para verificar quais foram as aprendizagens, desde a 1ª série do EM, significativas do conceito “energia”.

Nos grupos de estudantes EEEM1 e EEEM2, o desenvolvimento do esquema aconteceu após a aplicação do questionário, apresentado na qualificação do texto. Já os EEEM3, EEEM4 e EEEM5 desenvolveram o esquema no mesmo dia em que o questionário foi aplicado.

Em relação aos princípios éticos da pesquisa, observando o que prevê a Legislação que trata das pesquisas envolvendo seres humanos, os sujeitos (professores e estudantes) foram esclarecidos sobre os objetivos, a justificativa, as metas e a possibilidade de desistirem de participar a qualquer momento do estudo, sem que houvesse constrangimento ou algum tipo de prejuízo. Aos sujeitos participantes foi informado do anonimato garantido, expresso no Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE) (Apêndice 4), que foi assinado pelos que concordaram em participar. As garantias, proteções e direitos dos sujeitos envolvidos encontram-se explicitadas no TCLE.

Todos os dados coletados nos anos de 2013 e 2014 estão arquivados, serão guardados por cinco anos e utilizados apenas na pesquisa, na escrita da Tese e na publicação dos resultados em artigos científicos.

2.3 Métodos de Análise

Para a análise dos excertos dos LDBEMs, recortes das falas das entrevistas e esquemas construídos pelos estudantes, foi utilizada a Análise Textual Discursiva, que, segundo Moraes e Galiuzzi, “corresponde a uma metodologia de análise de dados e informações de natureza qualitativa com a finalidade de produzir novas compreensões sobre os fenômenos e discursos” (2011, p. 7). As respostas do questionário, elaboradas com a escala Likert, foram sistematizadas em Tabelas e Gráficos, em uma análise descritiva.

A ATD pode ser considerada um “ciclo composto por três momentos: desmontagem dos textos, estabelecimento de relações e captando o novo emergente” (MORAES; GALIAZZI, 2011, p. 7). Esse ciclo segue as seguintes etapas: *unitarização* – nesta primeira etapa retiram-se fragmentos dos textos analisados, emergindo, assim, unidades de significado; neste caso, foram selecionadas as diferentes formas de abordagens dos textos presentes nos LDBEMs, agrupados pelas palavras descritoras dos fenômenos a que se referem. Moraes e Galiazzi, (2007, p. 11) explicam que a unitarização “implica examinar os textos em seus detalhes, fragmentando-os no sentido de atingir unidades constituintes, enunciados referentes aos fenômenos estudados”; *categorias temáticas* – as unidades de significado são agrupadas segundo suas semelhanças semânticas a partir das quais podem ser construídas categorias analíticas, tal como já referido no item 2.1.1. Etapas semelhantes empregadas na categorização dos excertos de LDBEMs foram procedidas junto aos recortes de falas dos PEMBs e nos esquemas construídos pelos estudantes; *comunicação* – elaboram-se textos descritivos e interpretativos (metatextos) acerca das categorias temáticas identificadas.

O registro das ocorrências de um estudo científico necessita de formas para representar os acontecimentos e os fenômenos adequadamente, ou seja, formas de registrar os dados, que são valores associados a cada variável. Este registro de valores enquadra-se em escalas de medida. Estas escalas consistem em modos de expressar a qualidade ou a quantidade dos dados.

Assim, a análise das questões fechadas presentes no questionário aplicado aos estudantes foi a partir de um item de Likert, que é uma análise decorrente da Escala de Likert, um tipo de escala de resposta psicométrica usada habitualmente em questionários, e é a mais empregada em pesquisas de opinião. Ao responderem a um questionário baseado nesta escala, os perguntados especificam seu nível de concordância com uma afirmação. Esta escala tem seu nome em razão da publicação de um relatório explicando seu uso por Rensis Likert (1932).

É necessária uma distinção entre a *Escala Likert* e um *item de Likert*. A Escala de Likert é a soma das respostas dadas a cada item Likert. É melhor então que se utilize “Escala de Likert” para o total da escala, e “item Likert” para cada item individual.

Um item Likert é apenas uma afirmação à qual o sujeito pesquisado responde por meio de um critério que pode ser objetivo ou subjetivo. Normalmente o que se deseja medir é o nível de concordância ou não concordância à afirmação. Usualmente são usados cinco níveis de resposta. Nesta pesquisa o formato adotado foi: Concordo totalmente (CT), Concordo (C), Indiferente (I), Discordo (D) e Discordo totalmente (DT).

A opção pela análise dos *itens de Likert* deve-se à polaridade da Escala de Likert, que mede uma resposta positiva ou negativa a uma afirmação. Às vezes são usados quatro itens, o que força o sujeito pesquisado a uma escolha positiva ou negativa, uma vez que a opção central “Indiferente” não existe.

No próximo Capítulo serão apresentados e discutidos materiais de análise referentes aos textos e às imagens propostas pelos LDBEMs para abordar “energia”, falas dos PEMBs, análise do questionário e esquemas construídos pelos estudantes de cada um dos PEMBs. Isso, a partir de categorias de análise identificadas/construídas ao longo da pesquisa.

3 O PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM DE “ENERGIA” DO METABOLISMO CELULAR NA BIOLOGIA DO ENSINO MÉDIO

O estudo do conceito de “energia”, neste trabalho, considera a potencialidade de contribuir para o avanço dos entendimentos sobre a sua abordagem nos LDBEMs, carentes de mediações de linguagens específicas que, muitas vezes, não fazem parte da aprendizagem dos estudantes ou de reflexões desenvolvidas junto a formação docente.

Essa percepção orientou a construção dos dados de pesquisa apresentados neste Capítulo, em que diálogos de aproximações e distanciamentos são propostos por meio das categorias construídas ao longo da pesquisa, considerando exemplos de: excerto e figura de um dos LDBEMs analisados; excerto de fala de uma das cinco entrevistas com PEMBs; o gráfico com as respostas a cinco questões dos estudantes das turmas dos PEMBs entrevistados, e, ainda os esquemas-síntese construídos pelos alunos de EEM de um dos PEMBs sobre a compreensão de “energia”. Os dados foram analisados na perspectiva de entender as significações de “energia” do metabolismo celular (transformações dos alimentos, no interior do organismo, das substâncias na respiração celular) nas interações de professores e alunos mediadas pelo livro didático.

3.1 As imagens e abordagens textuais de “energia” nos LDBEMs e nas concepções de professores e estudantes do EM

Mesmo com abordagens variadas dos conteúdos de CNT, o LD, muitas vezes, constitui o principal recurso em sala de aula. É fundamental empreender esforços para compreender as repercussões, no ensino, do tratamento dos conteúdos nos LDs, que, ainda, reforçam a visão linear e fragmentada do conhecimento escolar. O entendimento de “energia” não é algo simples nem consensual, por isso as descrições relativas ao “metabolismo energético celular” foram observadas nos LDBEMs do Guia do PNLD/2012 (BRASIL, 2011) para a 1ª série. Moraes e Galiazzi (2007) fundamentaram a análise dos excertos transcritos dos LDBEMs, ao conceituar “energia” e suas relações com o metabolismo celular.

Foi possível reconhecer um conjunto de descritores identificados por palavras que se referiam à “energia” a princípio nos LDBEMs, e que após orientaram a unitarização das entrevistas de PEMBs e dos esquemas produzidos pelos EEEMs. Estes descritores permitiram organizar os dados em unidades de análise que, posteriormente, geraram categorias. Na Tabela 4, estão organizadas as cinco unidades de análise a partir dos conjuntos de descritores identificados nos objetos de pesquisa: LDBEM, respostas à entrevista e esquema construído pelos EEEMs.

Tabela 4 – Abordagens do conceito “energia” do metabolismo celular nos LDBEMs analisados, nas falas dos entrevistados PEMBs e nos esquemas dos EEEMs

Descritores nos LDBEMs	Unidades de análise nos LDBEMs	Número Ocorrências LDBEMs	Número Ocorrências PEMBs	Número Ocorrências EEEMs	Total
Liberar, obter, produzir, captar, absorver, transportar, provir e fornecer.	1) Seres vivos e energia na respiração, fermentação e fotossíntese.	128	39	43	210
Armazenar, acumular, reservar, conter, transferir, transformar, converter e ATP/ADP.	2) Energia nas substâncias, nas ligações químicas e nas reações dos organismos – ADP e ATP.	121	48	49	218
Representações.	3) Representações de energia (figuras, modelos, tabelas...).	18+85 Imagens, tabelas e representações	29	35	131
Energia na área de CNT.	4) Energia na área de CNT.	12	37	0	49
Energia solar, energia cinética, potencial...	5) Tipos e fontes de energia.	10	36	0	46

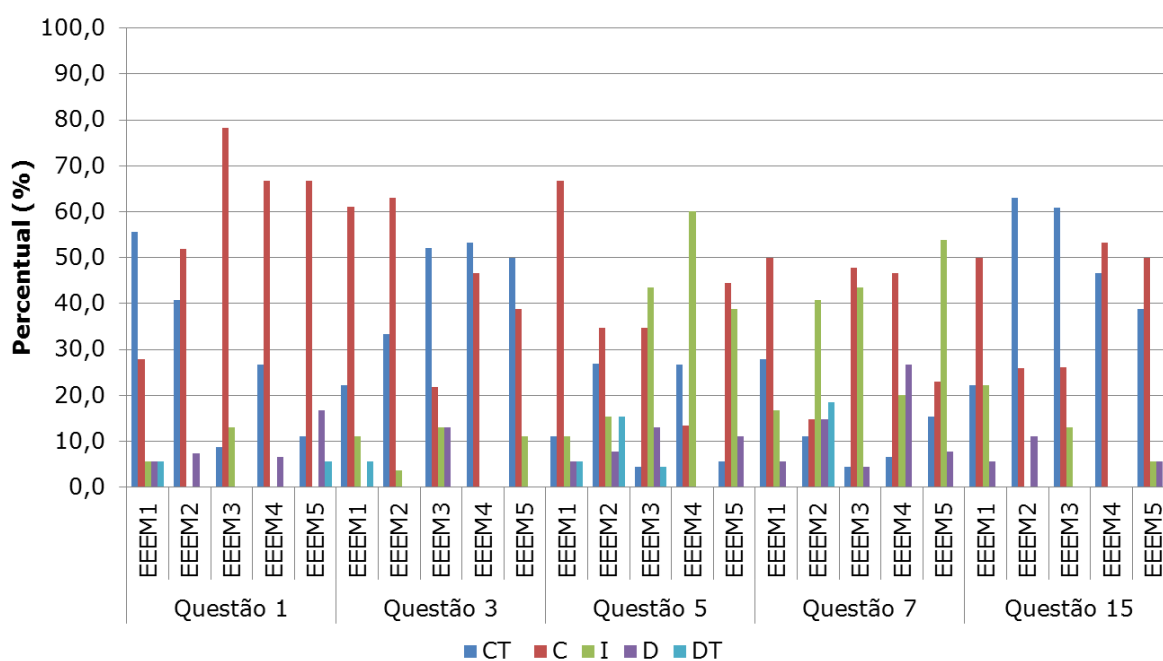
Fonte: Elaborada pela autora.

Na identificação dos descritores, das imagens, das falas dos professores, das respostas aos questionários e dos esquemas construídos pelos estudantes, foram reconhecidos problemas na organização conceitual e propuseram-se cinco categorias de análise: I) organização conceitual de “energia” nos seres vivos e materiais e substâncias com diferentes palavras; II) complexidade da expressão conceitual de “energia” no metabolismo celular; III) analogias e imagens na explicação das reações moleculares da “energia” do metabolismo celular; IV) aspectos do conceito “energia” relacionados ao cotidiano, e V) a interdisciplinaridade no ensino e aprendizagem de “energia” do metabolismo celular.

3.1.1 Respostas ao questionário pelos diferentes grupos de EEEMs

Neste item, traz-se a análise das respostas dos EEEMs às questões 1, 3, 5, 7 e 15, do questionário desenvolvido por meio de gráficos de cada grupo de estudantes por PEMB. A Questão 1 trata de aspectos de “energia” vinculados à Física e à Química, em uma perspectiva interdisciplinar; a Questão 3 refere-se à produção de “energia” a partir dos alimentos, em que o cotidiano faz-se presente; na Questão 5 é abordada a definição de ATP com utilização da analogia “moeda energética”; a Questão 7 trata das abordagens bioquímicas do ATP, expressando a complexidade do tema; e a Questão 15 aborda relações entre a respiração celular (mitocôndria) e a natação, por meio de uma imagem.

Gráfico 1 – Porcentual de CT, C, I, D e DT a cada uma das afirmações: Questão 1 – “energia” na área de CNT; Questão 3 – “energia” dos alimentos; Questão 5 – definição de ATP e analogia; Questão 7 – ATP em um enfoque bioquímico, e Questão 15 relaciona respiração celular (mitocôndria) e natação, com imagens de cada grupo de EEEM



Fonte: Elaborada pela autora.

Observa-se que na resposta à “Questão 1: Os sistemas biológicos seguem duas leis básicas de termodinâmica. A primeira diz que, nos processos físicos e químicos, energia pode ser ganha ou perdida, transferindo-se de um sistema para outro, mas não pode ser criada nem destruída”, todos os grupos de EEEMs concordaram com a afirmação que trata da “energia”

em uma perspectiva interdisciplinar na área de CNT; somente nos estudantes da EEM1 é que prevaleceu a alternativa CT. Trata-se de um indício relevante presente nas compreensões dos estudantes, e que é defendido nesta tese nas necessárias inter-relações dentro da CNT para discutir o conceito “energia”.

Nas respostas à “Questão 3: Os seres vivos realizam intensas e incessantes atividades de transformação química, que constituem o metabolismo. A energia metabólica é obtida a partir de substâncias orgânicas constituintes dos alimentos”, há uma inversão dos resultados se comparado aos dados da Questão 1, enquanto anteriormente EEEM1 prevaleceu na alternativa CT e EEEM2 esteve bem dividido entre C e CT, nesta Questão voltada à “energia” e aspectos vivenciais como a alimentação. Prevaleceu neste dois grupos de estudantes a opção de apenas concordar com a afirmação. Em EEEM3, EEEM4 e EEEM5, a opção de concordar totalmente foi a que prevaleceu.

Quando questionados a respeito da definição de ATP e a utilização da analogia “moeda energética”, na “Questão 5: O trifosfato de adenosina (ATP) é uma substância que capta e armazena energia liberada em certas reações celulares, transferindo-a para processos que demandam energia. Por isso, essa substância é considerada a ‘moeda energética’ do metabolismo celular”, nas respostas a esta Questão foram notadas as primeiras dúvidas, em especial no grupo EEEM4, no qual o percentual de indiferentes foi da ordem de 60% dos 15 EEEM. Em EEEM3 também prevaleceu a opção indiferente. EEEM2 e EEEM5 optaram mais pela concordância, mas a opção indiferente (I) também obteve percentuais expressivos. Somente o grupo de EEEM1 concordou na sua maioria com a afirmação; 67% dos 18 estudantes optaram pela alternativa (C).

Na “Questão 7: O trifosfato de adenosina (ATP) é um nucleotídeo constituído pela base nitrogenada adenina unida ao glicídio ribose que, por sua vez, se une a uma cadeia de três grupos fosfatos”, que tratava de aspectos bioquímicos do ATP, novamente o grupo de EEEM1 e, também de EEEM4, concordaram com a afirmação. Em EEEM3 também prevaleceu a alternativa (C), mas o percentual de indiferentes teve índice semelhante à opção concordar. Os grupos de EEEM2 e EEEM5 não demonstraram clareza em relação à afirmação e optaram, em sua maioria, pelo opção indiferente. Isso leva a inferir que o conceito de ATP não está claro para os EEEMs desta pesquisa.

Na “Questão 15: Em atividades físicas aeróbicas como a natação, os músculos esqueléticos e a musculatura cardíaca exigem grande quantidade de energia para trabalhar. A energia para a contração muscular é suprida pelas mitocôndrias, organelas responsáveis pela respiração celular”, haviam duas figuras (1 e 2) vinculadas à afirmação.

Figura 1 – Em atividades físicas aeróbicas como natação os músculos esqueléticos e a musculatura cardíaca exigem grande quantidade de energia para trabalhar



Figura 2 – A energia para a contração muscular é suprida pelas mitocôndrias, organelas responsáveis pela respiração celular



O grupo de estudantes de EEM1 manteve nessa Questão sua opção pela alternativa C, bem como o grupo EEEM4 e EEEM5. Já EEEM2 e EEEM3 concordaram totalmente com a afirmação. Se aposta que essa certeza tenha relação com as imagens associadas à afirmação. Como todos os grupos concordaram ou concordaram totalmente, pode-se atribuir às figuras maior possibilidade de estabelecer compreensões com as afirmações.

Vale ressaltar que em todas as cinco afirmações somente o grupo de estudantes EEEM1 concordou com todas elas, as quais foram extraídas de LDBEM1. Trata-se do LD de Biologia adotado pela escola, contudo, como este LDBEM é utilizado por mais três grupos de EEEM, os índices de concordância podem ser atribuídos por esta escola apresentar um currículo diferenciado, com base no desenvolvimento das SEs, que ampliam as possibilidades de relações com a área de CNT e, com isso, possibilitam mais segurança em interpretar e se posicionar diante das afirmações.

As afirmações selecionadas e os percentuais de respostas nos gráficos propiciaram reflexões que são discutidas nos itens 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, a partir dos quadros-síntese dos dados analisados. Cabe destacar que foram encontrados dados relativos a cada uma das cinco

categorias construídas: nos LDBEMs, nas entrevistas com PEMBs, nas respostas aos questionários e nos esquemas dos EEEMs. Por essa grande quantidade de dados gerados e como esta Tese foi construída sobre estes dados, optou-se em relacionar a Categoria 1 aos LDBEMs, ao PEMB1 e aos EEEM1s; a Categoria 2 aos LDBEMs, ao PEMB2 e aos EEEM2s, e, assim, sucessivamente, até a Categoria 5.

3.2 Categoria I: Organização conceitual de “energia” nos seres vivos, materiais e substâncias com diferentes palavras

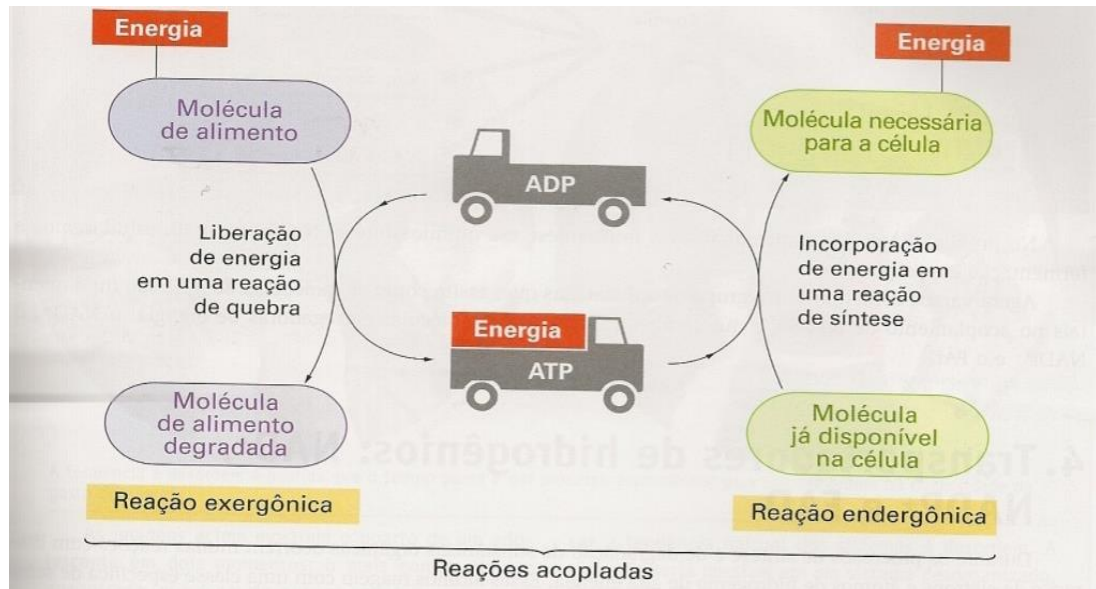
A Categoria I foi identificada nos livros didáticos nas falas das professoras e nas respostas e esquemas elaborados pelos estudantes. O Quadro 1 apresenta alguns excertos resultantes das análises realizadas no que se refere à Categoria 1.

Quadro 1 – Organização conceitual de energia nos seres vivos, materiais e substâncias com diferentes palavras no LDBEM8 e nas afirmações de PEMB1 e EEEM1

Excerto 1 – Esse processo (degradação e perda de *energia* por meio de calor) é possível graças a um mecanismo conhecido como acoplamento de reações,² em que algumas substâncias **armazenam** temporariamente a *energia* que será posteriormente transferida, de modo que a perda sob a forma de calor seja a menor possível. Uma dessas substâncias é o trifosfato de adenosina ou adenosina trifosfato(ATP) (LDBEM 8, p. 124).

² Legenda dos grifos nos excertos dos LDBEMs e PEMBs: Itálico: *energia*; Negrito: **para os descritores**; Sublinhado: para grifos do LDBEM.

Figura 3 – Reações Acopladas

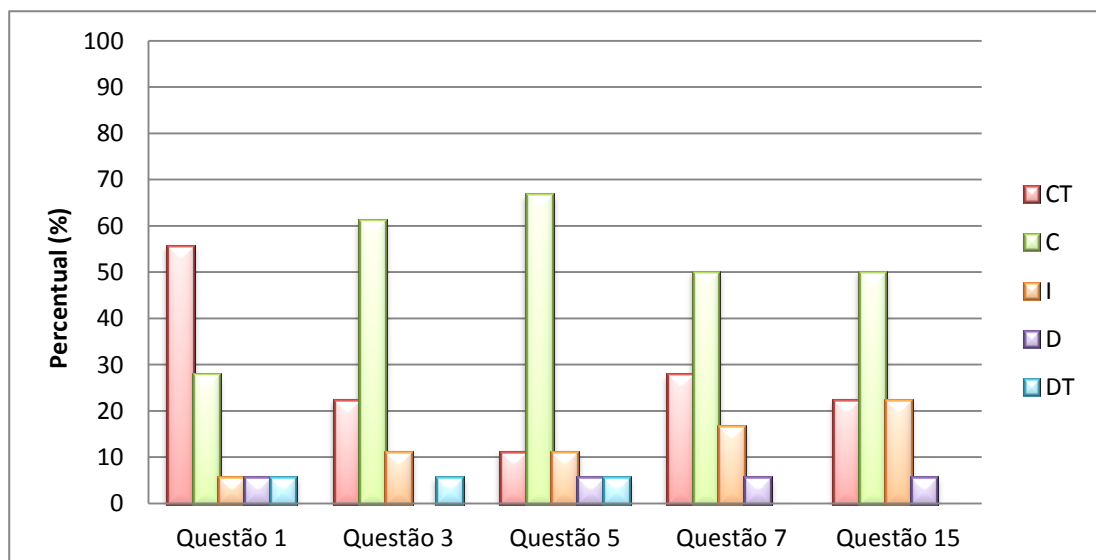


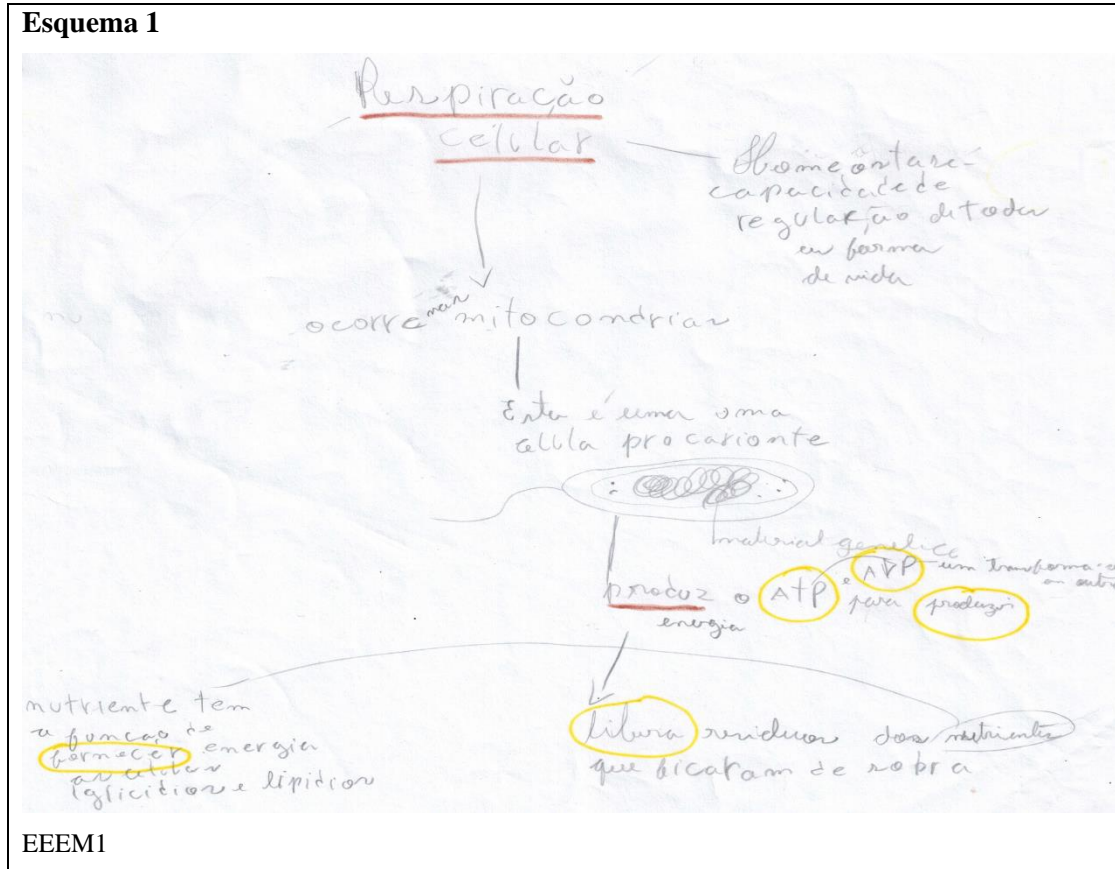
Fonte: LDBEM 8, p. 323.

PEMB1 (24-26): [...] para mim é importante o aluno compreender de **onde vem** essa *energia*, não só no corpo deles, (...) como em células animais e células vegetais, que vai funcionar um pouco diferente e como a célula vai **transformar** isso para mandar para o corpo, para o organismo funcionar. [...] Quando nós vimos as organelas citoplasmáticas, eu trabalhei a mitocôndria com eles, então quando a gente entrou em membrana, a gente falou dos transportes, transporte ativo **gasto** de *energia*, mas que *energia* é essa? É o **ATP**, mas o que é **ATP**? De onde que ele vem?

Porcentual de respostas às questões 1, 3, 5, 7 e 15 do questionário dos EEM1

Gráfico 2 – Porcentual de CT, C, I, D e DT a cada uma das afirmações: Questão 1 – “energia” na área de CNT; Questão 3 – “energia” dos alimentos; Questão 5 – definição de ATP e analogia; Questão 7 – ATP em um enfoque bioquímico e Questão 15 relaciona respiração celular (mitocôndria) e natação com imagens





É preocupante a constatação de que, por exemplo, nos LDBEMs o desenvolvimento do conceito “energia” fundamenta-se essencialmente nos aspectos bioquímicos, cuja compreensão pelos estudantes envolve graus elevados de abstração. As abordagens sobre o metabolismo energético celular nos LDBEMs da 1ª série do EM incluem estudos e entendimentos sobre as vias metabólicas e suas relações com processos de produção e consumo de ATP na manutenção dos processos vitais. Isto acaba provocando uma quebra na compreensão do conceito, fazendo com que o aluno não relacione as suas vivências com os novos aprendizados.

Já na Figura 3 do Quadro 1, a imagem apresenta uma simplificação de noções complexas, que requerem compreensões adequadas sobre as interconversões de “energia” envolvidas no complexo sistema de transformações que propicia a “energia” da vida (ATP). O LD em análise simplifica tanto que se refere ao alimento como “molécula”. O uso do termo “liberação” compromete a compreensão conceitual pelo risco de uma visão mecanicista de “energia”. Pode-se afirmar que em abordagens como as da Figura 3, conceitos como os de reação “exergônica” e “endergônica” são tratados de forma simplificada, sem considerar a complexidade dos processos de transformação e conservação de “energia”, envolvidos nos

processos em estudo. A interpretação requer o entendimento conceitual das transformações como sistemas complexos, como é o caso das interconversões energéticas associadas à compreensão conceitual da respiração celular, que demanda movimentos dialéticos de “ir e vir” entre os níveis macro e microscópicos de conhecimento.

A imagem de um “mero movimento de caminhõezinhos” em um ir e vir, com ou sem a “carga” pode criar um obstáculo ao desenvolvimento dos conhecimentos escolares sobre as transformações em nível molecular, coerentes com a forma científica de explicar, tendo em vista que podem promover compreensões de “energia” como matéria que pode ser carregada. Aspecto positivo dessa analogia é de que essa “energia” ADP e ATP não fica armazenada e ela é transformada imediatamente em outra forma. Vale ressaltar que as analogias correm risco sempre, e, nos termos bachelardianos (BACHELARD, 1996), é necessária uma vigilância epistemológica ante a imagens como essa, que acomodam o pensamento, obstaculizando os entendimentos conceituais necessários de serem mediados na escola para o desenvolvimento humano. Pode-se concluir que cabe aos professores a forma de tratar o assunto ao utilizar-se destas figuras/metáforas para que a compreensão dos objetos complexos expressos no Quadro 1 potencialize o estabelecimento de relações entre as noções de reação “exergônica” e “endergônica”.

Essa complexidade faz parte das explicações fornecidas pelos PEMBs a partir dos LDBEMs, em sala de aula, pois sua complexidade impulsiona a busca por relações com situações vivenciais dos estudantes para auxiliar na significação conceitual. Isso é observado na resposta de PEMB1 sobre **o que considera mais significativo na compreensão/significado do conceito “energia”?** No depoimento, é possível perceber compreensões de “energia” decorrentes de uma formação sem muitas interlocuções dentro da área de CNT, restritas ao campo disciplinar da Biologia, com concepções simplificadas, mais relacionadas a situações do cotidiano sem levar em conta os níveis moleculares, inerentes às explicações do metabolismo celular, apresentadas nos LDBEMs utilizados. PEMB1 procura, contudo, extrapolar os aspectos restritos ao corpo humano, provocando os estudantes a pensarem sobre as fontes externas de energia e as transformações internas. Defende-se uma proposta coletiva de formação, integrando colegas de diferentes áreas do conhecimento, a qual poderia proporcionar alguns caminhos diferentes nesse processo.

O percentual apontado pelo gráfico mostra um elevado índice de memorização por parte dos EEEM1s, uma vez que em quatro das cinco afirmações os percentuais mais relevantes referem-se à afirmação concordo e em uma concordam totalmente. As demais alternativas obtiveram índices inferiores a 22%.

Índices elevados de concordância remetem à necessidade de elucidar a compreensão das afirmações, se foram escolhidas apenas por memorização ou significadas conceitualmente pelos EEEM1s. Esta dúvida gerou outro instrumento de análise: a elaboração de um esquema por todos os EEEMs que responderam o questionário. Em relação aos esquemas construídos pelos estudantes, percebe-se que os da EEM1 estabelecem relações entre conhecimentos, em nível molecular, nas compreensões conceituais das interconversões ATP/ADP para a produção de “energia” no organismo, e também conseguem relacionar alguns conceitos/termos inerentes às explicitações de “energia” expressas nos LDBEMs, quais sejam: ATP, ADP, mitocôndria, fornecer, liberar, produzir. Isso, talvez, pelo PEMB1 ter uma concepção mais interdisciplinar do ensino e pelos EEEM1s desenvolverem trabalhos em conjunto com a Química e a Física por meio de SEs que ocorrem na articulação entre a escola e a universidade, em uma perspectiva de formação permanente.

Tal proposta repercute na formação inicial do professor, considerada aqui como um processo contínuo, em que o curso de formação inicial constitui-se em uma das etapas da trajetória de formação, quando, somados a história de vida desse professor, conhecimentos de uma área específica, teorias pedagógicas e elementos práticos oriundos da atividade docente, formarão a base sobre a qual a profissão irá se alicerçar (TONIN; SCHEID, 2012).

Aspectos relevantes no processo de ensino e aprendizagem de “energia” serão abordados na Categoria 2, que trata da complexidade da expressão conceitual.

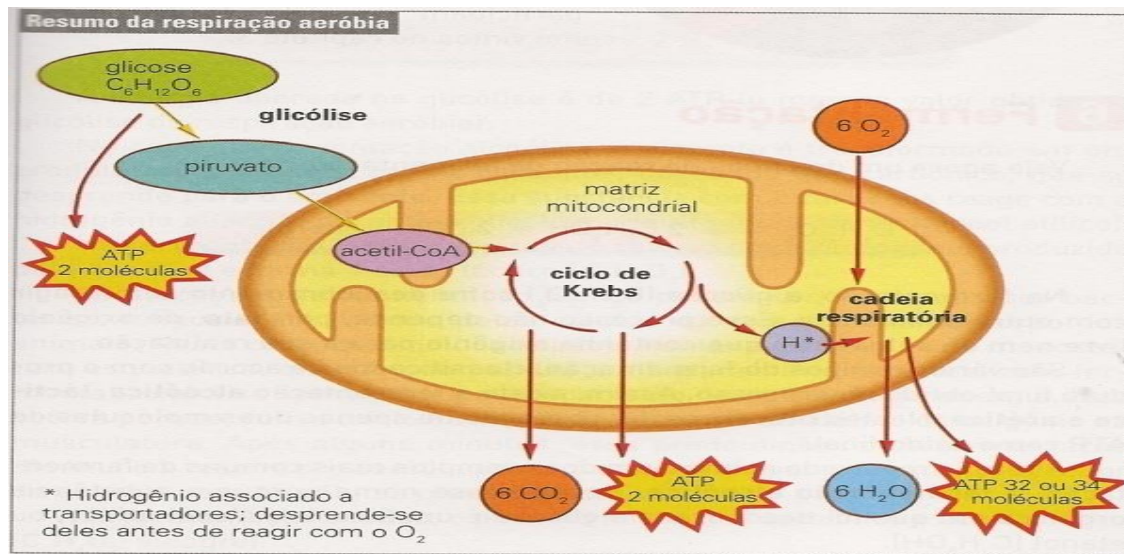
3.3 Categoria II: Complexidade da expressão conceitual de “energia” no metabolismo celular

No Quadro 2 são apresentados dados encontrados nos LDBEMs (excertos e imagens), entrevistas com PEMBs, questionário e esquema aos EEEM2s referentes à Categoria II.

Quadro 2 – Complexidade da expressão conceitual de “energia” no metabolismo celular segundo os LDBEM7 e 4, PEMB2 e EEEM2

Excerto 2 – A formação do **ATP** ocorre por reação inversa, ou seja, pela fosforilação do **ADP** e formação de água. A **energia liberada** nos processos de fermentação e respiração é que garante as ligações fosfato. A maior parte do **ATP** formado nas células provém da fosforilação oxidativa, isto é, da oxidação completa que ocorre no interior das mitocôndrias. Toda atividade celular consome **ATP**, que é o **reservatório** de **energia** no interior da célula (LDBEM 7, p. 66, grifo nosso).

Figura 4 – Esquema simplificado da respiração aeróbia mostrando suas principais etapas que ocorrem no citoplasma e no interior da mitocôndria

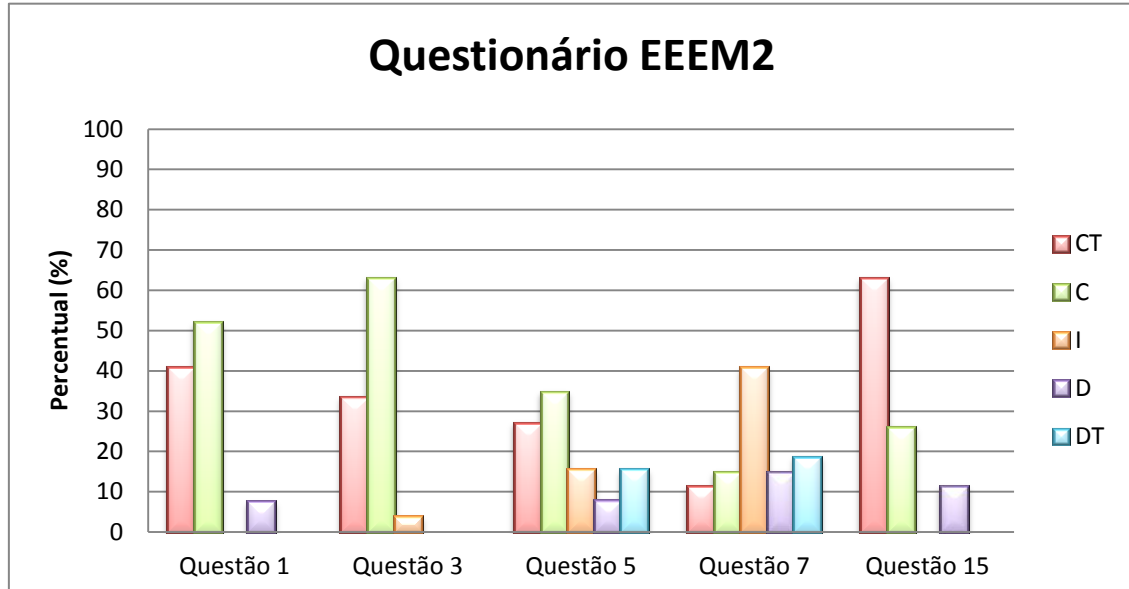


Fonte: LDBEM5, p. 203.

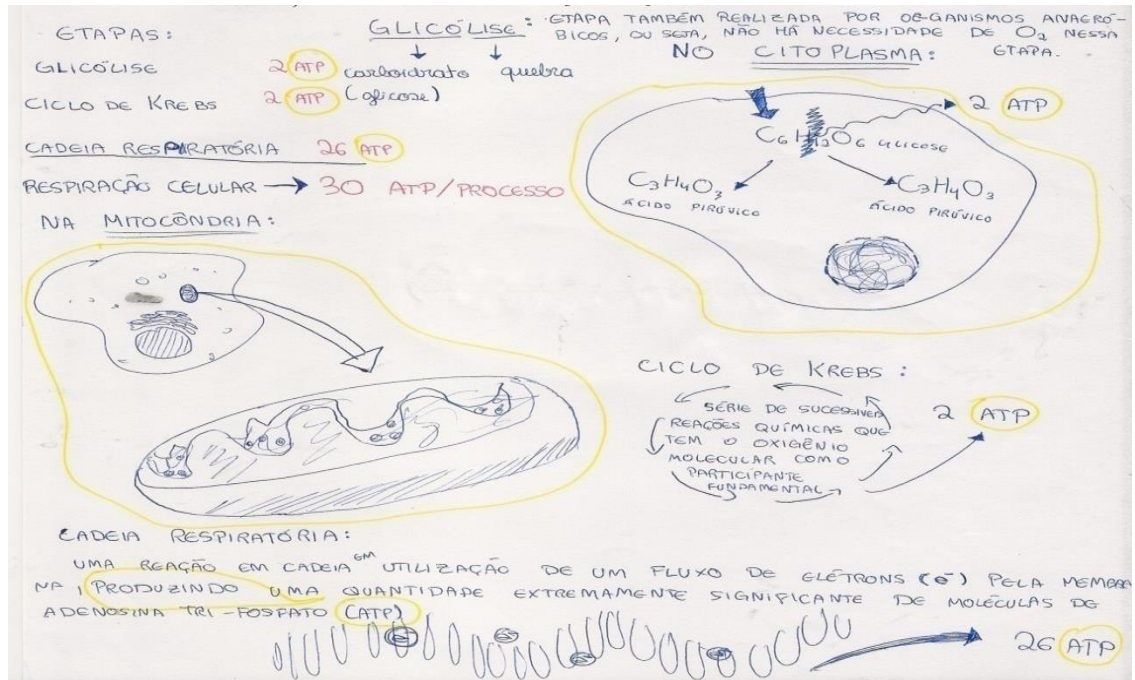
PEMB2 (8): Se eu fosse explicar eu iria começar dizendo que o sol é a **fonte primária** de **energia**, e aí através dos vegetais, pelo fenômeno da fotossíntese. Essa **energia** ia ser **absorvida**, então **energia luminosa** ia ser transformada em **energia química** para a ocorrência das reações químicas dentro das células vegetais para a formação de matéria orgânica e nessas moléculas orgânicas iriam ser retidas, iam ser **acumuladas** moléculas de **energia**. Aí como nós somos consumidores, nós absorveríamos os alimentos, nós íamos utilizar os alimentos produzidos por todos os produtores e, absorvendo então, as moléculas orgânicas através dos alimentos, que conforme matéria orgânica que são, deveriam ser degradados, pelo nosso sistema digestório e transformados então em moléculas menores, para que conseguissem entrar nas nossas células e servir como **fonte** de **energia**. E aí eu falaria então de forma bem mais específica que a gente iria ingerir moléculas de carboidratos ou glicídios, que através do nosso sistema digestório seriam transformados em monossacarídeos: glicose, frutose e galactose, como monossacarídeos **energéticos**. [...] E aí entrariam nas nossas células e as nossas células iriam fazer a respiração celular, como resultado final **produção** de **energia** para realização de todas as nossas atividades: inclusive síntese de proteínas, inclusive respiração e todas as atividades.

Porcentual de respostas às questões 1, 3, 5, 7 e 15 do questionário dos EEM2s

Gráfico 3 – Porcentual de CT, C, I, D e DT a cada uma das afirmações: Questão 1 – “energia” na área de CNT; Questão 3 – “energia” dos alimentos; Questão 5 – definição de ATP e analogia; Questão 7 – ATP em um enfoque bioquímico e, Questão 15 relaciona respiração celular (mitocôndria) e natação com imagens



Esquema 2



E1 – EEM2

No Excerto 2 (Quadro 2), pode-se reconhecer a complexidade e a diretividade na conceitualização da “energia” nos seres vivos, o que pode complicar a aprendizagem e a constituição do conhecimento científico pelos sujeitos. O ATP é tratado como se fosse um

conceito conhecido por todos, mas não foi isso que o grupo de EEEM2 expressou em resposta aos questionários, pois na Questão 7, voltada para aspectos bioquímicos do ATP, prevaleceu um percentual significativo de indiferença em relação à afirmação. Este percentual também foi expressivo em outros grupos de EEEM que demonstraram dificuldades na definição do mesmo. A complexidade na expressão conceitual, vinculada a um grau de abstração elevado, constitui-se outra dificuldade.

No LDBEM5, o Capítulo 9, denominado Metabolismo energético da célula, apresenta, no item Conceitos gerais: “os principais processos de liberação da energia contida nos alimentos orgânicos são: respiração aeróbia, respiração anaeróbia e fermentação” (2010, p. 192). Diante desse enunciado, a Figura 4 do Quadro 2 pretende sintetizar o primeiro processo mencionado e aborda 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. Vale ressaltar o equívoco conceitual na abertura deste Capítulo do LDBEM5, uma vez que trata da respiração anaeróbia e fermentação como processos diferenciados, mesmo caracterizados pela ausência do oxigênio; isso somente será esclarecido nas páginas subseqüentes.

Além das dificuldades na própria representação, ainda os termos utilizados podem ser relacionados à Unidade de Análise 1, pois traz algumas das palavras-chave consideradas, ao mesmo tempo em que coloca o termo respiração ligado a outros conceitos, que podem constituir obstáculos epistemológicos, uma vez que dificultam a articulação do conhecimento anterior dos estudantes com a nova realidade a ser estudada. É concebida, portanto, uma necessidade de organização do conhecimento de um nível macro para o micro, mas de forma categórica, desarticulada e fragmentada.

No recorte da resposta a pergunta **Expresse seus entendimentos sobre a relação entre a energia dos alimentos energéticos, por um lado a necessidade do sol e por outro lado a relação com a energia que mantém o organismo quando os alimentos são consumidos**, percebe-se novamente uma visão mais simples e relacionada ao cotidiano, em que as compreensões de “energia” de PEMB2 referem-se a fenômenos de nível macro e não molecular. Compreende-se que o professor entrevistado reproduz algumas noções deturpadas a respeito de “energia” advindas dos LDBEMs, ao se referir a “moléculas de energia” como se esta fosse matéria. Outra consideração a respeito do excerto de PEMB2 é a ideia de “moléculas de alimentos”, posto que os alimentos são constituídos por misturas de substâncias e não moléculas. Ainda predomina a ideia de partir dos aspectos mais simples para os mais complexos, considerando a hierarquização do conhecimento.

Assim, cabe aos professores utilizarem, juntamente com os estudantes, palavras (signos, linguagens, simbologias, representações) adequadas à expressão do pensamento típico à forma escolar de conhecimento, que se diferencia do cotidiano. É importante levar em conta o entendimento de que não há transformação, em aulas de CNT, dos sistemas de conceitos típicos ao cotidiano escolar, mas, sim, uma influência recíproca entre ambos, que permite a evolução da compreensão dos conhecimentos ao longo de vivências educativas interativas e diferenciadas (VIGOTSKI, 2001).

As respostas dos 27 EEEM2s mostram um posicionamento com mais liberdade e certeza nas suas afirmações. O apontado pelo gráfico leva a compreender que há um elevado índice de memorização ou significação conceitual por parte dos EEEM2s, uma vez que em duas das cinco afirmações (1 e 15), e em 1 que trata da “energia” para além da concepção da Biologia, os percentuais mais relevantes referem-se à afirmação CT. Na Questão 15, por exemplo, vinculada à imagem da respiração celular (mitocôndria) e à atividade aeróbica da natação, o percentual é de 63% para CT, o que corrobora a importância dada por PEMB2, no Excerto 2 do quadro 2, às imagens e aos esquemas construídos pelo próprio professor de Biologia.

Na Questão 3, que trata da obtenção de “energia” a partir dos alimentos, novamente há um índice bastante expressivo na alternativa C (63%) ao referir-se a fonte de “energia” nos seres vivos. Na Questão 5, apesar de a maioria optar pelas alternativas C e CT, há alguns percentuais que apresentam dúvidas quanto à definição do ATP.

Cabe ressaltar a dificuldade dos EEEM2s na Questão 7, que se refere aos aspectos bioquímicos e atômico-moleculares do ATP, na qual 41% são indiferentes à afirmativa, e entre 11% e 19% deles oscilam entre as afirmativas CT e DT. Esta resposta reitera toda a discussão defendida ao longo desta Tese quanto à necessidade de níveis elevados de abstração na compreensão de aspectos moleculares envolvidos na obtenção/transformação de “energia”, e como isso será efetivado no ensino de CNT, uma vez que a própria organização do livro exige esta abstração sem subsidiar efetivamente este encaminhamento, constituindo um obstáculo, pois se cria uma expectativa operacional para a aprendizagem dos estudantes e, no fim, exige-se abstração.

Índices elevados de utilização dos LDBEMs e de concordância total ou concordância nas afirmativas são evidentes nos esquemas dos EEEM2 da escola pública militar. Os esquemas remetem a altos teores de memorização em relação ao que é proposto pelos LDBEMs. Apresentam-se, contudo, também equívocos conceituais, a exemplo da definição da “realização da glicólise por meio de organismos anaeróbios”.

O esquema de E1 da EEEM2, e vários deste grupo de estudantes, são exemplos disso, uma vez que representam praticamente todos os processos envolvidos na respiração celular, inclusive com a apresentação de um saldo de ATP por E1. Será que representou suas compreensões ou apenas reproduziu o que memorizou e ainda é avaliado no Enem ou em vestibulares? Surgem indagações sobre a aprendizagem desenvolvida nas escolas quando o organizador do currículo é o LDBEM escolhido, bem como os exames de avaliação nacional ou para ingresso no ES, como o Enem e o vestibular: Será que os esquemas construídos ultrapassam o nível memorístico, promovendo a evolução da compreensão conceitual dos estudantes? Mesmo que PEMB2 se refira a aprendizagens significativas, que auxiliem os estudantes a minimamente melhorar sua vida, deixa claro, no turno 22 da entrevista, que o ensino em EEM2 também *“objetiva gabaritar as questões de Biologia”*.

Para o estudante que está iniciando a aprendizagem da composição química da matéria e as transformações exemplificadas, a compreensão destas questões não é tão simples, pois exige um nível de abstração muito complexo. Por exemplo, no caso do conceito “energia”, ainda que os estudantes usem signos típicos ao contexto escolar, como as expressões “captada”, “armazenada”, “transformada”, “energia de ativação”, isso não significa que os mesmos, necessariamente, tenham produzido sentidos e significados escolares de forma adequada. Conforme Vigotski (2001):

Não menos que a investigação teórica, a experiência pedagógica nos ensina que o ensino direto de conceitos sempre se mostra impossível e pedagogicamente estéril. O professor que envereda por esse caminho costuma não conseguir senão uma assimilação vazia de palavras, um verbalismo puro e simples que estimula e imita a existência dos respectivos conceitos na criança, mas, na prática, esconde o vazio. Em tais casos, a criança não assimila o conceito, mas a palavra, capta mais de memória que de pensamento e sente-se impotente diante de qualquer tentativa de emprego consciente do conhecimento assimilado (p. 247).

Assim, o conceito “energia” é apontado, neste trabalho, como uma referência importante sob o ponto de vista do ensino nas disciplinas da área de CNT, o que implica inúmeras compreensões, (re)contextualizações e (re)significações. Superar abordagens de cunho formalístico e fragmentado do conceito “energia” no ensino de CNT, requer mudanças tanto nos conhecimentos dos professores quanto nas suas concepções pedagógicas e epistemológicas.

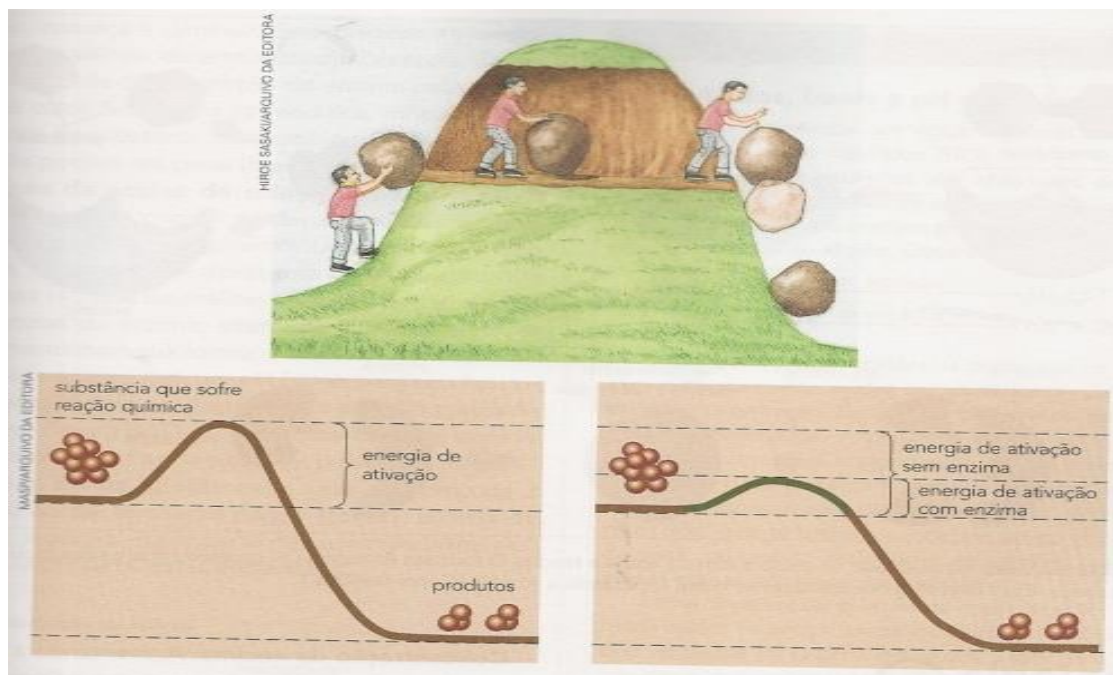
3.4 Categoria III: Analogias e imagens na explicação das reações moleculares da “energia” do metabolismo celular

No Quadro 3 são apresentados alguns excertos resultantes das análises realizadas no que se refere à Categoria 3. Esta Categoria foi identificada nos livros didáticos, nas falas das professoras e nas respostas e esquemas elaborados pelos estudantes.

Quadro 3 – Analogias para explicar reações moleculares do metabolismo celular nos LDBEM1s e LDBEM4s e uso de imagens pelo PEMB3 e EEEM3

Excerto 3 – O estoque de **ATP** em uma única célula é da ordem de um 1 bilhão de moléculas, que são usadas e repostas a cada 2 ou 3 minutos, interruptamente. Por essa razão, alguns pesquisadores comparam o **ATP** a uma “moeda energética” que circula dentro da célula e “custeia” os gastos metabólicos (LDBEM 1, p. 197).

Figura 5 – Uma comparação: como o túnel escavado no morro, a enzima diminui a energia de ativação necessária a uma reação (Cores fantasia).

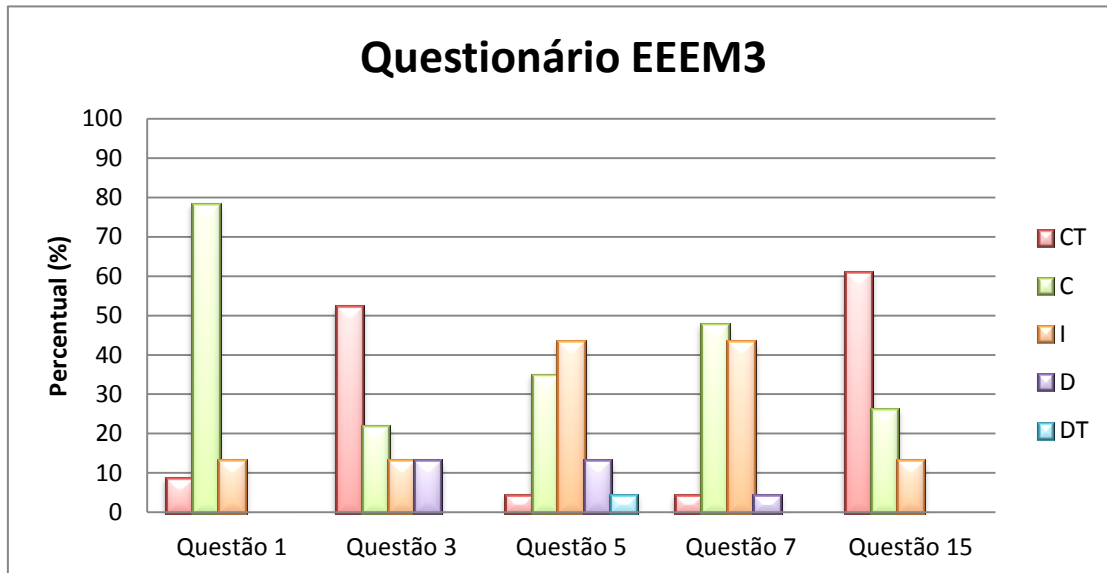


Fonte: LDBEM4, p. 72.

PEMB3 (14): Eu acho que é fundamental. E no momento que eu tiver a oportunidade de trabalhar já que eu ainda não trabalhei a parte de célula, seria mais específico da Biologia eu vou trabalhar na forma prática, pode ser até com a própria construção de uma célula, que eu tive essa experiência e foi produtiva no EM. Ou também, aqui eu estou trabalhando Física na 8ª série e a gente vai visitar uma usina hidrelétrica pra ver bem essa questão da **produção** de *energia*, então seria dois tipos separados, mas eu acho que atividade prática seria fundamental.

Porcentual de respostas às questões 1, 3, 5, 7 e 15 do questionário dos EEEM3

Gráfico 4 – Porcentual de CT, C, I, D e DT a cada uma das afirmações: Questão 1 – “energia” na área de CNT; Questão 3 – “energia” dos alimentos; Questão 5 – definição de ATP e analogia; Questão 7 – ATP num enfoque bioquímico e, Questão 15 relaciona respiração celular (mitocôndria) e natação, com imagens



Esquema 3



E3 – EEM3

O Excerto 3, extraído de LDBEM1, apresenta uma explicação correta do ATP. O ATP, contudo, é comparado a uma “moeda energética”. Sobre as analogias, cabe inferir que elas foram identificadas em cinco dos nove LDBEMs investigados. Se o professor não tiver uma leitura crítica ou interferir nestas abordagens, elas podem prejudicar a aprendizagem de conceitos, confundindo o estudante. A aprendizagem é dificultada ainda mais pelo uso de metáforas e analogias, com o intuito de efetuar a transposição didática do conhecimento científico do estudante (LOPES, 2007) em detrimento do conteúdo e da conceitualização que tanto se almeja.

Conceitos básicos de Biologia, Química e Física, abstratos por natureza, necessitam ser usados com mobilização da capacidade de pensar conceitualmente sobre eles, entendendo-os de forma dinamicamente inter-relacionada. Tratam-se de conceitos cujos significados assumem vieses diferenciados no âmbito cultural próprio a cada uma das disciplinas da área de CNT, as quais precisam colaborar na construção conceitual dos alunos.

A Figura 5 (Quadro 3) traz à tona representações que constam em LDBEM4s nos quais a noção de que as enzimas reduzem a “energia de ativação” das reações era reportada à visão de um “morro energético” a ser “subido”. Será que tal representação auxilia, ou não, as compreensões conceituais escolares coerentes com os conhecimentos científicos sobre a “energia de ativação” envolvida nas atividades enzimáticas? Cabe refletir que dificuldades no Ensino Superior em tratar de conceitos complexos, a exemplo do mecanismo de reação enzimática, repercutem na formação conceitual dos professores e acabam abordadas com superficialidade na Educação Básica.

A “energia” inicial necessária para que ocorra uma reação química é denominada “energia” de ativação; ela também é necessária para romper as ligações químicas das substâncias a serem transformadas. Ao adicionar um catalisador como uma enzima, esta modifica o caminho da reação, portanto diminui a energia de ativação.

Cabe destacar o papel do professor em interpretar e explicitar o que a figura está simulando, bem como a importância de articulação química e biológica. Não há necessidade da Química Orgânica, mas uma Química mais voltada para a Biologia, que construa os conceitos de níveis mais gerais.

Como já discutido neste trabalho, é importante que, no ensino de CNT, os aprendizados dos conteúdos/conceitos extrapolem os conhecimentos restritos, que acomodam a razão às formas de pensamento presas ao concreto. É preciso ter uma visão crítica sobre o

ensino, seja nas abordagens em LDBEMs ou em aulas, em que as explicações limitam-se à introdução de analogias e metáforas que, ao invés de propiciar avanços nas compreensões conceituais, permanecem nas formas familiares de conhecimento, típicas ao cotidiano, constituindo obstáculos à construção dos aprendizados escolares. Essa reflexão é iluminada pelas considerações de Lopes (1996), com base em Bachelard (1974), sobre o uso de metáforas e imagens:

Não podemos, contudo, considerar que Bachelard defende a impossibilidade de utilização de metáforas e imagens. Sua posição 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 (BACHELARD, 1974: 63). Há mesmo em sua obra (BACHELARD, s.d: 84-85) uma discussão a respeito das boas e das más imagens, úteis para descrever um mundo que não se vê, devem ser empregadas em instância de redução: redução a ser feita pela matematização. Temos que entender as imagens como uma instituição de meios matemáticos de compreensão racional das leis e não como uma afirmação dogmática da realidade (LOPES, 1996, p. 263).

As compreensões, que extrapolam os conhecimentos usuais de um professor de Biologia, requerem conceitos químicos que, isolados e descontextualizados, não bastam por si só. O professor de Biologia do EM tem conhecimento ou não de tal complexidade, ou repete as informações dos LDs de forma a ser memorizada?

Já os PEMBs entrevistados referem-se pouco ao uso de analogias em suas explicações em sala de aula, mas em suas falas fica bem-evidente a preocupação com uma aprendizagem significativa dos estudantes e buscam maneiras de conseguir tal aprendizagem. Quando questionado **a respeito do uso de imagens no ensino de Biologia, tais como aquelas encontradas nos LDBEMs**, PEMB3 coloca não ter muito contato com os LDBEMs no que se refere à energética celular. Aposta, contudo, em atividades voltadas a situações concretas para o estudante, a exemplo da construção do modelo de célula e visita à usina hidrelétrica. São situações organizadas pelo próprio PEMB3 e não imagens propostas pelos LDBEMs. Cabe, no entanto, questionar: Seria possível organizar atividades práticas que envolvem estruturas moleculares? Como seria possível aproximar a abstração inerente a tais estruturas e reações a atividades com material concreto? Tais proposições dos PEMB3s demonstram suas fragilidades conceituais acerca da temática em estudo.

Anteriormente à aplicação do questionário, os 23 EEEM3s foram investigados quanto ao uso dos LDBEMs. Vale destacar que, por se tratar de uma escola de periferia, a frequência dos alunos é baixa, por isso foi necessário agrupar duas turmas da 2ª série do EM para se ter um conjunto de alunos mais significativo, com produção de dados para analisar.

Quanto ao questionário aplicado, os EEEM3s posicionaram-se com um pouco de cautela. Nas questões 3 e 15 o percentual que prevaleceu foi o CT; isso porque a Questão 3 está voltada aos seres vivos e ao alimento. Na Questão 15, 61% de marcações na alternativa CT podem ser justificadas pela aproximação do aspecto celular da mitocôndria a um aspecto cotidiano como a natação. Na Questão 1 prevaleceu a alternativa C, com percentual de 78%, com uma diferença significativa das outras duas opções registradas. Interessante observar que nem D e nem DT obtiveram algum percentual. Somente nas Questões 5, em que se refere às analogias presentes em muitos LDBEM, e 7, que trata de aspectos bioquímicos da energética celular, os alunos ficaram bem-divididos entre concordar ou posicionar-se indiferentes. Na Questão 5 a alternativa I obteve 43% das marcações contra 35% de C. Na Questão 7 prevaleceu a alternativa C com 48%, contra 43% da alternativa I.

Interessante destacar que dos 50 esquemas selecionados nesta pesquisa das 5 EEMs, somente neste coletivo de estudantes foi identificada uma analogia com a comparação da respiração celular ao telefone celular. Além desta compreensão distorcida ou brincadeira proposta por E3EEM3, vale destacar que este estudante ainda não abstraiu e não avançou nos aspectos da respiração celular, uma vez que seu esquema está voltado às trocas gasosas que acontecem na respiração pulmonar. Assim, explicações relativas aos sistemas de reações enzimáticas e vias metabólicas inter-relacionadas que transformam “combustíveis” em gás carbônico e água nas mitocôndrias com consumo de oxigênio, requerem uma complexidade de conhecimentos sobre transformações em nível atômico molecular, com graus elevados de abstração, nem sempre possíveis no EM.

Nos níveis microscópicos ainda existem as dúvidas quanto à associação de ruptura e formação de ligações (ou de interações intermoleculares), como também quanto à identificação desses fenômenos com alterações na energia potencial das partículas envolvidas (BARROS, 2009, p.1).

Dificuldades de compreensão conceitual de processos de transformação de estruturas moleculares são preocupantes, considerando-se que o ensino não tem favorecido a perspectiva das inter-relações entre conhecimentos de Biologia e Química no EM. Graus de abstração requeridos para a compreensão de estruturas e fenômenos moleculares poderiam ser atingidos se o ensino na área de CNT fosse desenvolvido de forma a favorecer necessárias conexões entre conceitos das disciplinas. Uma readequação dos programas de ensino favoreceria isso, com estudo da energética celular no 3º ano do EM de forma articulada com a Química.

3.5 Categoria IV: Aspectos do conceito energia relacionados ao cotidiano

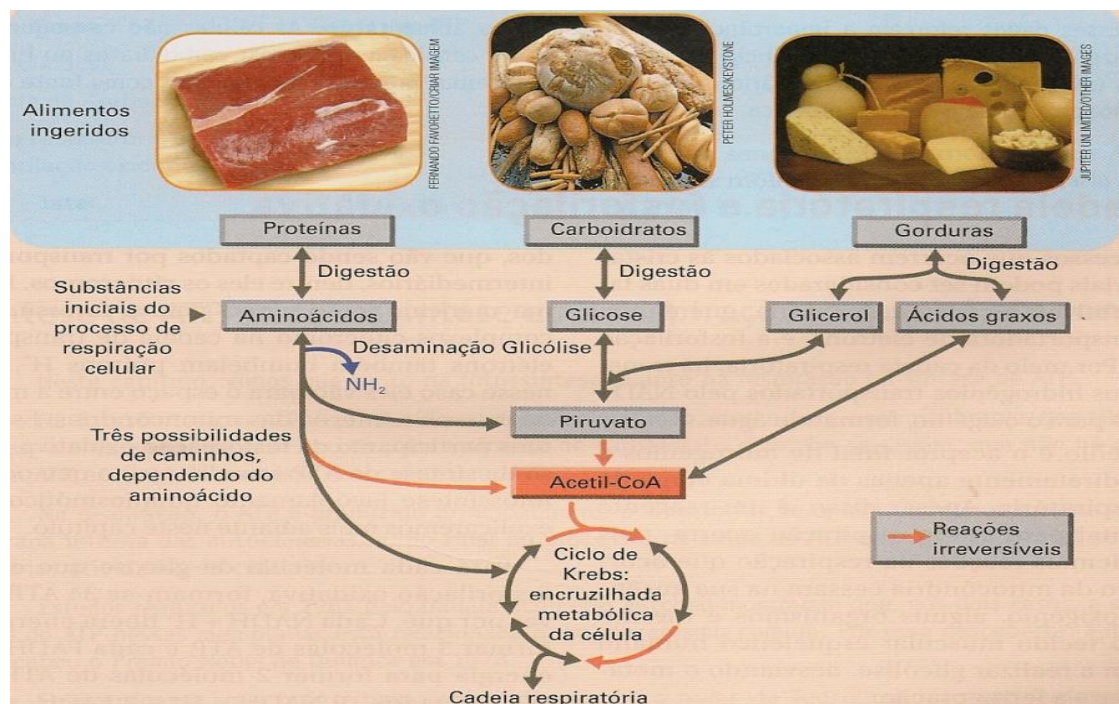
O Quadro 4 apresenta alguns excertos resultantes das análises realizadas, no que se refere à Categoria IV, encontrados nos LDBEMs, nas entrevistas com PEMB, questionário e esquema aos EEEMs.

Quadro 4 – Aspectos do conceito energia relacionados ao cotidiano segundo os LDBEM2s e 8, PEMB4s e EEEM4s

Excerto 4 – A **energia liberada** pelas células dos jogadores da fotografia, por exemplo, permite a eles localizar a bola, mover o corpo em direção a ela, manter o equilíbrio, correr, localizar os outros jogadores do time, decidir em que direção chutar a bola e manter suas funções vitais; tudo praticamente ao mesmo tempo (LDBEM2, p. 122).



Figura 6 – Ciclo de Krebs: a grande encruzilhada metabólica da célula

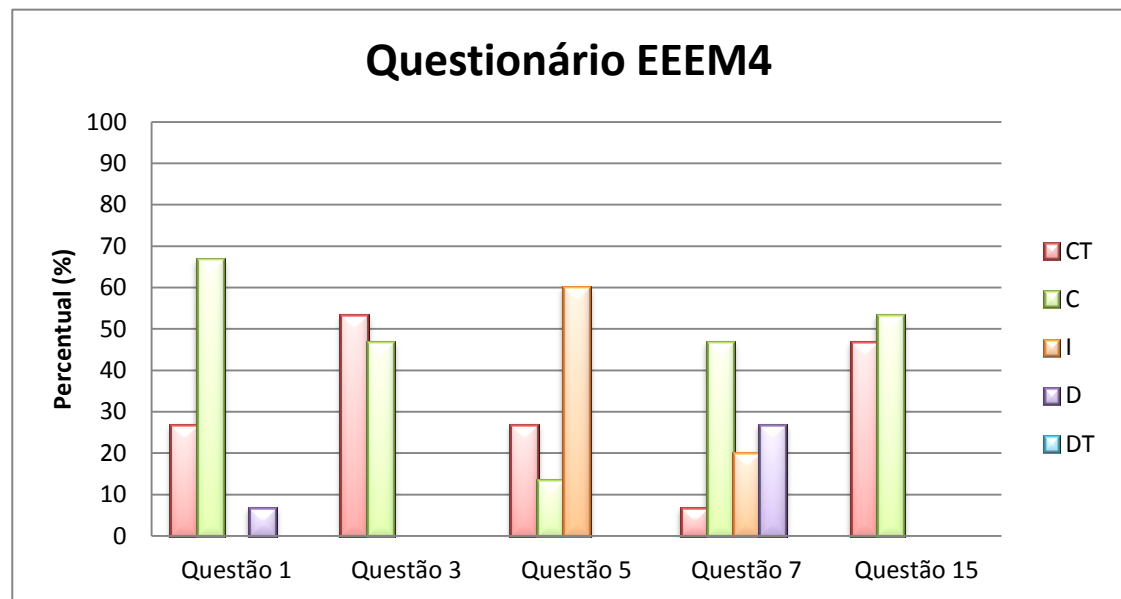


Fonte: LDBEM8, p. 335.

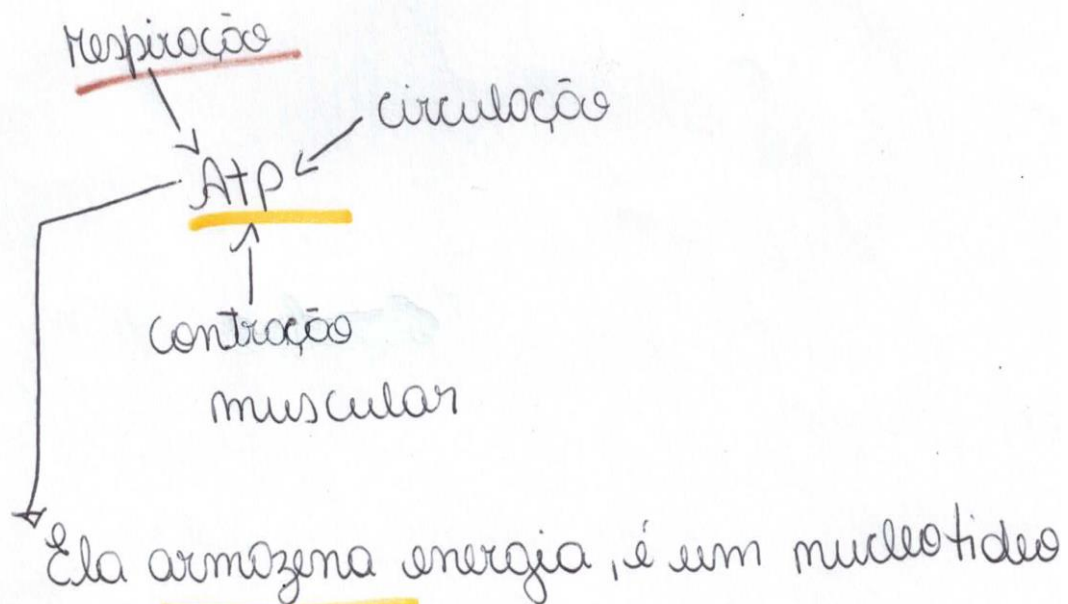
PEMB4 (38): Eu acredito que sim. Eu acho que [...] uma atividade bem simples acredito eu, a menos que esteja errada, de temperatura, frequência respiratória, frequência cardíaca em repouso e após uma atividade quando você tem a produção de suor, faces ruborizadas, quer dizer, isso é um fenômeno que acontece porque? Em virtude de que houve um **gasto de energia**, alterou a temperatura. O suor é uma consequência para exalar essa temperatura, esse calor. A questão da ingesta dos alimentos deles, fazer uma tabela da ingesta diária, da questão de calorias, eu acredito que sim, sempre tem formas de se trabalhar a questão *energética* envolvida.

Porcentual de respostas às questões 1, 3, 5, 7 e 15 do questionário dos EEM4

Gráfico 5 – Porcentual de CT, C, I, D e DT a cada uma das afirmações: Questão 1 – “energia” na área de CNT; Questão 3 – “energia” dos alimentos; Questão 5 – definição de ATP e analogia; Questão 7 – ATP em um enfoque bioquímico e, Questão 15 relaciona respiração celular (mitocôndria) e natação com imagens.



Esquema 4



No Excerto 4 do Quadro 4, é possível perceber uma tentativa, por parte das abordagens dos LDBEMs, de aproximar os conceitos científicos com situações cotidianas, mesmo que estes ainda sejam mais a título de comparação do que uma proposta contextual de fato. Logo após o texto de fácil compreensão são apresentadas células, estruturas microscópicas, fórmulas químicas e desenhos representativos.

Em casos como o da Figura associada ao Excerto 4 e da Figura 6, presentes nos LDBEMs, observam-se explicações, apesar de as mesmas não garantirem nada sem a significação. São imagens bastante relacionadas aos contextos cotidianos dos estudantes, mas que não possibilitam avançar em compreensões conceituais. Por exemplo, a imagem da Figura 6 não mostrou que, até Piruvato, a glicólise produz ATP. Seria importante considerar as reações que produzem um saldo energético de ATPs. A “queima” de gordura na respiração produz mais energia do que a de outras substâncias. Por exemplo: um grama de gordura na respiração produz duas vezes mais ATP do que um grama de carboidrato ou de proteína.

Discute-se produção de “energia” a nível celular, mas não em relação a um processo catabólico para converter constituintes dos alimentos, como glicídios e lipídios, a moléculas pequenas que podem ser absorvidas pela célula por meio de sua membrana celular. A digestão alimentar cumpre esta função para que os nutrientes sejam absorvidos à luz intestinal e conduzidos pela corrente sanguínea ao sistema celular constituinte dos diferentes tecidos do organismo humano.

Em abordagens como as da Figura 6, as relações com situações cotidianas, exemplificadas nos alimentos representados, são importantes para estabelecer conexões com situações vivenciais dos EEEMs, porém há necessidade de problematização destas imagens pelos PEMBs para as mesmas não correrem o risco de constituírem obstáculos realistas ao conhecimento caso permaneçam atreladas somente às concepções vivenciais.

Na resposta à Questão: **Como você vê possíveis relações entre o significado conceitual de energia a ser ensinado na escola e situações da vivência cotidiana? De que forma poderiam ser contempladas relações com contextos cotidianos?** Pode-se compreender que as relações que PEMB4 estabelece com contextos cotidianos também estão limitadas às exemplificações que envolvem as atividades físicas e aspectos da alimentação. Tratam-se de situações importantes para potencializar relações entre a energética celular e a “energia” presente no dia a dia. Percebe-se, contudo, um distanciamento entre as explicações dos LDBEMs e das imagens, em uma perspectiva mais complexa da apresentada no discurso

dos PEMBs em contexto escolar, que possivelmente não rompem com concepções do senso comum dos estudantes ou que, simplesmente, memorizam o que os LDBEMs propõem. Acerca da relação conhecimento cotidiano e científico, Lopes (1999) reitera que:

[...] um dos obstáculos a ser suplantado pelo conhecimento científico em seu processo de desenvolvimento e construção é o conhecimento cotidiano. Conhecemos sempre contra um conhecimento anterior, contra nossas primeiras impressões, suplantando o empirismo do conhecimento cotidiano e familiar (p. 138).

No Gráfico 4 foram identificados os percentuais de concordância, indiferença ou discordância das alternativas analisadas na pesquisa. Somente com a Questão 3, que faz referência aos alimentos que são do contexto vivencial, os estudantes concordaram com maior segurança, uma vez que prevaleceu 53% para opção CT e 47% para opção C.

Na Questão 15, quando se utiliza uma imagem comparativa de situação cotidiana com a organela celular (mitocôndria), também prevaleceram somente os percentuais de concordância, divididos em 53% para C e, 47% para CT. Na Questão 1, em que aspectos interdisciplinares do conceito “energia” são ressaltados, também permaneceram as opções que concordam com a afirmação: 67% para a opção C, 27% para CT e um tímido 7% para a opção D.

Ao contrário dos outros EEEMs até aqui analisados, EEEM4 tiveram mais dúvidas na afirmativa 5 do que na 7. Dos EEEM4s, 60% optaram por assinalar a opção I quando foi utilizada uma analogia para tratar do ATP; outros concordaram totalmente ou apenas concordaram com a afirmação. Chama a atenção nesse grupo de estudantes que 47% concordaram com a afirmação 7, considerada a mais complexa do conjunto analisado e, ainda, mais 7% de concordância total. Indiferentes, no entanto, mostraram-se 20%, e 27% discordaram da afirmação.

Quanto aos esquemas produzidos pelos EEEM4s, estes se restringiram a conjunto de palavras relacionadas aos processos celulares e ilustrações simplificadas. O esquema apresentado no Quadro 4 foi o do E3 por tentar aproximar o conceito “energia” de situações da vivência de cada ser humano: respiração, circulação e contração muscular. Observa-se a noção do ATP como “energia” que pode ser armazenada, o que também foi recorrente nos LDBEMs analisados. São abordagens que carecem das interferências dos PEMBs para elucidar que o ATP não é um lugar para guardar ou armazenar “energia”, pois o organismo humano precisaria de 180 kg diários de ATP e dispõe apenas de 50 gramas, ou seja, é

impossível imaginar em termos de massa a quantidade de ATP necessária para manutenção dos processos vitais. Uma explicação aceitável é a de que: “O estoque de **ATP** em uma única célula é da ordem de um 1 bilhão de moléculas, que são usadas e repostas a cada 2 ou 3 minutos, interruptamente” (LDBEM1, p. 197).

Os LDBEMs, tanto nos excertos quanto em algumas imagens, os PEMBs e os próprios EEEMs expressam algumas relações conceituais de “energia” com situações cotidianas. Estas abordagens e ações isoladas precisam ser assumidas pela escola e, dentro dela, pelo professor de CNT, com o compromisso de disponibilizar aos cidadãos o acesso aos conhecimentos produzidos nas Ciências, bem como desenvolver e compreender modos adequados de transformação dos conhecimentos científicos em conhecimentos escolares, os quais, por natureza, mantêm relações com conhecimentos cotidianos.

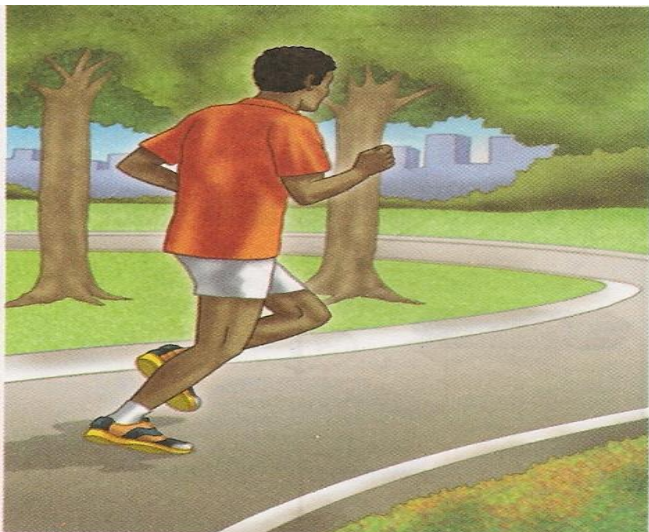
3.6 Categoria V: A interdisciplinaridade no ensino e a aprendizagem de energia

A Categoria V também foi encontrada em todos os materiais analisados na pesquisa. O Quadro 5 apresenta alguns excertos resultantes das análises realizadas no que se refere à Categoria 5.

Quadro 5 – A interdisciplinaridade no ensino e aprendizagem de “energia” segundo LDBEM6.3 e LDBEM2, PEMB5 e EEEM5

Excerto 5 – Seção: O que é metabolismo? Lembrete: Há um bom grau de interdisciplinaridade em todo este capítulo, que trabalha com conceitos relacionados à **Química** (reações químicas do metabolismo). É importante frisar esta relação com alunos, mostrando que a discussão, aqui, é da vida ao nível das moléculas e de suas transformações nas células vivas, que obedecem as leis da **Física** e da **Química** (LDBEM 6.3, p. 9).

Figura 7 – A energia química obtida por uma pessoa é, por exemplo, convertida em energia de movimento e calor



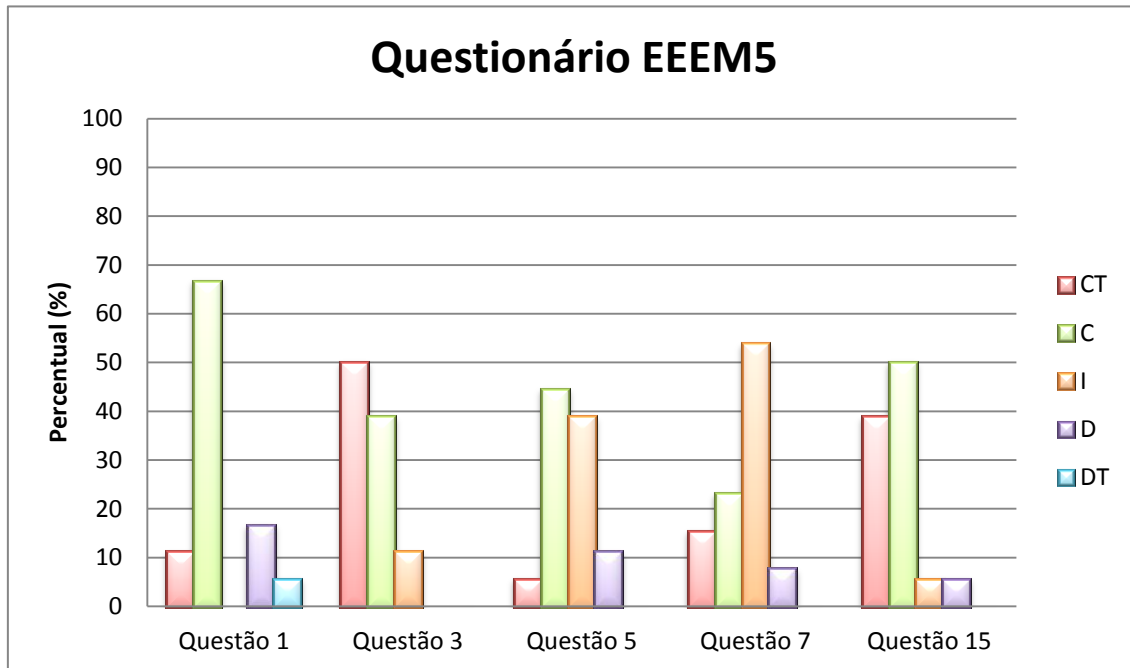
Fonte: LDBEM 2, p. 123.

PEMB5 (14): Eu acho que não. Eu acho que cada um leva a questão da *energia* para a sua formação. Por exemplo, se você vai falar com um professor de **Física** ele vai ter um conceito diferente de *energia*, a **Química** tem um conceito diferente, eu vejo que cada um leva para a sua Graduação esse conceito da *energia*. [...] ele é um conceito amplo na verdade. Para cada disciplina ele se estreita de uma maneira, um ramo de *energia*. Se tu vai falar para o aluno em *energia*, ele vai pensar na luz que ele precisa, no sol, não na outra versão da questão dos alimentos, a questão de todo o processo dentro do corpo humano, de todo processo que acontece de digestão, para que o corpo tenha essa *energia*. [...] Essa inter-relação não existe, eu acho que são coisas bem-separadinhas. E por mais que você procura mostrar para o aluno é bem difícil. Eu notei que como eu trabalho agora, esse ano, com ensino técnico, têm coisas, têm conceitos que eles enxergam, veem em outras disciplinas, eles não conseguem quando a gente fala e eu puxo porque eu sei o que os professores trabalham. Ah é, a gente viu isso lá, pois é, mas é uma mesma coisa sabe, eles têm essa dificuldade. Eu não sei se é nós ainda que não conseguimos fazer uma englobação total para eles, eles estão ainda assim em gavetas (Questão referente às compreensões dos colegas acerca de “energia”).

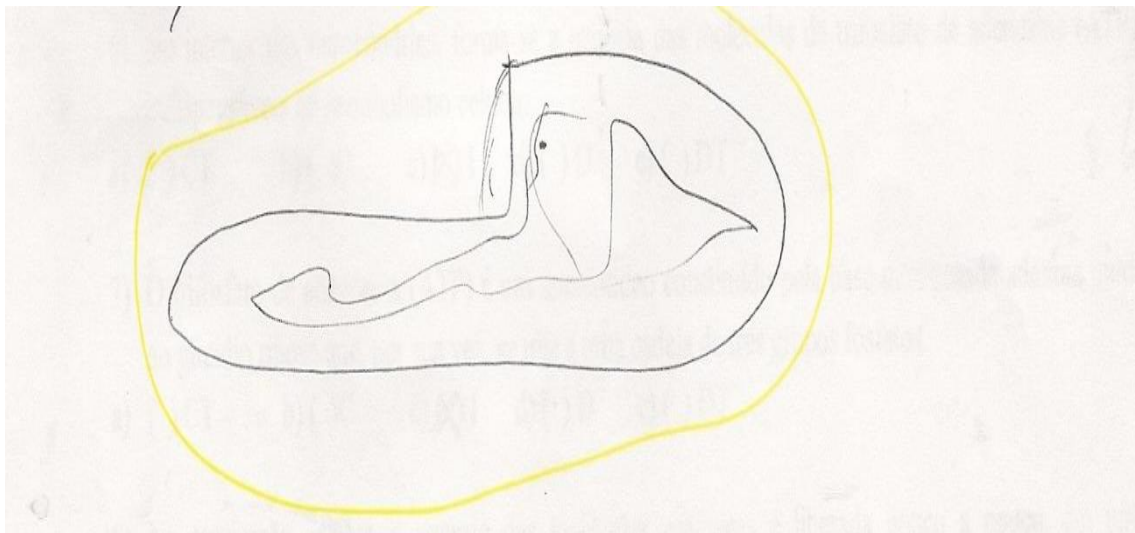
PEMB5 (48): Eu acho que ela é essencial, só que ela não acontece. Cada componente curricular faz a sua parte, explica do seu jeito, e não há essa interdisciplinaridade. Acho que essa é uma das coisas mais difíceis que nós enfrentamos na escola, a questão da interdisciplinaridade, por mais que a gente diz que a gente trabalha, até eu vejo no médio assim a coordenadora (...), mas a gente não consegue fazer o que realmente deveria fazer de interdisciplinar.

Porcentual de respostas às questões 1, 3, 5, 7 e 15 do questionário dos EEM5

Gráfico 6 – Porcentual de CT, C, I, D e DT a cada uma das afirmações: Questão 1 – “energia” na área de CNT; Questão 3 – “energia” dos alimentos; Questão 5 – definição de ATP e analogia; Questão 7 – ATP num enfoque bioquímico e, Questão 15 relaciona respiração celular (mitocôndria) e natação, com imagens.



Esquema 5



E1 – EEM5

Acerca da interdisciplinaridade, as abordagens nos LDBEMs relacionadas ao conceito “energia” ainda são poucas. Nesta análise foram observadas somente em 12 excertos. Nos processos de ensino, contudo, os LDs, muitas vezes, constituem-se em um dos principais recursos pedagógicos usados em salas de aula, por isso é fundamental empreender esforços

em busca de uma compreensão mais ampla de repercussões de formas de explicação e abordagens. Mesmo com as avaliações e análises realizadas pelo PNLD, de modo geral os LDBEMs apresentam abordagens definidas por cunho formalístico e fragmentado, em que os conceitos carecem ser mais bem explicitados e inter-relacionados em detrimento de explicações simplistas de conceitos complexos, resumidos a poucas linhas ou frases. Possivelmente, tais características podem ser atribuídas a visões positivistas, em que as ciências exatas e naturais se fecham em suas exclusivas competências (MARQUES, 1988).

São inúmeras as possibilidades de produção de sentidos aos significados conceituais relativos a abordagens de diferentes contextos e temas em estudo. É necessário, contudo, levar em conta as OCNEMs que já contextualizam que: “cada componente curricular tem sua razão de ser, seu objeto de estudo, seu sistema de conceitos e seus procedimentos metodológicos” (BRASIL, 2006, p. 102). Em Biologia são estudados os seres vivos e suas interações; em Química, os materiais, as substâncias, suas representações e transformações; e a Física incorpora o estudo dos constituintes fundamentais do universo, as forças e as interações que elas exercem entre si, e os resultados produzidos por essas interações. Em geral, a Física é considerada a ciência fundamental, uma vez que as outras ciências naturais utilizam e obedecem aos princípios e leis estabelecidas por este campo. Todas têm em comum a investigação da natureza.

Os LDBEMs ou os professores, “compartilhando e articulando linguagens e modelos que compõem cada cultura científica, estabelecem mediações capazes de produzir o conhecimento escolar, na inter-relação dinâmica de conhecimentos diversificados” (p. 103). As amplas interconexões conceituais se justificam na medida em que cada disciplina tem razão de ser e não há maneira de se desenvolver capacidades tão abrangentes que se estendam para todas (MALDANER; ZANON, 2010).

A análise da Figura 7, aparentemente de fácil compreensão, mas com uma complexa rede de conceitos das três áreas de CNT presentes, tem necessidade de abstração nas abordagens. A Figura 7 acena para a exigência da valorização de conhecimentos relativos aos processos de significação conceitual mediante ações coletivas com interação entre professores com formação disciplinar diversificada, uma vez que ela remete a compreensões que ultrapassam os campos de estudo da Biologia. Cabe ao professor de Química contribuir com explicações relativas às substâncias, transformações, interações em nível atômico-molecular, energia de ligação, dentre outros, e ao professor de Física explicar sobre as diferentes formas de energia, movimento, luz e calor.

Dada a sua importância nos processos de ensino na área de CNT, a perspectiva da interdisciplinaridade foi contemplada em duas questões da entrevista semiestruturada. A Questão 4 tratava da percepção do PEMB5 em relação aos colegas da área sobre o conceito “energia”: **A partir de seus contatos com professores de escola, alunos da Graduação e Mestrado, segundo sua percepção, quais as compreensões/concepções mais usuais do conceito “energia”? (Considere as áreas Biologia, Química e Física)**. Pela resposta destacada no Quadro 5, o PEMB5 (15) reforça a presença de uma limitação recorrente na área de CNT, em que os professores em seus processos formativos constroem sentidos diversificados ao significado conceitual de “energia” e mantêm essa concepção quando esse conceito é ensinado aos estudantes, que, também, não conseguem romper com essa fragmentação. Segundo o PEMB5, as compreensões dos conteúdos e abordagens das disciplinas pelos EEEM5s, *“estão ainda assim em gavetas”*.

Este depoimento permite discutir que há PEMBs preocupados com processos de ensino significativamente relevantes, e outros que simplesmente aceitam a forma como o sistema educacional está organizado distante dos processos interdisciplinares, contextuais e dinâmicos, propostos pela legislação educacional brasileira. Na postura dos docentes entrevistados, contudo, não foi possível identificar qual a conduta deles. O reconhecimento disso é mais complexo e envolve inúmeros fatores, para além dos conceituais.

Todos os professores envolvidos na pesquisa destacam que a interdisciplinaridade é uma iniciativa ainda tímida nos contextos escolares. Consideram a interdisciplinaridade importante e necessária para auxiliar a introduzir um processo de ensino-aprendizagem significativo de fato, mas colocam o quanto é difícil desenvolvê-la na escola. Ao ser questionado sobre: **Como vê a perspectiva da interdisciplinaridade no ensino e na aprendizagem do conceito energia?**, o PEMB5 (48) (Quadro 5) afirma que ela é essencial, que talvez seja uma das maiores dificuldades a ser enfrentadas, mas que, no contexto escolar em que atua, *“ela não acontece”*.

Assim, dificuldades de compreensão conceitual de processos de transformação de estruturas moleculares são preocupantes, considerando-se que o ensino não tem favorecido a perspectiva das inter-relações entre conhecimentos de Biologia, Química e Física no EM.

Das cinco Questões analisadas no Gráfico 5, prevaleceu a concordância com as afirmações das Questões 1, 5 e 15, as quais tratam de abordagem interdisciplinar, e utilizam uma analogia e uma figura, respectivamente. Prevaleceu a opção CT na Questão 3, que aborda

aspectos cotidianos de obtenção de “energia”. Na maioria dos EEEMs envolvidos na pesquisa prevaleceu dificuldade na Questão 7, quando aspectos abstratos e bioquímicos são abordados; 54% dos 18 EEEM5s marcaram a alternativa I para essa afirmação.

Nesse contexto, mesmo que o estudante consiga memorizar a explicação como está no LD, é difícil dimensionar o significado conceitual ao que está explicado aí. Por isso, defende-se a necessidade constante de interações entre as áreas de CNT, na perspectiva de um ensino e formação mais relevante neste campo.

Quanto aos esquemas produzidos pelos EEEM5s, estes se restringiram a ilustrações simplificadas, a exemplo do E1EEM5 (Quadro 5), quando E1 desenhou a mitocôndria, mas não trouxe outros aspectos da respiração celular. A interdisciplinaridade não foi contemplada nos esquemas deste grupo, eles confirmam o que já havia sido mencionado pelo PEMB5 (48), acerca da interdisciplinaridade, na entrevista: *“Eu acho que ela é essencial, só que ela não acontece. Cada componente curricular faz a sua parte, explica do seu jeito, e não há essa interdisciplinaridade”*. Alguns EEEM3s procuraram contemplar palavras aos seus desenhos e outros se utilizaram conjuntos de palavras relacionadas aos processos celulares.

Diante das limitações dos LDBEMs, das abordagens de PEMBs e das dificuldades em aprofundar a compreensão sobre a energética celular entre os EEEM5s, reafirma-se que o ensino da energética celular exige, por parte dos professores de Biologia, abertura para interagir com os professores de Química e Física e vice-versa, com ações articuladas que permitam compreensões coerentes com as ciências. Para avançar na significação dos conceitos, é necessário mobilizar pensamentos em redes de relações entre conceitos, sendo imprescindível a ajuda dos professores das demais disciplinas da área de CNT.

Dificuldades por parte dos professores em compreender e ensinar as interconversões ATP/ADP e os demais conteúdos relativos à “energia”, podem ser atribuídas a processos formativos baseados no currículo tradicional, em que cada disciplina trata os conteúdos sem interlocuções dos pares, não promovendo um ensino inter-relacional dentro da própria área, tal como afirmado pelo PEMB5. Limitações a compreensões conceituais, apesar de avanços nas abordagens, permanecem atreladas a abordagens inadequadas em LDs.

Acredita-se que inter-relações de saberes por parte de professores e estudantes permitem um enriquecimento das ideias e argumentações, concebido como fator propulsor de mudanças no ensino de ciências, em contraposição a visões simplistas, como a de que o professor seria o detentor de conhecimentos “verdadeiros”, bem como a concepção extremista de que o “aluno constrói o seu conhecimento”, o que não concebe o papel mediador do professor. Assim, afirma-se:

o que afeta diretamente o desenvolvimento dos conteúdos científicos em sala de aula é a maneira como o docente é formado ou até mesmo a visão que possui sobre o que é Ciência e a atividade científica. ...os professores parecem possuir uma concepção arraigada de que ensinar conteúdos científicos é transmitir conhecimentos prontos. Assim, torna-se difícil esperar que um professor formado com uma concepção de Ciência como algo estático desenvolva práticas que privilegiem outra visão da atividade científica, se ele próprio não vivenciou tal processo (LONGHINI, 2008, p. 243).

Sem a compreensão de um ensino de ciências articulado com as especificidades das disciplinas, bem como sem considerar os processos de desenvolvimento mental dos estudantes, necessários às compreensões de conceitos complexos, o ensino da área permanecerá distante da finalidade atribuída a ele pela LDBEN: a de desenvolver o pleno desenvolvimento dos educandos (BRASIL, 1996).

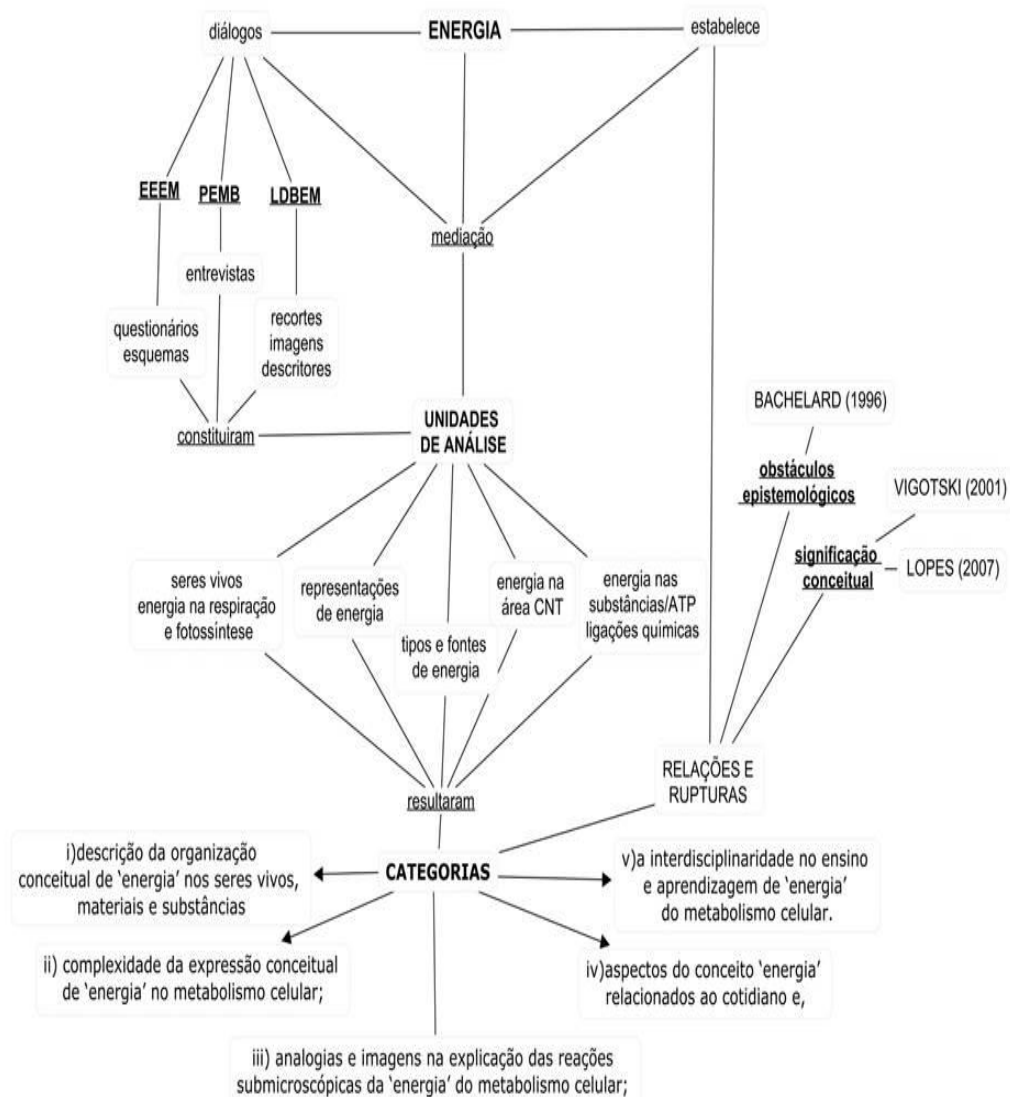
Reafirma-se aqui a tese de que somente pelas interações entre PEMBs e EEEMs é que será possível avançar nas compreensões do complexo conceito de “energia”, amplamente abordado nos LDBEMs e relacionado ao ensino de inúmeros conceitos da área de CNT, e, assim, romper com aprendizados que ocorrem mais pelos níveis de memorização do que de significação, pois todos os esquemas parecem fortemente influenciados pelo LD de cada grupo, ou seja, o estudante reproduz mais o que os LDBEMs abordam do que produzem novas compreensões sobre os conceitos abordados. Observa-se que os estudantes ainda se encontram no nível memorístico do conhecimento, reproduzindo esquemas, com pouco uso de outras maneiras de expressar a compreensão dos conceitos.

Tudo isso direciona a visão do papel essencial da escola: o de propiciar o acesso pedagógico aos conhecimentos científicos de modo que o estudante, tendo se apropriado das linguagens e das formas de pensamento próprias às ciências, saiba fazer uso delas ante a situações-problema em casos reais em estudo. Essas e outras perspectivas advindas do estudo são trazidas para discussão no Capítulo seguinte.

**4 CONCEITO ENERGIA:
RELAÇÕES E RUPTURAS ENTRE LIVROS DIDÁTICOS,
PROFESSORES E ESTUDANTES**

Este Capítulo objetiva apontar como a identificação de abordagens, concepções e aprendizados de “energia”, realizados na pesquisa, puderam permitir reflexões e auxiliar nas compreensões deste conceito, possibilitando aproximações entre a tríade LDBEM, PEMB e EEEM na perspectiva de significar os conhecimentos sobre a temática em contexto escolar, propiciando novas aprendizagens. Propõe-se a retomada da tese no mapa conceitual (Figura 8) construído ao longo da pesquisa.

Figura 8 – Mapa conceitual sistematizador da pesquisa



Fonte: Elaborada pela autora.

No mapa conceitual são contemplados o tema da pesquisa, as fontes de dados, as unidades e categorias de análise e o referencial teórico que orientou a discussão no diálogo com as análises e reflexões iniciadas no Capítulo 3. Partiu-se do interesse em dar continuidade aos estudos voltados ao conceito “energia”, iniciados na Iniciação Científica e no Mestrado, relacionados às compreensões do conceito em processos de formação inicial e continuada. Nesta pesquisa, o enfoque no conceito “energia” permaneceu, mas de maneira ampliada, com novos estudos que procuraram analisar as abordagens nos LDBEMs, a compreensão dos

PEMBs sobre tal conceito e como os EEEMs expressam a aprendizagem deste conceito. A partir da análise dos recortes de excertos do LDBEM, que continham palavras/descriptores referentes à “energia”, foram identificadas cinco unidades de análise: 1) seres vivos e energia na respiração, fermentação e fotossíntese; 2) energia nas substâncias, nas ligações químicas e nas reações dos organismos – ADP e ATP; 3) representações de energia (figuras, modelos, tabelas,...); 4) energia na área de CNT; 5) tipos e fontes de energia; que nortearam os estudos do material produzido junto aos PEMB e EEEM.

Destacaram-se as Unidades de Análise: 1) “energia” nos seres vivos, respiração e fotossíntese; 2) “energia” nas substâncias e ligações químicas – ATP/ADP; e 3) “energia” nas representações, identificadas em todos os dados. A partir das Unidades de Análise foram construídas as categorias que possibilitaram as discussões a partir de cada um dos cinco quadros analisados no Capítulo anterior e que norteiam as análises neste Capítulo.

4.1 “Energia” nos LDBEMs, nas falas dos PEMBs e dos EEEMs

Mesmo com vários recursos disponíveis ao ensino, construídos na prática docente por grupos de pesquisa e orientações nas DCNEMs (BRASIL, 1998), PCNEM (BRASIL, 1999 e OCNEMs (BRASIL, 2006), o que prevalece em sala de aula nos processos de ensino é o LD. Este, muitas vezes, se constitui em um dos principais recursos pedagógicos usados em salas de aula, por isso se considerou fundamental empreender esforços em busca de uma compreensão mais ampla de repercussões de formas de explicação sobre objetos complexos como os das figuras e excertos analisados acerca do conceito “energia”.

Apesar das avaliações e análises realizadas pelo PNLN, de modo geral os LDBEMs, ainda apresentam abordagens de cunho formalístico e fragmentado. Os conceitos carecem de explicitações e inter-relações em detrimento de explicações simplificadas de conceitos complexos, resumidos a poucas linhas ou frases.

Não raro, o LD orienta os planejamentos e as ações mediadas pelo professor em sala de aula. Esquece-se que este material foi pensado como um suporte didático para que o aluno tenha acesso aos conceitos em momentos distintos ao da sala de aula, que tenha no LD uma fonte de pesquisa, um recurso, mas não um orientador curricular. Não é difícil encontrar expressões nos LDBEMs que orientam as ações como as apontadas por Bachelard (1996):

Peguem um livro de ensino científico moderno: apresenta a ciência como ligada a uma teoria geral. Seu caráter orgânico é tão evidente que será difícil pular algum capítulo. Passadas as primeiras páginas já não resta lugar para o senso comum; nem se ouvem as perguntas do leitor. Amigo leitor será substituído pela severa advertência: preste atenção, aluno! O livro formula suas próprias perguntas. O livro comanda (p. 3).

São observações bastante pertinentes, uma vez que nas coleções analisadas, realmente, as relações com os conhecimentos cotidianos, em geral, abrem os capítulos, logo seguidas por definições conceituais e ilustrações complexas, de estruturas microscópicas ou moleculares que nem sempre são problematizadas ou significadas pelos docentes. Afirma PEMB2 no excerto 2, identificado em entrevista: “se tu abres um livro de Biologia onde trata respiração celular tu só vê fórmula química, e para o olhar biológico aquilo não funciona” (PEMB2). Ele coloca como trabalha as imagens em suas aulas, indicando que prefere construir as suas próprias representações ao invés de seguir as dos LDBEMs.

PEMB2: [...]. Eu montei um esquema meu, um desenho e depois que eu montei esse esquema, eu não encontrei coisa melhor, [...], porque eu tive uma forma melhor de passar para os meus alunos [...]. Eu vou falar da respiração celular, começo a aula então falando dos dois tipos de respiração: sistema respiratório: respiração pulmonar e diferencio a pulmonar da celular, e também a relação que tem entre elas. Daí eu faço um desenho de uma célula bem grande no quadro [...]. [...] e daí nós vamos lá, desenho o sol, uma plantinha bem rabiscadinha, agora vamos lá: fonte primária, fotossíntese produz glicose, tá, tá. Daí eu vou entrando glicólise no ciclo de Krebs, não vou usar a fórmula, até coloco $C_6H_{12}O_6$, falo da fórmula química, mas eu procuro usar a expressão glicólise, ácido pirúvico ou piruvato, coloco a fórmula também. Quando fala água, usa água aí eu vou desenhando, daí se a glicólise acontece no hialoplasma e eles já sabem o que é hialoplasma, nessas alturas eles já conhecem, é anaeróbia, daí não sabem o que é isso também e tal, vou indo. Daí quando entra na mitocôndria, eu falo que toda aquela célula que a gente desenhou ali está cheia daquelas organelas, porém aqui nós vamos dar ênfase para a mitocôndria, então eu só desenho mitocôndria, desenho a mitocôndria, daí o piruvato entra na mitocôndria, na matriz mitocondrial, acontece ali e tal (15).

É perceptível, no seu depoimento, as tentativas em aproximar níveis macroscópicos de níveis microscópicos por meio de desenhos/esquemas, apontando algumas fórmulas químicas e estabelecendo conexões com contextos mais vivenciais, como a respiração pulmonar, a fotossíntese e o consumo/gasto de “energia”. Há um compromisso do PEMB2 de explicar, permitir a visualização de níveis celulares que requerem abstrações por parte dos estudantes, as quais posteriormente serão bem-evidenciadas por EEEM2 nos esquemas produzidos, que, mesmo com a possibilidade apontada por PEMB2 de construir as próprias imagens, muitos tratam de reproduções de esquemas, fórmulas e até mesmo saldos de ATP, a exemplo do E1EEEM2 (Quadro 2).

Compreende-se que os estudantes, que reproduzem esquemas, palavras e até mesmo saldo de ATP, não significam os conceitos e poucos entendem o objeto teórico representado pela imagem, que pode criar obstáculos animistas à construção do conhecimento escolar. Essa

linha de reflexão traz à tona considerações sobre os obstáculos epistemológicos bachelardianos, em que o acúmulo de imagens prejudica a razão, no qual o lado concreto, apresentado sem prudência, impede a visão abstrata e nítida dos problemas reais (BACHELARD, 1996).

Durante o EM nem sempre é possível desenvolver uma compreensão adequada de objetos representados por figuras em LDBEMs, quando as discussões forem orientadas de forma isolada pelas diferentes disciplinas da área de CNT. Compreende-se que estudos da termoquímica trabalhados na 2ª série em Química podem ampliar os entendimentos dos conteúdos do metabolismo energético celular na Biologia. Defende-se, nesta Tese, que, para além dessas aproximações dos conteúdos, para compreender “energia”, bem como outros conceitos da área, é essencial a articulação da área de CNT, composta pela Biologia, Química e Física no EM. Essa articulação pode contribuir para criar situações que superem as insuficiências no tratamento de aspectos bioquímicos dos conceitos tanto na Educação Básica quanto no Ensino Superior, e permitir um olhar mais crítico aos equívocos conceituais ainda recorrentes nos LDBEMs.

A articulação da área, somada ao respeito às capacidades de abstração dos EEEMs, que, em geral, são tardias e ocorrem ao longo do EM para o entendimento das estruturas moleculares e supramoleculares envolvidas na aprendizagem de “energia”, são alguns dos fatores que podem garantir maior êxito nos processos de ensino e aprendizagem deste conceito. Nessa linha de compreensão, Vigotski (2001) assevera que:

estudos especiais mostram que só depois dos doze anos, ou com o início da puberdade e ao término da primeira idade escolar, começam a desenvolver-se na criança os processos que levam à formação dos conceitos e ao pensamento abstrato. 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 (p. 159).

Por outro lado, quanto mais cedo forem problematizadas as primeiras explicações (intuição primeira), a aprendizagem e a evolução conceitual serão ampliadas e abstraídas com mais significado. Para Bachelard (1996), essa questão da abstração também é tida como de extrema importância para auxiliar no desenvolvimento do pensamento científico: “Quando a abstração se fizer presente, será a hora de ilustrar os esquemas racionais. Em suma, a intuição primeira é um obstáculo para o pensamento científico” (p. 93).

Assim, aprendizados com defasagens e limitados a meras exemplificações e ilustrações, que não levam em conta a complexidade envolvida na abstração, não propiciam processos de significação conceitual do nível atômico-molecular. As fragilidades estão para além dos conceitos, estão no caminho proposto para a aprendizagem em que os conceitos são trazidos de imediato, sem explicação. O papel do professor é interferir quando necessário, problematizando o que os LDBEMs abordam, pois, como refere Tardif (2002), o ensino se desenvolve em um contexto amplo de interações e, com frequência, “os condicionantes aparecem relacionados a situações concretas que não são passíveis de definições acabadas e que exigem improvisação e habilidade pessoal, bem como enfrentar situações mais ou menos transitórias e variáveis” (idem, p. 49).

Os estudantes nem sempre significam as palavras e compreendem o objeto teórico representado pela imagem, que podem criar obstáculos epistemológicos à construção do conhecimento escolar. Nos termos bachelardianos, é necessária uma vigilância epistemológica ao observar as imagens, uma vez que podem acomodar o pensamento, criando obstáculos aos entendimentos conceituais mediados na escola.

Pode-se afirmar que carências na formação do professor, a exemplo das concepções acerca de “energia”, ampliam ainda mais as dificuldades de compreensão dos objetos complexos expressos nos excertos e figuras dos LDBEMs relacionados à “energia” do metabolismo energético. Recortes dos depoimentos dos PEMBs reforçam estas compreensões. Quando questionados sobre o que lembravam e como expressavam seu entendimento sobre o conceito “energia” ao concluir o curso de Graduação, os PEMBs responderam:

PEMB1: Bem assim de momento. Outras assim eu não consigo lembrar. As Bioquímicas (I e II) em que a gente construiu um mapa metabólico de todos os processos de troca de energia que ocorriam dentro da célula, da produção de energia dentro da célula (6).

PEMB2: Eu lembro, não lembro não, não tenho muita compreensão. Na verdade, me parece que eu aprendi mesmo Biologia quando eu entrei para a sala de aula, não sei se é o mais comum (6).

PEMB3: Eu me lembro principalmente no componente de Citologia que a gente teve, que nós trabalhamos, mas mais assim, conceito, conceito, não atividade, algo prático (6).

PEMB4 (4): Eu não sei, a princípio o conceito de energia ele não é um conceito claro, assim que tu chega e cita ele, não é, a princípio não é. Ele é um conceito que está intrínseco ali nas disciplinas, nas explicações enfim, mas ninguém, ninguém não, não existe uma conceituação específica: energia é isso. Então se fala em energia em reações químicas que se tem, a temperatura, o calor é uma energia, é pra ser uma energia que se transfere entre os corpos, então se fala muito. Aí o ser vivo precisa de energia para sobreviver, mas o que é essa energia? [...] Eu não lembro assim durante a Graduação de ter tido uma conceituação clara disso (4).

PEMB5: O que eu lembro da questão da energia para mim ela é a vida, que tudo começa pela fabricação da energia das plantas, é ela que dá vida a todo o ambiente. Eu tenho uma lembrança assim muito da questão dos mapas que a gente fazia, de fotossíntese, de respiração, essa questão (4).

Existem lembranças dos professores ligadas a alguns momentos da Graduação, mas são pontuais e aparentemente não foram significadas, tendo em vista que se reportam ao componente e não à conceituação de “energia” ou outras relações. Pode-se afirmar que estas concepções não são as mesmas dos tempos da Graduação, mas sim o que entendem atualmente. Para esta questão, apenas PEMB4 demonstrou ter construído uma concepção mais significativa sobre o conceito “energia”. PEMB2 afirma que o que sabe construiu ao longo da prática, mas não exemplificou suas compreensões nesta questão. É necessário levar em conta que a compreensão dos objetos de estudo representados, muitas vezes extrapola os conhecimentos usuais de um professor de Biologia e requer conceitos químicos que, isolados e descontextualizados, não bastam por si só. Atualmente há um vasto movimento em prol das ciências que se interpenetram e se fundem. Conforme Marques (2002):

[...] depois de isoladas e fragmentadas as ciências se defrontam, no século XX, com o desafio de se recompor na unidade perdida através de inter-relacionamentos e inter-dependências e novas bases, não de simples sujeição de umas a outras, mas de recomposição de suas especificidades na unidade de suas intercomplementaridades, desde que o mundo contemporâneo se faz crescentemente diversificado e plural ao mesmo passo que as distâncias nele se encurtam (p. 72).

Dessa forma, o mundo de hoje se faz penetrado pelo dinamismo das ciências e é crescentemente complexo, isto é, diferenciado e plural, mas, ao mesmo tempo, unitário. Nessa perspectiva, as ciências se requerem sempre mais específicas nas áreas do saber a que se dedicam; diversificadas, por isso, interdependentes e intercomplementares. Os saberes científicos constituem-se em uma pluralidade de campos diversos que se especializam para se complementarem (MARQUES, 2002).

Assim, as considerações a partir da análise das figuras propostas no LDBEM acenam para a necessidade de valorizar os processos de significação conceitual mediante ações coletivas com interação entre professores com formação disciplinar diversificada. Cabe ao professor de Química e de Física contribuir com explicações relativas às substâncias, transformações e interações em nível atômico-molecular, auxiliando o professor de Biologia e vice-versa, com ações articuladas que permitam compreensões coerentes com as ciências.

Cabe reiterar a visão da complexidade e da amplitude do conceito “energia”, nem sempre assim consideradas no ensino de CNT, em diversos níveis. A compreensão e ressignificação do conceito passa pelo estabelecimento de necessárias conexões entre compreensões relativas a conhecimentos produzidos em contextos diversificados, desde os científicos até os cotidianos, os de nível teórico e abstrato até os vivenciais, a exemplo da respiração. São complexas as compreensões e as relações entre conhecimentos relativos às formas de “energia” envolvidas em transformações abordadas em nível atômico-molecular (WIRZBICKI, 2010, p. 73).

Nesse contexto, sem desconsiderar a importância do LD no contexto escolar, sugere-se um olhar mais crítico sobre as formas como conteúdos/conceitos são abordados, na perspectiva de preservar a coerência com as ciências e, por outro lado, valorizar as inter-relações necessárias à compreensão conceitual. Nesse sentido,

é preocupante evidenciar as dificuldades dos professores em conteúdos de Ciências, muitas vezes de nível elementar. Na carência de conhecimentos de conteúdos científicos, a interação acaba quase sempre sendo com o próprio livro didático disponível nas escolas, o que limita o aprofundamento de tais conteúdos. Além disso, a prática de consulta a livros didáticos pode reforçar alguns erros conceituais, devido à qualidade ainda sofrível de muitas destas obras. [...] Caso contrário, corremos o risco de continuarmos formando o professor pleno em metodologias, mas vazio em conteúdos (LONGHINI, 2008, p. 251).

Para avançar na significação dos conceitos é necessário mobilizar pensamentos em redes de relações entre conceitos, sendo imprescindível a ajuda dos professores das demais disciplinas da área. Sobre isso, referenda Marques (2002): “desenvolver competências de relacionar, comparar, inferir, pela estruturação mais compreensiva, coerente e aberta às complexidades das articulações entre dados, fatos, percepções e conceitos” (p. 138). Estas ações poderão constituir um processo de aprendizagem que, nas interações, possibilite a significação dos conceitos pelos estudantes.

Por conta dessas limitações em processos de formação inicial e continuada, pode-se afirmar que grande parte dos professores possivelmente ainda não percebeu a amplitude e a complexidade das relações envolvidas no ensino de “energia” na escola. É possível perceber esta afirmação nas compreensões acerca do ATP e ADP expressas pelos professores entrevistados em resposta à questão: **“Expresse a compreensão sobre a transformação: $ATP \rightleftharpoons ADP + P_i$. O que ela significa para você em termos da energia envolvida?”**

PEMB1: Perder um elétron? Tenho que dar uma revisada (28).

PEMB2: Em termos de ATP eu não tenho muita compreensão não, transformado em ADP e P, pensaria assim pra te dizer que seria quando há o consumo de energia; consumo de energia pela célula vai transformar em ADP e P, quando produz está sendo produzida pela respiração celular daí vai formar o ATP, que é uma molécula energética, bem mais energética que o ADP (24).

PEMB3: Olha, bem sinceramente, nesse momento, não é tão claro, em função que agora depois de 5 anos que eu me formei, que eu estou voltando à sala de aula. Então passei certo tempo sem trabalhar alguns conceitos, agora estou voltando. Mas a questão da geração de energia eu tenho bem claro, a questão do metabolismo que a partir do momento que os alimentos entraram no sistema digestório o final vai ser a produção de energia que é o que nos mantém vivos e faz todo funcionamento aqui do nosso corpo (20).

PEMB4: A primeira reação que é a quebra do ATP, é a quebra da molécula com a consequente liberação de energia, e aí vem de novo que é essa energia? É uma energia necessária para a função metabólica acontecer, que a meu ver se converte ou é, acaba sendo o calor num ser homeotérmico, liberando ali uma outra molécula que é o ADP com uma capacidade menor de energia, enfim, da quebra do ATP resta uma molécula de menor potencial energético, e o inverso é de novo o que? O ADP se somando a um outro elemento e aí ao fazer essa associação está somando energia

novamente, para montar de novo a molécula de ATP. A palavra criar não é o ideal, tem que tomar cuidado, pra fazer essa molécula de ATP, acho que é isso (26).

PEMB5: Essa formulazinha, eu para mim eu sempre digo para os alunos que ela é a manutenção da vida. Tem que ocorrer isso aí para que a vida continue (26).

Pode-se compreender que a maioria dos PEMBs, com exceção de PEMB2 e PEMB4, possui entendimentos bem-simplificados das interconversões entre ATP e ADP. Estes dois professores têm o maior tempo de atuação no ensino de Biologia, o que indica que esta experiência agrega conhecimentos que enriquecem suas práticas. Mesmo que os outros três PEMBs não expressem uma compreensão adequada, todos os EEEMs, tanto nas respostas à questão 3 do questionário a respeito do ATP quanto na construção dos esquemas, fizeram menção a este conceito, ainda fragilizado no entendimento dos seus PEMBs. Questiona-se se estas referências exprimem significações ou memorizações dos próprios LDBEMs utilizados, uma vez que a mesma palavra pode ser usada em outras maneiras de expressão. Conforme Marques (2002):

O uso da palavra adequada no momento oportuno é postulado pedagógico, embora se possa incorrer na ilusão de que, pelo fato de usarem as mesmas palavras, estejam todos operando com os mesmos conceitos, isto é, com a explicitação do mesmo sistema de referências. No contexto global das relações em sala de aula situa-se a docência pela mediação, tanto da palavra pronunciada como da palavra acolhida pelo outro (p. 141).

Esta questão, apontada por Marques, ilustra bem um dos problemas encontrados na relação entre professor e estudante para aprendizagem da “energia” do metabolismo celular mediada pelo LD. A compreensão deste fato pode proporcionar novas aprendizagens. Limitações relativas a compreensões adequadas decorrem de uma formação sem interlocuções dentro da área de CNT, baseadas principalmente no uso dos LDs, que possibilitam refletir que:

A abordagem dos conceitos diferencia-se apenas pela complexidade da explicação, isto é, fica mais na dependência do tipo de livro que, por exemplo, se este for volume único, os conceitos são pouco explicitados. Nestes termos, alguns livros se resumem a meras definições e assim, em poucas linhas ou frases são introduzidos muitos conceitos na forma de definição (CERRI et al., 2000, p. 128).

A forma como o ATP está abordado no LDBEM1, LD mais mencionado em toda a pesquisa pelos sujeitos envolvidos, é bastante diversa da compreendida pelos PEMBs e, conseqüentemente, pelos EEEMs:

LDBEM1: A *energia liberada* na degradação de moléculas orgânicas pelas células não é usada diretamente para a realização de trabalho celular. Antes de ser empregada nos processos celulares, a *energia é armazenada* em moléculas de uma substância chamada de trifosfato de adenosina. Essa substância, mais conhecida pela sigla **ATP** (do inglês, Adenosine Triphosphate), desempenha um papel fundamental

em todos os tipos de célula, que consiste em **captar** e **armazenar** a *energia liberada* nas reações celulares exergônicas, transferindo-a, posteriormente, para os processos celulares endergônicos (p. 195, grifo nosso).

LDBEM1: O trifosfato de adenosina, ou **ATP**, é um nucleotídeo constituído pela base nitrogenada adenina unida ao glicídio ribose que, por sua vez, se une a uma cadeia de três grupos fosfatos. As ligações químicas entre os fosfatos do **ATP** são ligações de alta *energia* e costumam ser representadas graficamente pelo símbolo ~ (p. 196, grifo nosso).

LDBEM1: Durante a oxidação de moléculas orgânicas do alimento, parte da *energia liberada* pelos elétrons é utilizada para síntese de moléculas de **ATP**, ficando **armazenada** nas ligações químicas entre seus grupos fosfato. A *energia* que não é **transferida** para o **ATP**, dissipa-se como calor, ao passo que a *energia armazenada* no **ATP** pode ser **transferida** para os mais diversos tipos de processos metabólicos que acontecem em uma célula (p. 196, grifo nosso).

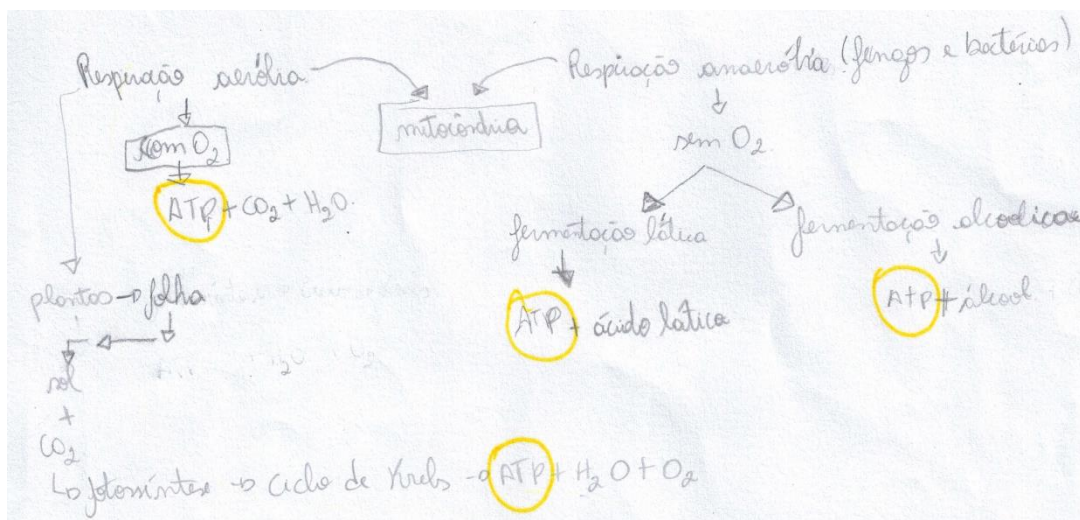
Estes excertos abordam a definição do ATP e sua função no organismo com falta de clareza nas explicações, com a utilização de diferentes palavras para uma mesma categoria, a exemplo das grifadas nos excertos. Novamente o ATP é caracterizado pela sua função de **armazenar** “energia”, no entanto ele é sintetizado e degradado várias vezes; são gradientes de concentração de prótons que se transformam em ATP, posto que “a transferência de elétrons libera e a força próton-motriz conserva energia livre mais do que suficiente (cerca de 200 KJ) por ‘mol’ de par de elétrons para impulsionar a formação de um mol de ATP, que requer cerca de 50 KJ” (NELSON; COX, 2011, p. 722).

Ao reconhecer o conjunto de descritores ao longo da pesquisa, abre-se uma perspectiva de reflexão sobre a organização do currículo escolar ainda alinhado ao proposto pelos livros didáticos, que nem sempre contemplam a diversidade dos estudantes e até mesmo dos professores que os utilizam. O descritor **armazenar** esteve muito presente nas análises realizadas, seja dos LDBEMs, das transcrições das entrevistas dos PEMB e dos esquemas produzidos pelos EEEM. As compreensões mais expressas são restritas à “energia” como matéria, o que problematiza a importância de olhar/problematizar os LDs, como orienta Silva (2000):

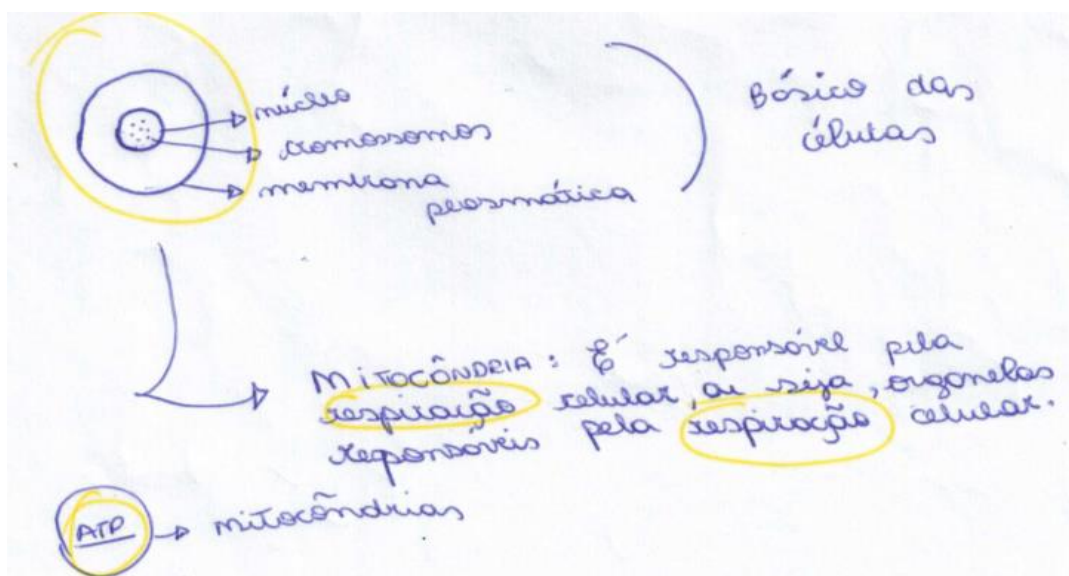
novos estudos sobre as práticas pedagógicas e as políticas educacionais ligadas aos livros didáticos precisam situar-se no mundo real da clientela da escola pública tendo em vista a necessidade de ideias que possam resultar na efetiva adequação da escola à realidade (p. 31).

As dificuldades de compreensão conceitual das interconversões ATP-ADP, como as apresentadas pelos PEMBs, diversas das abordadas nos LDBEMs, repercutem nas compreensões dos EEEMs. Por exemplo, em EEEM2 as compreensões apresentadas a partir da utilização dos LDBEMs é bem-diferente das mostradas pelos EEEM3s. As duas escolas estão inseridas em contextos socioeconômicos distintos. Uma das escolas é de periferia, com

baixo índice de comprometimento, evidenciado pela falta de frequência às aulas, e a outra de cunho militar. O exemplo nos esquemas destas duas escolas pode facilitar os entendimentos de como os conceitos tratados nos LDBEMs, de forma bastante complexa, são mediados pelos PEMBs e são “aprendidos” pelos EEEMs.



E3-EEM2



E2-EEEM3

Em E3-EEEM2, escola militar em que são preparados para “gabaritar” as questões de Biologia, tanto na escola quanto no vestibular e no ENEM, como afirma a própria PEMB2, observa-se uma memorização ou compreensão bastante detalhada dos processos de obtenção, produção, transformação e transferência de “energia” nos seres vivos. Mais uma vez os esquemas são verdadeiras réplicas do que o LDBEM aborda, mesmo que as compreensões de

PEMB2 são reduzidas sobre os processos de interconversão ATP-ADP. Possivelmente as atividades propostas e avaliações são planejadas a partir da fonte mais “científica” de saber em âmbito escolar: os LDBEMs. O grupo de EEEM2, na sondagem sobre o uso dos LDBEMs, apresentou um percentual mais expressivo para os estudos nos materiais didáticos em análise: 56% afirmou estudar semanalmente e 44% diariamente. Estes dados podem justificar a reprodução das abordagens de “energia” apresentadas pelos LDBEMs nos esquemas elaborados por eles.

Em E2-EEEM3 observam-se algumas compreensões acerca da respiração celular, basicamente vinculada à organela mitocôndria. As limitações de E2 decorrem de representações de objetos complexos, como as interconversões ATP/ADP representadas nos LDBEMs, as quais são de difícil compreensão para o próprio PEMB3, o que, certamente, repercute nas explicitações em sala de aula.

No contexto escolar, a inerente abstração nos processos de conhecimento sobre a “energia” implica inúmeras compreensões, (re)contextualizações e (re)significações, bem como os diálogos entre os CPs formados pelos proponentes dos LDBEMs, pelos PEMBs e até mesmo pelos EEEMs, em uma perspectiva intercoletiva de EP (FLECK, 1986). Por isso, o ensino não pode se limitar a abordagens simplistas e precariamente relacionadas a situações reais, a exemplo de abordagens sobre as transformações físicas, químicas e biológicas que mantêm 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 da recontextualização fundamentada 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 tampouco homogêneos, têm características descontínuas e plurais (LOPES, 1999).

Para avançar na significação dos conceitos, é essencial mobilizar pensamentos em redes de relações entre conceitos, sendo imprescindível a ajuda dos professores das demais disciplinas da área. Defende-se uma postura pedagógica inter-relacional, intrínseca e decorrente de uma ciência inter-relacionadora, fundamentando-se em Silva (1999):

porque entendemos que as visões simplificadoras e fragmentadoras do mundo e da razão obstaculizam a possibilidade de pensar um projeto de cientificidade na direção da efetiva constituição de uma cultura abrangente, exigente de inter-relação, como forma de conhecimento de novas formas de relação do homem com o mundo e com os outros homens, que não as formas precípua de dominação e, sim, de emancipação (p. 126).

Assim, o ensino de ciências deve ser realizado de forma diferenciada e abrangente. Antes de ensinar Química, Física ou Biologia, é preciso que os professores preocupem-se em ensinar ciência enquanto cultura geral ou sistema de ideias de cada época. Sem essa compreensão, esse princípio paradoxal da diferença e da abrangência, dificilmente a atividade pedagógica obterá êxito (SILVA, 1999).

Mesmo que as interações dialógicas entre os sujeitos das diferentes áreas sejam vistas como um ponto determinante para avançar nas concepções de “energia”, é necessário, também, que os sujeitos da área vivenciem processos articulados de formação para discutir coletivamente seus trabalhos. Esta discussão é pautada em objetivos comuns no desenvolvimento das suas práticas escolares, de modo que professores e estudantes possam avançar nos conhecimentos e em novos entendimentos que superem as explicações simplistas. Depreende-se disso que a complexidade do trabalho docente é tal que precisa ser orientada como um trabalho coletivo de inovação, de pesquisa e de formação permanente (CARVALHO; GIL-PEREZ, 2000).

Aposta-se em processos formativos coletivos que possam problematizar abordagens como as dos excertos dos LDBEMs, identificados na categoria ii) complexidade da expressão conceitual de “energia” no metabolismo celular; pode-se reconhecer as limitações na conceitualização da energia nos seres vivos, o que complica a aprendizagem e a constituição do conhecimento científico pelos sujeitos, uma vez que ainda se impõe uma visão linear e descontextualizada que exige um aprofundamento conceitual bioquímico consistente nos níveis de formação inicial e continuada, para dar conta da complexidade abordada nos LDBEMs:

LDBEM 2 – “Devido as forças de atração molecular, os átomos de fósforo **ligam-se** mais fortemente quando próximos da ribose, e mais fracamente quando distantes. Assim, o fosfato que fica na extremidade da molécula tende a **liberar-se** mais

facilmente, **liberando** também a energia de **ligação** (reação exotérmica). Essa energia é imediatamente utilizada em alguma outra reação endotérmica” (p. 125, grifo nosso).

LDBEM 8 – 5.3. Cadeia respiratória e fosforilação oxidativa. Para cada molécula de glicose que entra na fosforilação oxidativa, formam-se 34 **ATP**. Vamos ver por quê. Cada $\text{NADH} + \text{H}^+$ **libera** energia para formar 3 moléculas de **ATP**, e cada FADH_2 **libera** energia para formar 2 moléculas de **ATP**. Como são formados 10 $\text{NADH} + \text{H}^+$ e 2 FADH_2 nas etapas anteriores da respiração, teremos o total de 34 **ATP**” (p. 336, grifo nosso).

Na entrevista, os PEMBs foram questionados sobre suas compreensões acerca das abordagens exemplificadas nos excertos dos LDBEMs. **“O que você diz sobre os entendimentos/compreensões/aprendizados dos estudantes sobre as partículas e as interações/reações/transformações envolvidas? O que dizer sobre livros ou aulas em que as abordagens (livros didáticos, explicações do professor na aula) não contemplam nem as fórmulas (mesmo em equações químicas)?”**

Os PEMBs responderam da seguinte forma:

PEMB1: Como eu trabalhei com eles só sobre o ATP, lá das mitocôndrias, os transportes, só a energia da célula, agora sobre esses outros NAD, FAD, não. [...] pra eles visualizarem como funciona isso, mas muitas vezes esses tipos de exemplos que eu dou pra eles, eu procuro em outras leituras, não nos LDs, eu procuro em textos, por exemplo, das “Ciências Hoje” que trazem essa abordagem mais relacionada, que consegue visualizar mais do que no LD, eu no LD eu não consigo, pelo próprio estudo quando tu vai buscando aquele assunto, pelo próprio conceito tu consegue fazer essas relações (30-32).

PEMB2: Pois é, as vezes eu também me sinto um pouco insegura de como surgiu a tal fórmula química. Então eu sempre, não sei se é um jeito errado ou certo, mas eu sempre tento passar para eles que o mais importante é a compreensão. Que o ATP, por exemplo, é uma molécula energética, que o NADH é o aceptor de hidrogênios, é uma substância, claro, que tem um nome, e eu até digo, mas para eles entenderem que o NAD está ali com um objetivo que é capturar hidrogênios e depois devolver hidrogênios, que ele fica ali fazendo isso. Eu dou ênfase mais nas funções biológicas que eles exercem, bem mais que nas fórmulas químicas (25).

PEMB3: Eu acho assim como eu trabalho muito com a questão de experiências, eu acho que o momento que eu tenho a oportunidade de trabalhar esses conceitos principalmente no 1º ano do EM, eu vou procurar trabalhar de forma prática, fazer uma experiência onde eles possam ver a reação que acontece, e situar eles. O principal é citar um exemplo, não deixar de trabalhar as fórmulas químicas que eu acho que é importante também eles saberem, mas também situar no corpo, enfim no mundo, no planeta onde que isso está envolvido, citar sempre os exemplos (22).

PEMB4: Compreensões, aprendizado dos estudantes quase nula ao meu ver. Já me aconteceu de, por exemplo, falar em ATP, adenosina trifosfato, e me vir a mente a necessidade da molécula estrutural e você não encontra nos LDs em geral a molécula estrutural do ATP, do NADH, do FAD, do NAD^+ , ele simplesmente aparece como uma sigla no processo da fotossíntese, da respiração celular, da glicólise, do ciclo de Krebs. E, também os livros didáticos não trazem uma explicação do que seja esse ATP ou esse NADH, ele é um coadjuvante do processo. Aí o aluno pergunta muitas vezes: É adenosina trifosfato, mas e daí? O próprio professor se não estiver de posse de um livro de Bioquímica ou mais tarde procurar na internet daqui um pouco, o livro didático não fornece essa informação molécula estrutural ou a fórmula molecular (28).

PEMB5: É o que eu digo, tu acaba simplificando e eu acho que o aluno não vai ter entendimento do que é, ele não te entende. Você até pode dizer que é uma molécula de energia, mas ele não vai ter entendimento disso, falar e não falar, você até tenta explicar. [...] Por mais que tenha figuras lá no LD você não consegue fazer com que eles tenham um entendimento do que realmente está acontecendo (29-31).

Importante observar a diversidade de metodologias ou recursos que os PEMBs usam para tratar dos processos bioquímicos de “energia”: fontes de estudo e pesquisa para além do livro didático, abordagens com relação a situações vivenciais, foco nos processos biológicos e não nas representações químicas.

Entende-se que nas fala de PEMB1, PEMB3 e PEMB4 a marca é a busca de abordagens para além das propostas nos LDBEMs, a exemplo de pesquisas e atividades práticas. PEMB1 aponta inclusive que não consegue estudar nos LDs e que procura sempre estabelecer relações com outras fontes de pesquisa, e isso, quando compartilhado, repercute na aprendizagem dos alunos. Um aspecto que corrobora esta afirmação pode ser encontrado nas respostas de EEEM1 ao questionário, no qual prevaleceu a concordância e a concordância total em todas as afirmativas propostas, ou seja, acredita-se que, por conta das relações estabelecidas pelo professor no processo de ensino, os estudantes tiveram maior segurança em se posicionar nas afirmações. O PEMB1 trabalha contextualmente, mas o conhecimento específico ainda é frágil; ao contrário de PEMB4, que também possui o entendimento importante de estudos para além dos LDBEMs e tem domínio do conteúdo, porém não parece que contempla a contextualização.

Já PEMB3 preocupa-se com questões globais, mas a compreensão específica do conceito está frágil e não responde a pergunta; afirma propor abordagens para além dos LDBEMs e acredita na importância de compreender a “energia” relacionada ao próprio corpo dos estudantes, mas o que preocupa é a certeza de que isto não é possível para estruturas ou reações moleculares, ou seja, PEMB3 não sabe o conceito. PEMB5 também é um exemplo de fragilidade nas suas concepções e remete aos EEEMs uma certa incapacidade de compreender a complexidade deste conceito.

As compreensões de PEMB2 são remetidas a aspectos moleculares, o que demonstra compreensões de “energia” para além dos aspectos vivenciais. Ao responder, porém, confundiu um pouco a função do NADH, afirmando que ele é oceptor de hidrogênio, e sua função é a de captar elétrons. Outra confusão conceitual é do papel do hidrogênio, não deixando claro que sua função é carrear elétrons.

Apesar de diferenças nas concepções/compreensões dos PEMBs, estes exercem papel fundamental na formação de conceitos, e interferir intencionalmente nos processos de ensino e de aprendizagem é de grande importância para os sujeitos envolvidos. O papel do professor mediador, com suas intervenções pedagógicas carregadas de intencionalidades, é essencial ao

desenvolvimento dos sujeitos em contexto escolar. É importante que ele considere noções próprias aos estudantes, valorizando os conhecimentos no desenvolvimento de situações pedagógicas potencialmente favoráveis às práticas dos processos de aprendizagem como sistemas de relação inerentes aos esquemas conceituais em questão.

Percebe-se a necessidade de um nível de significação mais elevado. A assimetria conceitual entre sujeitos que interagem orientados para um objeto de conhecimento, abordado sob perspectivas diversas, conforme a visão que se adota sobre a participação do outro e o papel da linguagem no processo de conhecimento, é fundamental para desencadear a significação dos conceitos e a aprendizagem destes.

Isso reitera a visão da função essencial do professor, no sentido de mediar processos de abstração e generalização requeridos pela aprendizagem tipicamente escolar. Nessas perspectivas, é importante compreender a docência em um processo de desafios constantes em que:

O professor faz da dificuldade um estímulo, uma vontade de querer saber e não de receber verdades prontas. Faz da ansiedade de querer saber a intensidade do instante problematizador, pois, a intensidade, a riqueza de um instante se dá à medida que o espírito perguntador não totaliza seu saber. Ao contrário, busca recomençar, reconstruir suas certezas. Contudo, recomençar é sempre correr um risco e só se corre um risco quando se tem razões para tal. Portanto, é preciso que quem queira ensinar a pesquisar, possa ensinar também a construir razões para essa aventura (SILVA, 1999, p. 138).

Esse estímulo, de certa forma, acontece nos depoimentos de PEMB1 e, em especial, de PEMB3 e PEMB 5, que, apesar das limitações para definir o conceito sobre o qual apresentam fragilidades de compreensão e explicitação, trazem nos seus depoimentos a perspectiva importante da contextualização. Percebe-se uma intensa tentativa por parte de PEMB2 em avançar na compreensão conceitual de “energia” tanto em aspectos vivenciais quanto moleculares, mas os dados apresentados pelos EEEM2s levam a afirmar que acabam seguindo o que é proposto pelos LDBEMs. PEMB4 e PEMB5 apontam as dificuldades de compreensão conceitual pelos EEEMs.

Observa-se que os professores permanecem atrelados a sua disciplina, pois os depoimentos não estabelecem relações com outras disciplinas, tendo, na maioria das vezes, o LD como fonte principal de pesquisa conceitual, uma vez que a interdisciplinaridade tão discutida a partir das DCNEMs (BRASIL, 1998b), das OCNEMs (BRASIL, 2006) dentre outras sugestões curriculares, ainda não é realidade na maioria das escolas brasileiras.

As escolas poderiam readequar tempos e espaços de planejamento que, pelo menos, contemplassem o encontro dos professores da área, o que, acredita-se, amplia compreensões acerca da complexidade e das relações envolvidas no entendimento de “energia”. Limitações relativas a compreensões adequadas decorrem de uma formação sem interlocuções dentro da área de CNT, baseadas, principalmente, no uso dos LDs, mais no sentido de memorização do que de problematização ou compreensão de suas abordagens.

Evidenciou-se a existência de três estilos de pensamento, entre os cinco professores entrevistados, apresentando conhecimentos e práticas distintas. O primeiro grupo compreende que há necessidade de procurar estabelecer inter-relações e práticas para além das explicações e propostas pelos LDs; neste grupo incluem-se PEMB1 e PEMB3. Os professores afirmam que “energia” é o estudo do todo que envolve o aluno no seu dia a dia, objetivando melhorias na sua qualidade de vida, mas, lamentavelmente, não conseguem expressar os conceitos.

No segundo grupo de professores (PEMB2, PEMB4) percebe-se, porém, que há um aprofundamento na constituição das ideias sobre “energia”. As afirmações de PEMB2 expõem uma intencionalidade para abordar “energia” de maneira significativa, mas ainda arraigada nos pressupostos dos LDBEMs, ou seja, ainda lhes é carente uma perspectiva mais contextual. PEMB5 parece ser o sujeito com compreensões mais limitadas, tanto de ordem conceitual quanto contextual. Nesse sentido, os PEMBs constituem um coletivo de pensamento, mas, em razão de avanços ou retrocessos em seus processos formativos e de experiência, não há uma uniformidade nos estilos de pensamento, que os caracterizam.

Buscando-se amparo novamente em Fleck (1986), defende-se que as aprendizagens construídas a partir dos dados das entrevistas com os PEMBs, questionários e esquemas aos EEEMs, são relativas ao Círculo Exotérico e permitem destacar que esse círculo apresenta características distintas das anunciadas sobre o Círculo Esotérico nesta pesquisa caracterizada pelos LDBEMs.

Analisando os conhecimentos e práticas dos professores que fazem parte do Círculo Exotérico, é possível afirmar que a maioria deles apresenta conhecimentos e práticas que estão em sintonia com os pressupostos do Círculo Esotérico veiculados pelos LDs. Também se observa que existe um pequeno grupo que parece indicar a existência de complicações no seu EP, sinalizando a sua diferença.

Mediante a circulação intracoletiva de ideias, que ocorre no interior do CP, o sujeito individual insere-se nele e precisa aprender e compartilhar os conhecimentos e práticas do EP vigente. Na visão de Fleck (1986), a circulação intracoletiva de ideias é a responsável pela coerção de pensamentos que forma um membro novato de determinado CP. Esse tipo de circulação contribui para o processo de extensão do EP.

A circulação intercoletiva de ideias ocorre entre dois ou mais distintos coletivos de pensamento. Esta circulação intercoletiva de ideias tem papel fundamental na extensão do estilo de pensamento, uma vez que “toda circulação intercoletiva de ideias tem por consequência um deslocamento ou transformação dos valores dos pensamentos” (FLECK, 1986, p. 156). O autor argumenta ainda que a comunicação não ocorre sem transformação e sem que se produza uma remodelação de acordo com o estilo, que intercoletivamente se traduz em um reforço e em uma mudança fundamental do pensamento comunicado.

Assim, é necessário considerar a problemática que diz respeito aos crescentes graus de complexidade que acompanham o ensino desse conteúdo, apresentados pelo círculo esotérico, pois, quando uma abordagem não direciona o pensamento aos necessários processos de inter-relação conceitual, ela limita, distorce ou compromete a aprendizagem, em prejuízo ao entendimento conceitual e à potencialização dos processos de desenvolvimento dos educandos (WIRZBICKI, 2010).

Aposta-se em possibilidades de desenvolvimento do trabalho docente como as defendidas por Tardif e Lessard (2005), em que a docência não é constituída de matéria inerte ou de símbolos, mas de relações humanas com pessoas capazes de iniciativa e de resistir ou de participar da ação dos professores. Ou seja, o trabalho docente “não consiste apenas em cumprir ou executar, mas é também a atividade de pessoas que não podem trabalhar sem dar um sentido ao que fazem, é uma interação com outras pessoas” (Idem, p. 38).

Assim, inserir-se no coletivo escolar é um caminho que torna o trabalho docente mais leve; a própria interdisciplinaridade auxilia na organização e no planejamento, favorecendo as aprendizagens dos estudantes, os quais poderão estabelecer vínculos com outras disciplinas e com a sua realidade vivencial (TARDIF; LESSARD, 2005).

O processo de ensino e aprendizagem, bem como as relações entre professores e estudantes, é perpassada por fatores que necessitam ser refletidos pelos envolvidos na escolarização:

Não pode haver educação escolar de qualidade enquanto não nos entendermos os educadores sobre o que se constitui em aprendizagem válida, por que e como aprendem os alunos, sob quais motivações internas e estímulos externos, e a que nível de organização na escola e na sala de aula (TARDIF, 2002, p. 13).

Isso porque as aprendizagens somente se efetivam se individuadas, mais propriamente se singularizadas na constituição do sujeito que aprende. De acordo com Tardif (2002), os saberes docentes compõem-se de vários saberes provenientes de diferentes fontes, constituindo conjuntos característicos que, juntos, unificam a prática docente: saberes disciplinares; saberes curriculares; saberes profissionais e saberes experienciais. Percebeu-se, nesta pesquisa, a relevância dos saberes experienciais, em especial em PEMB2 e PEMB4, na ampliação das compreensões conceituais específicas sobre “energia”. Segundo Tardif:

São saberes específicos, baseados em seu trabalho cotidiano e no conhecimento do seu meio. Esses saberes brotam da experiência e são por ela validados. Eles incorporam-se à experiência individual e coletiva sob a forma de habitus e de habilidades, de saber-fazer e de saber-ser (2002, p. 49).

Para além dos saberes que fundamentam a prática docente, merece atenção a necessidade de problematizar a construção dos conhecimentos pelos estudantes. Lopes (1999) aponta para a distinção entre conhecimentos científicos, escolares e cotidianos. Para compreender as relações entre esses conhecimentos e a possibilidade de superar suas contradições, é preciso pensar nos aspectos constitutivos do conhecimento escolar e em suas configurações cognitivas próprias. Entre conhecimentos cotidianos e científicos há “uma ruptura nítida” que se caracteriza pela necessidade de não extrapolar os limites de ambas as esferas, ou seja:

Diante do exposto, não se pode deixar de discutir o que é fundamental ser ensinado na escola, uma vez que seu papel principal é de socializar saberes. Bem como, não deixar de discutir importância de combater tendências que negam a admitir alguns saberes como mais fundamentais do que outros, em função do desenvolvimento histórico do conhecimento e em função do modelo de sociedade desejada (LOPES, 1999, p. 234).

Em síntese, o exemplo do conceito “energia” como objeto de estudo, neste trabalho, busca permitir que as concepções do conhecimento científico, do conhecimento cotidiano e do conhecimento escolar sejam utilizadas para além do contexto escolar; “pois o conhecimento escolar também é histórico, está em constante devir. Postular-lhe um imobilismo, uma obrigatória e exclusiva função reprodutora, conformista e dogmática, é negar-lhe esse caráter histórico” (Ibidem).

O desenvolvimento do ensino de ciências exige a constante articulação das micro e macroestruturas. Os educadores precisam atuar na modificação de políticas públicas para o ensino de ciências e para a educação de uma forma geral, e também atuar em processos que auxiliem modificações pontuais: em cada professor e em cada sala de aula (LOPES, 1999). Não podemos, contudo, conferir a qualquer estratégia educacional um poder maior do que ela possui. “Ou seja, precisamos aplicar às nossas próprias teorias os princípios do pluralismo: são teorias provisórias, retificáveis, limitadas a determinados contextos” (Idem, p. 235).

É importante, entretanto, se distanciar tanto de posturas ingênuas, com respeito às possibilidades de a escola contribuir para a ocorrência de processos de mudança social, quanto de posturas céticas diante dessas mesmas possibilidades. Ainda, com base em Lopes (1999), compreende-se que:

[...] a sociedade não será modificada a partir da escola ou de mudanças curriculares, mas isso não diminui nossa tarefa de tornar o ensino cada vez mais efetivo, de tornar a escola capaz de superar a contradição em que se insere em nossa sociedade de classes: socializar o conhecimento científico e formar o conhecimento cotidiano (p. 235).

São inúmeras as dificuldades percebidas no ensino de CNT, diante das quais é importante interagir tanto com colegas próximos quanto com outros educadores ou especialistas que possam coparticipar na reconstrução dos conhecimentos e das práticas em salas de aula. Morin (2002, p. 532) destaca que “não é suficiente ter aprendido coisas para ser capaz de ensiná-las com um espírito científico”. Com base no mesmo autor, é importante o convencimento de que:

é preciso ir mais longe: uma mudança nas práticas de ensino e uma consideração das *variedades das práticas de ensino e de aprendizagem*, o que é um trabalho de fôlego. Além das urgências aparentes, é importante pelo menos fazer com que os professores experimentem, eles próprios, outras maneiras de aprender além daquelas que foram convenientes para eles mesmos durante sua adolescência e que, muitas vezes, reproduzem, acreditando, com boas interações, que são as únicas que podem funcionar (ibidem).

Cabe considerar que, muitas vezes, a carga horária excessiva dos docentes, a carência de diálogo entre os colegas da área de CNT, a falta de atualização e de aprofundamento teórico conceitual no âmbito da sua disciplina, da área e da educação como um todo, são obstáculos que distanciam os docentes das práticas de ensino mais adequadas ao desenvolvimento de aprendizados significativos.

Inserida hoje em um curso de formação de professores, tem-se o propósito de refletir sobre a complexidade de ser professor, de constituir-se professor e de contribuir nesse processo, discutindo limitações de recursos didáticos, de conhecimentos e de aspectos diversos presentes na formação inicial e continuada, bem como problematizar as limitações do currículo escolar, sendo importante que o mesmo seja integrado com abordagens pertinentes e metodologias e recursos instrucionais que podem contribuir para a organização de um ensino que mobilize o interesse dos estudantes.

Apresenta-se caminhos há muito tempo defendidos por Maldaner (1997) para auxiliar em problemáticas como as levantadas na pesquisa, encontrando como elemento fundamental a pesquisa/investigação. O autor defende a ideia do professor/pesquisador que participe, por meio de coletivos organizados, na definição e efetivação de políticas educacionais, ideia essa exigente de que o professor assuma a sua condição de “intelectual de educação” enquanto participante essencial na

concepção e concretização do currículo a ser desenvolvido na escola e dentro das salas de aula, gerando, coletivamente, saberes e valores. Estes seriam os tempos e espaços de pesquisa dos professores. Até aqui, o professor do ensino médio e fundamental não está sendo visto como alguém que cria um currículo, mesmo que siga roteiros de aula criados por outrem. São as ênfases, as interpretações, o detalhamento, e toda uma gama complexa de relações de sala de aula, que exigem que o professor crie situações na prática e aponte saídas. Este é o espaço de pesquisa do professor ao qual não é dada atenção e ele se esgota no tempo de sala de aula” (idem, p. 74-75).

O autor chama a atenção, dessa forma, para a necessidade de os professores participarem no desenvolvimento das pesquisas educacionais, ou, do contrário, não serão capazes de compartilhar os seus resultados. Nessa perspectiva, Maldaner diagnostica que, se entre “os pesquisadores educacionais, os governantes e os formadores de professores, estivessem convencidos da importância da participação dos professores nessas pesquisas” (1997, p. 75), o quadro seria outro.

Entende-se que as pesquisas devem constituir-se em elemento de intenso trabalho formativo. PEMB1 e PEMB3 participaram, durante sua formação, de pesquisas de iniciação científica, e, atualmente, PEMB1 está inserida em uma escola que adota um currículo mais aberto à pesquisa por meio do desenvolvimento das SEs, repercutindo em um ensino que consegue romper um pouco com as compreensões encaminhadas pelos LDBEMs.

Tudo isso permite reafirmar a importância de propiciar aprendizados escolares que potencializem os processos de desenvolvimento humano e da inteligência. É importante saber lidar com dificuldades de compreensão conceitual por parte dos próprios professores, que repercutem no ensino de conceitos complexos como o de “energia”. 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 em formação que atuarão na educação futuramente.

Nesta linha de reflexão, reitera-se a importância da Tese aqui defendida: as compreensões/aprendizagens de “energia” não decorrem do contínuo uso dos LDBEMs, elas são potencializadas pelas mediações estabelecidas entre PEMB e EEEM, em constante interação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao finalizar esta pesquisa, sinto os avanços em relação às compreensões de “energia”, problematizadas ao longo da iniciação científica, no Mestrado e com foco ampliado nesta Tese, em que se aposta na interação entre professores e estudantes como possibilidade que potencializa a compreensão das abordagens de “energia” expressas nos LDBEMs. Enquanto percebo os progressos, tenho a certeza da incompletude, da necessidade da formação constante e contínua, do interesse em ler e pesquisar mais, em especial acerca dos processos formativos iniciais de professores.

Como apontado no mapa conceitual (Figura 8), defendo a importância de estabelecer interações entre sujeitos – nesta pesquisa PEMB e EEEM – acerca dos conceitos (a exemplo da “energia celular”) mediados pela ferramenta LDBEM, conforme os pressupostos de Vigotski (2001) no desenvolvimento cognitivo.

Compreendo a importância dos referenciais teóricos com quem estabeleci diálogos ao longo da escrita. Todos deixam suas marcas na pesquisadora em diferentes aspectos abordados: acerca da complexidade e das abordagens de “energia” na área de CNT aprendi com Moreira (1998), Angotti (1991), Auth (2000), Pansera-de-Araújo e Nonenmacher (2009), Longhini (2008) e Barros (2009), dentre outros; as aprendizagens das pesquisas já realizadas acerca dos avanços e limitações nos LDs com Fracalanza (2006b); Fracalanza e Megid Neto (2003), Güllich (2004, 2012), Emmel (2009, 2011), Cerri (2000); a importância dos saberes docentes com Tardif (2002); as concepções de conceitos científicos, cotidianos e escolares com Lopes (1999); os fundamentos teóricos com Vigotski (2001) na significação conceitual; com Bachelard (1996) nos obstáculos epistemológicos, bem como os estilos e coletivos do pensamento de Fleck (1986, 2010); fortalecimento em defesa de processos de formação pela pesquisa com Maldaner (1997), e a necessidade de desenvolvimento de processos formativos e de ensino que contemplem inter-relações e intercomplementaridades nas ciências, fundamentado em Marques (2002) e Silva (1999). Reitera-se que, por meio das inter-relações entre PEMBs e EEEMs, as aprendizagens, a partir dos LDBEMs, por muitas vezes com abordagens contraditórias, podem ser adequadamente significadas.

A pesquisa possibilitou conhecer com mais detalhes as abordagens de “energia” propostas nos LDBEMs, tanto nos textos quanto nas imagens, compreendendo a complexidade que dificulta o ensino e a aprendizagem deste conceito. O olhar aos descritores permitiu identificar as limitações na conceitualização da “energia” nos seres vivos, o que pode complicar a aprendizagem e a constituição do conhecimento científico pelos sujeitos, uma vez que ainda impõem uma visão linear e descontextualizada. Ao reconhecer estes descritores, a reflexão sobre a organização do ensino propicia produções autorais de material didático.

As observações apontam para a necessidade de entender os limites de abordagens conceituais de “energia” em LDBEMs utilizados no EM. Sem desconsiderar a importância deles no contexto escolar, sugere-se que haja um olhar mais crítico sobre as formas como conteúdos/conceitos estruturantes do conhecimento na ciência são abordados, na perspectiva de preservar a coerência com o conhecimento científico. Ao reconhecer o conjunto de descritores, abre-se uma perspectiva de reflexão sobre a organização do currículo escolar ainda alinhado ao proposto pelos LDs. Por isso, é fundamental a tomada de consciência sobre os limites das abordagens do LD bem como o seu papel nos estudos. Por outro lado, é importante valorizar as inter-relações necessárias à compreensão conceitual enquanto sistemas de relações a serem considerados no ensino de temas complexos, como é o caso da “energia”.

Estabelecer diálogos com as concepções dos PEMBs sobre “energia” foi uma forma de corroborar a análise realizada nos LDBEMs, pois os mesmos expressam as carências provenientes da própria formação e das limitações no espaço da escola quanto às dificuldades do desenvolvimento de atividades interdisciplinares, bem como perceber o esforço dos professores, em especial PEMB1, PEMB2 e PEMB3, em proporcionar um ensino contextual, contemplando as experiências dos estudantes, mesmo reconhecendo a necessidade de aprofundamento conceitual específico, em especial PEMB1 e PEMB3. Percebo, contudo, as limitações de PEMB2 em romper com as abordagens presentes nos LDBEMs, que repercutem nas aprendizagens mais de cunho memorístico do que de significação dos conceitos, como as reveladas no questionário em que a grande maioria dos estudantes concordou com as afirmações extraídas dos LDBEMs, mas nos esquemas produzidos poucos conseguiram avançar nas formas de abordar “energia” ou propor as relações com aspectos cotidianos, defendidas na entrevista pelos PEMBs.

Entendo que a compreensão do conceito “energia”, abstrato e complexo por natureza, muitas vezes, mesmo após anos de escolarização ou até mesmo de ensino, no caso dos PEMBs, mantém-se limitada aos conhecimentos do senso comum, vinculada ao campo

restrito de cada disciplina, sem contemplar inter-relações entre linguagens e significados conceituais intermediados na área, repercutindo em aprendizagens dos estudantes com concepções bastante limitadas aos LDBEMs, tanto em termos quanto em ilustrações, pois, em geral, nas avaliações são cobrados a partir daquilo que o LDBEM aborda, conforme indícios que a própria pesquisa apontou.

Nessa perspectiva, espera-se que os cursos de formação de professores, inicial ou continuado, abram espaços para discussões sobre fatores que limitam as práticas docentes, cerceadas ao seguimento de um LD ou a concepções ultrapassadas, sem estabelecimento de relações dentro e fora da área específica. A visão de um professor de CNT é de um sujeito em permanente processo de formação, sistematicamente aberto para novos conhecimentos e reflexões, incluindo os colegas que atuam em outras disciplinas, bem como os dos pesquisadores e dos estudantes.

Há a necessidade, ainda, de considerar que o professor não tome o LD como único orientador da apresentação dos conteúdos/conceitos. É necessário levar em conta a problemática que diz respeito aos crescentes graus de complexidade que acompanham o ensino desses conteúdos, pois as abordagens dos mesmos têm se mostrado inadequadas por não permitirem compreensões conceituais efetivamente transformadoras dos conhecimentos dos estudantes. Quando uma abordagem não desafia o pensamento para aprender os necessários processos de inter-relação conceitual, ela limita, distorce ou compromete a aprendizagem, em prejuízo ao entendimento conceitual e à potencialização dos processos de desenvolvimento sociocognitivo dos educandos.

Melhorias no ensino de CNT precisam contemplar os LDs, mas não apenas os mesmos, sendo importante usar uma multiplicidade de fontes de informação, como, por exemplo, artigos científicos, sites, pesquisas e interlocuções na própria área, dentre outros recursos didáticos, possibilitando o desenvolvimento de um ensino em CNT dinâmico e enriquecedor, coerentemente com as OCNEMs (BRASIL, 2006).

Cabe referendar a visão do professor de CNT como um sujeito em permanente processo de formação, aberto para novos conhecimentos e reflexões, valorizando conhecimentos diversificados, incluindo colegas que atuam em outras disciplinas, bem como os pesquisadores e estudantes; um sujeito capaz de reconstruir significados de conceitos e de esquemas conceituais, promovendo, assim, aprendizados associados ao desenvolvimento humano/social, de forma mais rica e plena.

A análise possibilita repensar no EM, defendendo-se que o conceito “energia” do metabolismo celular seja estudado em uma perspectiva interdisciplinar, a exemplo das SEs desenvolvidas na EEM1, potencializando as possibilidades de abstração dos EEEMs e melhor significação do que se abordados em uma perspectiva mais tradicional de ensino. “Energia” é um conceito unificador da Biologia, Física e Química, portanto a sua compreensão/significação, nesta perspectiva, proporcionará avanços nos processos de ensino e aprendizagem.

Em resposta aos desafios que acompanham os processos de mudança das práticas docentes na área de CNT, o trabalho aponta para as possibilidades de promoção de um ensino fundamentado em uma (re)contextualização pedagógica e em uma (re)significação conceitual adequadas, relativamente às Ciências, o que implica saber lidar com dificuldades expressas pelos estudantes em seus processos de compreensão significativa de conceitos complexos que exigem graus de abstração, a exemplo de “energia”.

Nesse sentido, novos estudos e pesquisas a serem desenvolvidos poderão considerar a crescente importância de abordagens sobre o conceito “energia” relativas, também, às implicações socioambientais que têm sido recorrentemente discutidas em âmbitos e contextos diversificados, com repercussões na área de ensino de CNT.

CORPUS – CONJUNTO DE DOCUMENTOS UTILIZADOS E ANALISADOS NA PESQUISA

BIZZO, N. **Novas Bases da Biologia** – das moléculas às populações. São Paulo: Editora Ática, 2010. 400p. Volume único.

GEWANDSNAJDER, F.; LINHARES, S. de V. **Biologia hoje**. São Paulo: Editora Ática: 2010. Vol. 1.

LOPES, Sônia. **Biologia**. Volume 1. Org. Sônia Lopes e Sergio Rosso. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2010.

MARTHO, G. R.; AMABIS, J. M. **Biologia**: Biologia das células. São Paulo: Editora Moderna, 2010. Volume 1.

MENDONÇA, V.; LAURENCE, J. **Biologia para nova geração**. São Paulo: Editora Nova Geração, 2010. Vol. 1.

PEZZI, A. P.; GOWDAK, O. G.; MATTOS, N. S. de. **Biologia**. Volume 1: Citologia; Embriologia e Histologia- Ensino Médio. 1. ed. São Paulo: Editora FTD, 2010. 192p.

SANTOS, F. S. dos et al. **Ser protagonista**. Biologia 1º ano – Ensino Médio. Rio de Janeiro: Edições SM, 2010. 368p.

SILVA JUNIOR, C. da. **Biologia**: volume 1. Org. César da Silva Júnior, Sezar Sasson e Nelson Caldini Júnior. 9. ed. São Paulo: Saraiva, 2011a.

SILVA JUNIOR, C. da. **Biologia**: volume 3. Org. César da Silva Júnior, Sezar Sasson e Nelson Caldini Júnior. 9. ed. São Paulo: Saraiva, 2011b.

REFERÊNCIAS

AMARAL, Ivan A.; MEGID NETO, Jorge. Qualidade do livro didático de Ciências: o que define e quem define? In: **Ciência & Ensino**, Campinas, n. 2, p. 13-14, jun. 1997.

AMARAL, Ivan A. Os fundamentos do ensino de Ciências e o livro didático. In: FRACALANZA, Hilário; MEGID NETO, Jorge (Orgs.). **O livro didático de Ciências no Brasil**. Campinas: Komedi, 2006.

ANACLETO, J.; FERREIRA, J. M. Calor e trabalho: são estes conceitos invariantes sob a permuta sistema-vizinhança? In: **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n. 7, 2008.

ANGOTTI, J. A. P. **Fragments e totalidades no conhecimento científico e no ensino de ciências**. 1991. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, 1991.

AUTH, M. A. Conceitos unificadores e o ensino de ciências. In: **Espaços da Escola**, Ijuí: Ed. Unijuí, RS, v. 38, p. 63-80, 2000.

AUTH, M. A., MELLER, C. B. (Orgs.). **Ser humano e ambiente: percepção e interação**. - Ijuí: Ed. Unijuí, 2005. 152 p.

BACHELARD, G. **Epistemologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Zahar, 1974. 184 p.

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

BARROS, H. L. de C. Processos endotérmicos e exotérmicos: uma visão atômico- molecular. In: **Química Nova na Escola**, v. 31, n. 4, nov. 2009.

BOFF, E. T. de O.; HAMES, C.; FRISON, M. D. (Orgs.). **Alimentos: produção e consumo**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2006. 88 p.

BOFF, E. T de O. **Processo interativo: uma possibilidade de produção de um currículo integrado e constituição de um docente pesquisador – autor e ator – de seu fazer cotidiano escolar**. 2011. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2011.

BONDIA, J. L. Notas sobre experiência e o saber de experiência. In: **Revista Brasileira de Educação**, São Paulo, n. 19, p. 20-28, jan./fev./mar./abr. 2002.

BRASIL. Ministério da Educação. **Programa Nacional do Livro Didático do Brasil**. Brasília: Ministério da Educação, 1985.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Brasília: Ministério da Educação, 1996.

_____. **Guia de livros didáticos: 1ª a 4ª séries – PNLD 1998**. Brasília: FAE, 1998a.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília: Ministério da Educação, 1998b.

_____. Ministério da Educação; Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio)**. Brasília: Ministério da Educação, 1999. 364p.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio**. Brasília: Ministério da Educação, 2003.

_____. Ministério da Educação (MEC); Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **PCN + Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC; Semtec, 2002.

_____. 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. Secretaria de Educação Básica. **Programa Nacional Biblioteca na Escola**. Brasília: Ministério da Educação, 2008.

_____. Ministério da Educação – MEC; Secretaria de Educação Básica. **Guia Nacional dos livros didático – PNLD 2012: Biologia**. Brasília: Ministério da Educação, 2011. 76 p.

_____. Ministério da Educação – MEC. Secretaria de Educação Básica. **Programa Nacional do Livro Didático do Campo**. Brasília: Ministério da Educação, 2013.

BRUN, J. (Org.). **Didáctica das matemáticas**. Lisboa: Instituto Piaget, 1996.

CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D. **Formação de professores de ciências**. São Paulo: Cortez, 2000.

CARVALHO, Graça Simões et al. Investigação em didáctica da biologia no 1º Ciclo do Ensino Básico. Saberes e Práticas na Formação de Professores e Educadores. In: **Actas das Jornadas DCILM 2002**. Braga: Departamento de Ciências Integradas e Língua Materna da Universidade do Minho (Eds.), 2003.

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.

CHALMERS, A. F. **O que é ciência afinal?** Tradução Raul Fiker. São Paulo: Brasiliense, 1993.

COSTA-BEBER, L. B. **Reorganizações curriculares na conquista da educação escolar de melhor qualidade**: expectativas acerca do efeito indutor do Novo ENEM. 2012. Dissertação (Mestrado) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2012.

EMMEL, R.; GULLICH, Roque I; PANSERA-DE-ARAÚJO, M. C. **Interfaces da pesquisa sobre o livro didático de Ciências**. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO NAS CIÊNCIAS, 7., Florianópolis: Abrapec, 2009.

_____. **A pesquisa sobre o livro didático no Brasil**: contexto, caracterização e referenciais de análise no período 1999-2010. In: ANPED SUL, 9., Caxias do Sul: GT8, 2012.

EMMEL, R. **“Estado da Arte” e coletivos de pensamento da pesquisa sobre o livro didático no Brasil**. 2011. Dissertação (Mestrado) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2011.

FLECK, Ludwik. **La gènesis y desarrollo de un hecho científico**. Tradução Luis Meana. Madrid: Alianza Editorial, 1986.

_____. **Gênese e desenvolvimento de um fato científico**. Tradução Georg Otte e Mariana Camilo de Oliveira. Belo Horizonte: Fabrefactum, 2010.

FRACALANZA, Hilário. **O que sabemos sobre os livros didáticos para o ensino de Ciências no Brasil**. 1993. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Unicamp, Campinas, 1993.

_____. O ensino de ciências no Brasil. In: FRACALANZA, Hilário; MEGID NETO, Jorge (Orgs.). **O livro didático de ciências no Brasil**. Campinas: Komedi, 2006a.

_____. Livro didático de ciências: novas ou velhas perspectivas. In: FRACALANZA, Hilário; MEGID NETO, Jorge (Orgs.). **O livro didático de ciências no Brasil**. Campinas: Komedi, 2006b.

FREITAG, Barbara; MOTTA, Valéria Rodrigues; COSTA, Wanderly Ferreira. **O estado da arte do livro didático no Brasil**. Brasília: Inep, 1987.

GALIAN, C. V. A.; LOUZANO, P. B. J. Michael Young e o campo do currículo: da ênfase no “conhecimento dos poderosos” à defesa do “conhecimento poderoso”. In: **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 40, n. 4, p. 1.109-1.124, out./dez. 2014.

GEHLEN, S. T. et al. Freire e Vigotski no contexto da Educação em Ciências: aproximações e distanciamentos. In: **Ensaio: pesquisa em educação em Ciências**, v. 10, p. 1-20, 2008.

GÓES, M. C. R. de. A abordagem microgenética na matriz histórico-cultural: uma perspectiva para o estudo da constituição da subjetividade. In: **Cadernos Cedes**, ano XX, n. 50, abr. 2000.

GRUPO INTERDEPARTAMENTAL DE PESQUISA SOBRE EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. **Geração e gerenciamento dos resíduos sólidos provenientes das atividades humanas/Gipec**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2002. 60 p.

GÜLLICH, Roque Ismael da Costa. Desconstruindo a imagem do livro didático no ensino de ciências. In: **Revista Setrem**, Três de Maio, v. 4, n. 3, p. 43-51, jan. 2004.

_____. **O livro didático, o professor e o ensino de ciências: um processo de investigação-formação-ação**. 2012. Tese (Doutorado) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2012.

HAMES, C. **Formação de educadores em ciências nos processos de interação entre professores da universidade, da escola e em formação inicial** – curso de ciências da Unijuí. 2003. Dissertação (Mestrado em Educação nas Ciências) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, RS, 2003.

HAMES, C. et al. Contextualização e interdisciplinaridade como perspectiva na formação para o ensino em ciências naturais. In: ENPEC – ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 6., 2007. Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Abrapec, 2007. V. 6.

HAMES, C.; ARAÚJO, Maria Cristina Pansera-de-; NONENMACHER, Sandra e B. Ocupação de uma microbacia hidrográfica: uma situação de estudo para a educação básica. In: **Espaços da Escola**, Ijuí: Ed. Unijuí, v. 1, p. 41-44, 2006.

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, 2008.

KRASILCHIK, M. Reformas e realidade: o caso do ensino das ciências. In: **São Paulo em Perspectiva**, v. 14, n. 1, p. 85-93, 2000.

LIKERT, R. **A Technique for the Measurement of Attitudes**. Archives of Psychology, 1932.

LOGUERCIO, R. de Q.; SAMRSLA, V. E. E.; DEL PINO, J. C. uma leitura de livros didáticos de química. In: **Espaços da Escola**, Ijuí: Ed. Unijuí, v. 40, p. 53-68, 2001.

LONGHINI, M. D. O conhecimento do conteúdo científico e a formação do professor das séries iniciais do Ensino Fundamental. In: **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 13(2), p. 241-253, 2008.

LOPES, A. C. Bachelard: o filósofo da desilusão. In: **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 13, n. 3, p. 248-273, dez. 1996.

_____. **Currículo e epistemologia**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2007.

_____. **Conhecimento escolar: ciência e cotidiano**. Rio de Janeiro: Ed. Uerj, 1999. 236p.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MALDANER, O. A. **A formação continuada de professores: ensino-pesquisa na escola: professores de química produzem seu programa de ensino e se constituem pesquisadores de sua prática.** 1997. Tese (Doutorado) – Unicamp, São Paulo, 1997.

MALDANER, O. A.; ZANON, L. B. Situação de estudo: uma organização do ensino que extrapola a formação disciplinar em ciências. In: MORAES, Roque; MANCUSO, Ronaldo (Orgs.). **Educação em ciências: produção de currículos e formação de professores.** Ijuí: Ed. Unijuí. 2004. p. 43-64.

_____. Pesquisa educacional e produção de conhecimento do professor de Química. In: SANTOS, Wildson Luiz P. dos; MALDANER, Otavio Aloisio (Orgs.). **Ensino de química em foco.** 1. ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2010. p. 331-365. V. único.

MARQUES, M. O. **Conhecimento e educação.** Ijuí: Ed. Unijuí, 1988.

_____. **Aprendizagem na mediação social do aprendido e da docência.** Ijuí, RS: Ed. Unijuí, 2000.

_____. **Educação nas ciências: interlocuções e complementaridade.** Ijuí: Ed. Unijuí, 2002. 160p.

MARTINS, I. Analisando livros didáticos na perspectiva dos estudos do discurso: compartilhando reflexões e sugerindo uma agenda para a pesquisa. **Revista Pro-Posições,** Campinas, v. 17, n. 1 (49), jan./abr. 2006.

MEGID NETO, J.; FRACALANZA, H. O livro didático de ciências: problemas e soluções. In: **Ciência & Educação,** v. 9, n. 2, p. 147-157, 2003.

MEGID-NETO, J. O livro didático de ciências problemas e soluções. In: FRACALANZA, Hilário; MEGID NETO, Jorge (Orgs.). **O livro didático de ciências no Brasil.** Campinas: Komedi, 2006.

MENEZES, A. P. de A. B. **Contrato didático e transposição didática: inter-relações ente os fenômenos didáticos na iniciação à álgebra na 6ª série do Ensino Fundamental.** Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Educação, Programa de Pós-Graduação em Educação, 2006.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. **Análise textual discursiva.** Ijuí: Ed. Unijuí, 2007.

_____. **Análise textual discursiva.** 2. ed. rev. Ijuí: Ed. Unijuí, 2011.

MOREIRA, Marco Antonio. **Energia, entropia e irreversibilidade.** Porto Alegre: Instituto de Física; UFRGS, 1998. 27 p.

MORIN, E. **A religação dos saberes: o desafio do século XXI.** 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand, 2002.

_____. **Os sete saberes necessários à educação do futuro.** 12. ed. São Paulo: Cortez; Brasília, DF: Unesco, 2007.

MORTIMER, Eduardo F. A evolução dos livros didáticos de Química destinados ao ensino secundário. **Em Aberto**, Brasília, v. 7, n. 40, p. 24-41, out. 1988.

MORTIMER, Eduardo 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, p. 30-34, maio 1998.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica de Lehninger**. Coordenação da tradução Fabiana Horn; revisão técnica Carla Dalmaz e Sandra Estrazulas Farias. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011.

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, nov. 1998.

OLIVEIRA, Bernardo Jeferson de. Os circuitos de Fleck e a questão da popularização da ciência. In: CONDÉ, Mauro Lúcio Leitão (Org.). **Ludwik Fleck – estilos de pensamento na ciência**. Belo Horizonte, MG: Ed. Fino Traço, 2012.

PANSERA-DE-ARAÚJO M. C.; NONENMACHER, S. Energia: um conceito presente nos livros didáticos de física, biologia e química do Ensino Médio. In: **Poiésis**, Tubarão, v. 2, n. 1, p. 1-13, jan./jun. 2009.

PFUETZENREITER, Marcia Regina. Epistemologia de Ludwik Fleck como referencial para a pesquisa nas ciências aplicadas. In: **Episteme**, Porto Alegre, n. 16, p. 111-135, jan./jun. 2003.

PIMENTEL, J. R. Livros didáticos de ciências: a física e alguns problemas. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 15, n. 3, p. 308-318, dez. 1998.

PRETTO, N. de L. **A ciência nos livros didáticos**. Campinas, SP: Ed. da Unicamp; Salvador: CED; Ufba, 1985. 95 p.

REGO, T. C. R. A origem da singularidade humana na visão dos educadores. In: Implicações Pedagógicas do Modelo Histórico-Cultural. In: **Cadernos Cedes**, ano XX, n. 35, p. 96-113, jul. 2000.

RODRIGUES, M. H.; FREITAS, N. K. O livro didático ao longo do tempo: a forma do conteúdo. **DA Pesquisa**, v. 3, p. 26-33, 2008.

SCHÖN, D. A. **La formación de profesionales reflexivos: hacia un nuevo diseño de la enseñanza y el aprendizaje en las profesiones**. Barcelona: Paidós, 1987.

SECRETARIA DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. 2011. Disponível em: <http://www.educacao.rs.gov.br/pse/html/ens_medio.jsp?ACAO=acao1>. Acesso em: 23 set. 2015.

_____. 2013. Disponível em: <<http://www.pactogaicho.rs.gov.br/inicial>>. Acesso em: 27 set. 2015.

SELLES, S. E.; FERREIRA, M. S. Influências histórico-culturais nas representações sobre as estações do ano em livros didáticos de ciências. In: **Ciência & Educação**, Bauru, v. 10, n. 1, p. 101-110, 2004.

SILVA, I. B. da. **Inter-relação**: a pedagogia da ciência: uma leitura do discurso epistemológico de Gaston Bachelard. Ijuí: Ed. Unijuí, 1999. 179 p.

SILVA, R. M. **Textos didáticos**: crítica e expectativa. São Paulo: Alínea. 2000.

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

SOUZA, W. O.; SOARES, J. B. Memorial do PNLD: elaboração, natureza e funcionalidades. In: SEMANA DE HUMANIDADES, 19., 2011. Natal. **Anais Eletrônicos...** Natal, 2011.

SPONTON, Fabiane G. **O professor de ciências, o ensino de meteorologia e o livro didático**. 2000. 159 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências, Unesp, Bauru, 2000.

STRADA, V. et al. Energia nos livros didáticos de Ensino Médio de Ciências da Natureza e suas Tecnologias. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO-ALEMÃO SOBRE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: UM DESAFIO À EDUCAÇÃO, 2. 2007, Ijuí. **Anais...** Ijuí: Ed. Unijuí, 2007.

TARDIF, M. **Saberes docentes & formação profissional**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2002.

TARDIF, M.; LESSARD, C. **O trabalho docente** – elementos para uma teoria da docência como profissão de interações humanas. Petrópolis, RJ: Vozes, 2005.

TONIN, L. H.; SCHEID, N. M. J. A interação entre acadêmicos de ciências biológicas e professores de educação básica: contribuições para a formação docente. In: **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**, vol. II, n. 3, p. 38-48, jan./jun. 2012.

VIGOTSKI, Lev. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. Tradução Paulo Bezerra. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

WIRZBICKI, S. M.; ZANON, L. B. A Complexidade de processos de significação conceitual de energia num espaço de formação para o ensino de ciências. In: VII ENPEC – ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7., 2009, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Abrapec, 2009.

WIRZBICKI, S. M. **Abordagens e reflexões sobre a significação conceitual de energia em espaços interativos de formação de professores**. 2010. Dissertação (Mestrado) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2010.

WIRZBICKI, S. M.; DEL PINNO, J. C. Abordagens de energia em livros didáticos de biologia do Ensino Médio. In: EDEQ – ENCONTRO DE DEBATES SOBRE O ENSINO DE QUÍMICA, 32., 2012, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: UFRGS, 2012.

WIRZBICKI, S. M.; DEL PINNO, J. C.; PANSERA-DE-ARAÚJO, M. C. Reflexões sobre a formação inicial em biologia para o ensino de conceitos complexos como energia. In: EDEQ

– ENCONTRO DE DEBATES SOBRE O ENSINO DE QUÍMICA, 33., 2013, Ijuí. **Anais...** Ijuí: Ed. Unijuí, 2013.

YOUNG, M. Para que servem as Escolas? In: **Educ. Soc.**, Campinas, vol. 28, n. 101, p. 1.287-1.302, set./dez. 2007. Disponível em: <<http://www.cedes.unicamp.br>>.

ZANON, L. B.; SCHNETZLER, R. P. Interações triádicas de licenciandos, professores de escolas e formadores na licenciatura de química/ciências. In: **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona: UAB, número extra, Tomo 1, p. 413-414, 2001.

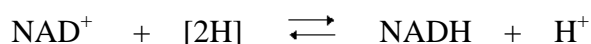
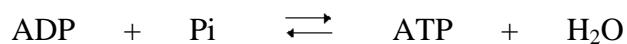
ZANON, L. B. **Interações de licenciandos, formadores e professores na elaboração conceitual de prática docente**: módulos triádicos na licenciatura de química. 2003. Tese (Doutorado) – Universidade Metodista de Piracicaba, Piracicaba, SP, 2003.

APÊNDICE 1

Entrevista Semiestruturada

- 1) O que lembra sobre como foi o ensino do conceito de **Energia** no Ensino Médio?
- 2) Você fez Graduação na grande área das Ciências Naturais e na grande área de Biologia. Procure lembrar e expressar seu entendimento sobre o conceito “energia” ao concluir o curso de Graduação?
 - a) Dê um exemplo, cite alguma situação de aprendizagem (disciplina, conteúdo) ou alguma situação real, algum fato, em que esse entendimento estaria envolvido).
 - b) Expresse seus entendimentos sobre a relação entre a energia dos alimentos energéticos (doces, amidos, gorduras,...) e por um lado a necessidade do sol (fotossíntese) e por outro lado a relação com a energia que mantém o organismo quando esses alimentos energéticos são consumidos.
- 3) Procure lembrar e expressar agora seu entendimento sobre o conceito “energia” ao longo da sua vida profissional. O entendimento há pouco expresso continuou o mesmo? Houve alguma mudança? Hoje qual o seu entendimento sobre o conceito “energia”?
- 4) A partir de seus contatos com professores de escola, alunos da Graduação e Mestrado, segundo sua percepção, quais as compreensões/concepções mais usuais do conceito “energia”? (Considere as áreas Biologia, Química e Física)
- 5) Fale especificamente sobre o uso de imagens/figuras/modelos em uma aula do Ensino Médio em que estaria ensinando sobre o conceito de **Energia**?
- 6) Quais **dificuldades** você encontra no planejamento, durante as aulas, no que se refere ao ensino e à aprendizagem dos estudantes do conceito **Energia**? Por quê?
- 7) O que considera mais significativo na compreensão/significado do conceito **Energia**?
Expresse tal compreensão/entendimento conceitual.
- 8) Expresse a compreensão sobre a transformação: $ATP \rightleftharpoons ADP + Pi$. O que ela significa para você em termos da energia envolvida?
- 9) Muitas vezes, no LD ou numa aula do Ensino Médio, o estudante depara-se com palavras como ácido pirúvico, piruvato, ATP, NADH, sem dar atenção às fórmulas, figuras, imagens, modelos representativos das moléculas ou das reações química.

– O que você diz sobre os entendimentos/compreensões/aprendizados dos estudantes sobre as partículas e as interações/reações/transformação envolvidas? O que dizer sobre livros ou aulas em que as abordagens (livros didáticos, explicações do professor na aula) não contemplam nem as fórmulas (mesmo em equações químicas)?



– Você tem clareza de onde esses processos ocorrem? Aspectos fisiológicos são contemplados nas abordagens de **Energia** nos LDs? E em suas aulas? Como?

- 10) O que você diz sobre a forma como o conceito energia vem sendo abordado no Ensino Médio? O que deveria mudar na universidade?
- 11) E em livros didáticos de Biologia do Ensino Médio?
- 12) Como você vê possíveis relações entre o significado conceitual de energia a ser ensinado na escola e situações da vivência cotidiana? De que forma poderiam ser contempladas relações com contextos cotidianos?
- 13) Como vê a perspectiva da interdisciplinaridade no ensino e na aprendizagem do conceito energia?
- 14) Quais experiências bem-sucedidas são de seu conhecimento no que diz respeito ao ensino e à aprendizagem do conceito energia?
- 15) Quais sugestões ou proposições apresentaria para, de alguma forma, melhorar o ensino e a aprendizagem do conceito energia?
- 16) O que você teria a dizer sobre como tem percebido a concepção do conceito de “energia” na proposição e desenvolvimento de Situações de Estudo.

APÊNDICE 2

Ficha de caracterização do professor entrevistado

Nome: _____

Idade: _____

Formação: _____

Ano de conclusão: _____

Escolas em que atua: _____

Tempo de atuação: _____

Quantidade de horas semanais: _____

Uso de LD (citar qual/quais): _____

Cursos de formação continuada: _____

APÊNDICE 3

Pesquisa: As Aprendizagens do Conceito Energia do Metabolismo Celular nas Interações entre Professores e Estudantes Mediadas pelos Livros Didáticos de Biologia do Ensino Médio

Nome: _____ Idade: _____

Escola: _____

1) Qual(is) os livros didáticos (LDs) de Biologia que você conhece? _____

2) Em quais LDs de Biologia você estuda? _____

3) Você estuda nos LDs com que frequência?

Diariamente

Mensalmente

Semanalmente

Não utilizo

4) Em que momentos estuda no LD?

Antes da aula

Após a aula, para retomar o conteúdo

Durante a aula

Para as provas de avaliação do conteúdo

Para pesquisar

Faça um esquema explicando o metabolismo energético celular (respiração celular). Pode ser desenho ou um conjunto de palavras relacionadas.

Posicione-se acerca dos conceitos apresentados utilizando a legenda a seguir:

CT = Concordo totalmente; C = concordo; I = indiferente; D = discordo; DT = discordo totalmente

- 1) Os sistemas biológicos seguem duas leis básicas de termodinâmica. A primeira diz que, nos processos físicos e químicos, *energia* pode ser ganha ou perdida, transferindo-se de um sistema para outro, mas não pode ser criada nem destruída.
a) CT b) C c) I d) D e) DT

- 2) A segunda lei de termodinâmica diz que a *energia* inevitavelmente se dissipa, isto é, passa de uma forma utilizável, como a dos fótons da luz e a dos elétrons das ligações químicas, para outra menos utilizável, o calor.
a) CT b) C c) I d) D e) DT

- 3) Os seres vivos realizam intensas e incessantes atividades de transformação química que constituem o metabolismo. A *energia* metabólica é obtida a partir de substâncias orgânicas constituintes dos alimentos.
a) CT b) C c) I d) D e) DT

- 4) Uma maneira de ativar moléculas é fornecer a elas *energia* na forma de calor; é isso que fazemos quando utilizamos uma chama ou uma faísca para dar início à combustão do gás de cozinha nos fogões domésticos ou da gasolina no motor de um automóvel.
a) CT b) C c) I d) D e) DT

- 5) O trifosfato de adenosina (ATP) é uma substância que capta e armazena *energia* liberada em certas reações celulares, transferindo-a para processos que demandam *energia*. Por isso, essa substância é considerada a “moeda energética” do metabolismo celular.
a) CT b) C c) I d) D e) DT

- 6) No interior das mitocôndrias forma-se a maioria das moléculas de trifosfato de adenosina (ATP), indispensáveis ao metabolismo celular.
a) CT b) C c) I d) D e) DT

7) O trifosfato de adenosina (ATP) é um nucleotídeo constituído pela base nitrogenada adenina unida ao glicídio ribose que, por sua vez, se une a uma cadeia de três grupos fosfatos.

- a) CT b) C c) I d) D e) DT

8) Na respiração celular a *energia* das moléculas orgânicas é liberada pouco a pouco, em uma sequência ordenada de reações químicas bem-controladas, e parte dessa *energia* é armazenada na forma de ATP.

- a) CT b) C c) I d) D e) DT

9) Os glicídios produzidos, na fotossíntese, são utilizados como fonte de *energia* e de matéria-prima para a síntese de todos os componentes orgânicos dos seres autotróficos, tais como proteínas, lipídios, ácidos nucleicos, etc.

- a) CT b) C c) I d) D e) DT

10) Na glicólise (do grego *glykos*, açúcar, *elysis*, quebra) uma molécula de glicose é quebrada em duas moléculas de ácido pirúvico (fórmula geral $C_3H_4O_3$), com saldo líquido de duas moléculas de ATP.

- a) CT b) C c) I d) D e) DT

11) O ciclo de Krebs tem início com uma reação entre a acetil-CoA e o ácido oxalacético, em que é liberada a molécula de coenzima A e formada a molécula de ácido cítrico. Ao longo das oito reações subsequentes, são liberadas 2 moléculas de gás carbônico, elétrons de alta *energia* e íons H^+ .

- a) CT b) C c) I d) D e) DT

12) A *energia* liberada pelos elétrons com alta energia, obtidos de uma molécula de glicose em sua passagem pela cadeia respiratória, pode formar até 26 moléculas de ATP. Somando-se essas 26 moléculas aos 2 ATPs formados na glicólise e aos 2 formados no ciclo de KREBS, obtém-se o rendimento máximo da respiração celular de 30 moléculas de ATP por molécula de glicose.

- a) CT b) C c) I d) D e) DT

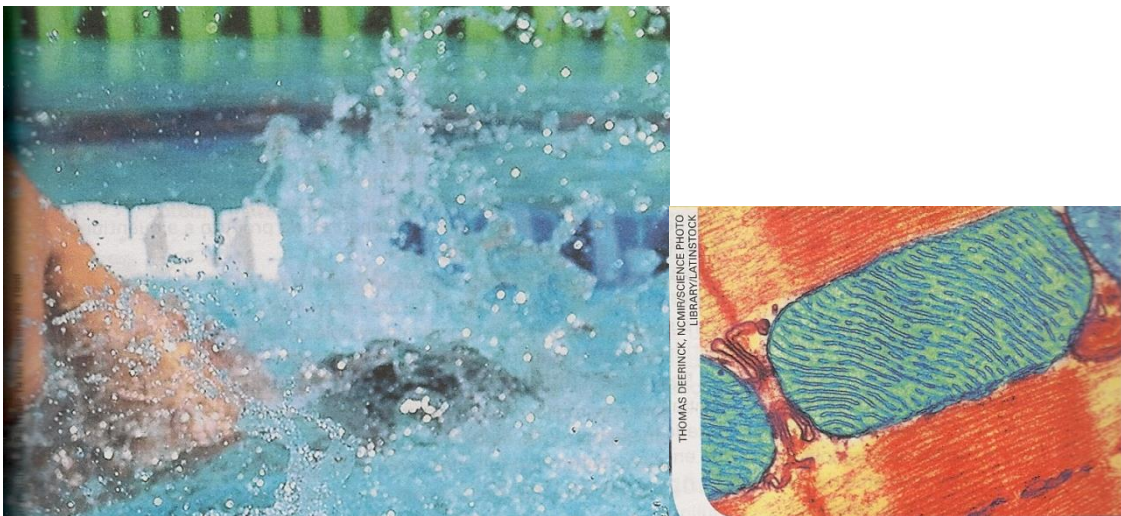
13) Fermentação é um processo de produção de ATP sem utilização de gás oxigênio, empregado principalmente por certos fungos e bactérias.

- a) CT b) C c) I d) D e) DT

14) A degradação e perda de *energia* por meio de calor é possível graças a um mecanismo conhecido como acoplamento de reações, em que algumas substâncias armazenam temporariamente a *energia* que será posteriormente transferida, de modo que a perda sob a forma de calor seja a menor possível.

- a) CT b) C c) I d) D e) DT

15) Em atividades físicas aeróbicas como a natação, os músculos esqueléticos e a musculatura cardíaca exigem grande quantidade de *energia* para trabalhar. A *energia* para a contração muscular é suprida pelas mitocôndrias, organelas responsáveis pela respiração celular.



- a) CT b) C c) I d) D e) DT

APÊNDICE 4

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Estamos desenvolvendo uma pesquisa cujo título é “As Aprendizagens do Conceito Energia do Metabolismo Celular nas Interações entre Professores e Estudantes Mediadas pelos Livros Didáticos de Biologia do Ensino Médio” Este trabalho é uma continuidade da pesquisa desenvolvida durante o curso de Mestrado em Educação nas Ciências da Unijuí, que resultou na Dissertação intitulada: “Abordagens e Reflexões sobre a Significação Conceitual de Energia em Espaços Interativos de Formação de Professores”, na qual foram produzidas e investigadas interações, simultaneamente, de licenciandos com professores da educação básica e da universidade, focalizando práticas de formação para o ensino de Ciências Naturais/Biologia, em especial, em abordagens do conceito “energia”.

A decisão de continuidade do estudo do conceito “energia” como objeto de pesquisa neste projeto, considera a potencialidade de contribuir no avanço dos entendimentos sobre as abordagens do referido conceito no Ensino Médio (EM), nos Livros Didáticos de Biologia do Ensino Médio (LDBEM); afinal, inter-relações entre as disciplinas da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CNTs), envolvem mediações de linguagens específicas que, muitas vezes, não fazem parte do ensino aos estudantes ou de reflexões desenvolvidas junto a formação docente.

A relevância da pesquisa justifica-se também pela amplitude das relações do conceito “energia” com outros conceitos da área de CNT, sendo inúmeras as possibilidades de produção de sentidos aos significados conceituais relativos a abordagens de diferentes temas em estudo, a exemplo de processos metabólicos vitais como a respiração.

O objetivo é investigar abordagens relativas ao ensino de “energia” em LDBEM, na perspectiva da articulação entre os diversos conhecimentos que integram o ensino de “energia” na área, bem como as repercussões no ensino e na aprendizagem de tais abordagens em Biologia no EM.

A metodologia proposta para o desenvolvimento deste trabalho segue a abordagem qualitativa a qual, pelas características que apresenta, é considerada como estudo de caso e, segundo Lüdke e André (1986), caracteriza-se pela coleta de dados, obtidos no contato direto do pesquisador com a problemática a ser estudada, enfatizando mais o processo do que o produto. Com base em entendimentos como esses, o projeto envolverá os seguintes procedimentos de pesquisa: I) análise de abordagens de “energia” em LDBEM, aprovados e sugeridos pelo Guia de LD PNLD 2012 (BRASIL, 2011); II) realização de entrevista semiestruturada com professores de Biologia do EM; e III) aplicação de questionários com estudantes do EM.

Nesse sentido, reitera-se que o presente projeto investigará abordagens do conceito “energia”, **nos LDBEMs direcionados para a 1ª série do EM que abordam a biologia celular**. A entrevista semiestruturada será realizada com cerca de **5 professores de Biologia do EM de escolas** (da rede

pública e privada do município de Ijuí/RS) que se utilizam das abordagens ou dos LDBEMs analisados nesta pesquisa em suas práticas de ensino, e objetiva ampliar as compreensões acerca de como se dá a compreensão e explicação de conceitos abordados em LDBEMs e suas implicações para um ensino significativo de “energia”.

O questionário será realizado com estudantes de, pelo menos, uma turma da 2ª série do EM, de cada um dos professores entrevistados e que também têm acesso ao(s) LDBEMs utilizados pelo professor. Isso, na perspectiva de investigar compreensões sobre abordagens relativas à “energia” desenvolvidas no contexto escolar a partir dos LDBEMs.

Aos depoentes será assegurado (i) o anonimato dos sujeitos de pesquisa, (ii) a possibilidade de desistir da participação da pesquisa, a qualquer momento, podendo solicitar que suas informações sejam desconsideradas no estudo, sem nenhum constrangimento, (iii) a liberdade de acesso aos resultados da pesquisa, (iv) a garantia de que as informações possibilitadas serão utilizadas apenas para a elaboração de publicações no âmbito da pesquisa (em periódicos, anais de congressos ou livros).

Está garantido que você não terá nenhum tipo de despesa financeira durante o desenvolvimento da pesquisa, como, também, nenhum constrangimento moral dela decorrente.

O Projeto de Pesquisa está inserido no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Educação nas Ciências – Química da Vida e Saúde (PPGECQVS) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), e está sendo realizado sob a responsabilidade da doutoranda Sandra Maria Wirzbicki, residente na Rua Simão Hickembick, 813, Bairro Elizabeth, cidade de Ijuí, RS, e-mail: swirzbicki@yahoo.com.br. Seu telefone 55-9147-7818 (celular) fica à disposição para contatos, a qualquer momento, em caso de dúvida, esclarecimento, desistência ou reclamação. A doutoranda conta com a orientação do Prof. Dr. José Claudio Del Pino, residente na Rua Prof. Cristiano Fischer, 2140/401, Bairro Partenon, cidade de Porto Alegre, RS, e-mail: delpinojc@yahoo.com.br. Seu telefone celular 51 98085237 também fica à disposição para contatos, a qualquer momento, em caso de dúvida, esclarecimento, desistência ou reclamação.

Diante do supraexposto, considerando-me devidamente esclarecido sobre a pesquisa, eu _____, autorizo a equipe de pesquisadores a utilizar, divulgar e publicar, para fins científicos e culturais, meus depoimentos, no todo ou em parte, editado ou não, nos termos firmados, ciente de que, a qualquer momento, poderei solicitar novas informações ou modificar minha decisão, caso assim o desejar.

Local e Data

Assinatura da Responsável pelo Projeto

Assinatura do Depoente