

**UNIJUÍ - UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE DO ESTADO DO RIO
GRANDE DO SUL**

FÁBIO ANDRÉ SANGIOGO

**REPRESENTAÇÕES DE ESTRUTURAS SUBMICROSCÓPICAS NO
ENSINO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS:
(RE)CONSTRUÇÃO DE CONHECIMENTOS ESCOLARES**

**Ijuí/RS
2010**

FÁBIO ANDRÉ SANGIOGO

**REPRESENTAÇÕES DE ESTRUTURAS SUBMICROSCÓPICAS NO
ENSINO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS:
(RE)CONSTRUÇÃO DE CONHECIMENTOS ESCOLARES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Educação nas Ciências da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, UNIJUÍ, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Educação nas Ciências.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Lenir Basso Zanon

Ijuí/RS
2010

Catologação na Publicação

Programa de Pós-Graduação em Educação nas Ciências – Mestrado

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO


Aos quatorze dias do mês de janeiro de dois mil e dez, às quatorze horas, na Sala A3 – Campus da UNIJUI realizou-se o Exame de Defesa da Dissertação intitulada **“REPRESENTAÇÃO DE ESTRUTURAS SUBMICROSCÓPICAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS: (RE)CONSTRUÇÃO DE CONHECIMENTOS ESCOLARES”**, de autoria do candidato FÁBIO ANDRÉ SANGIOGO, aluno do curso de Mestrado em Educação nas Ciências. A Banca Examinadora esteve constituída pela professora Dr^a. Lenir Basso Zanon, orientadora da dissertação e Presidente da sessão, pelo professor Dr. Otavio Aloisio Maldaner, pela professora Dr^a Cátia Maria Nhering e pelo professor Dr. Maurivan Güntzel Ramos. A sessão pública de apresentação e de defesa da dissertação foi aberta pelo Presidente professora Dr^a. Lenir Basso Zanon, que fez a apresentação do candidato e dos membros da banca. Concluída a fase de apresentação e de defesa, a Banca Examinadora, acompanhada do Presidente da sessão, reuniu-se para a elaboração do parecer conclusivo. O candidato foi aprovado pela Banca Examinadora e foi concedido o prazo de **45** dias para efetivar as alterações sugeridas pela Banca Examinadora e apresentar o trabalho em sua redação definitiva. E para constar foi lavrada a presente Ata, que vai assinada pelos membros da Banca Examinadora e pelo mestrando.

Ijuí (RS), 14 de Janeiro de 2010.


Dr^a. Lenir Basso Zanon
(Orientadora – UNIJUI)


Dr. Otavio Aloisio Maldaner
(UNIJUI)


Dr^a Cátia Maria Nhering
(UNIJUI)


Dr. Maurivan Güntzel Ramos
(PUC-RS)


Fábio André Sangiogo
(Mestrando)

AGRADECIMENTOS

A Deus que fortalece, sustenta e guia nos momentos de dificuldade e de alegria, nas derrotas e nos acertos.

À minha família, por proporcionar tudo aquilo que mais precisei: amor, apoio e dedicação.

À minha querida Amiga, Professora e Orientadora Lenir Basso Zanon, que me incentivou, permitiu crescer e chegar ao final desse processo transformador, enquanto era bolsista do Gipec-Unijuí, acadêmico e mestrando.

Ao grande Amigo e Professor Otavio Aloisio Maldaner, pelas tantas reflexões, trabalhos acadêmicos e intelectuais propiciados na graduação, mestrado e Gipec-Unijuí.

Aos bolsistas, voluntários e professores que integram ou integraram o Gipec-Unijuí durante o longo período que ali fiquei, pela amizade, incentivo, momentos de discussão e conversas descontraídas.

Aos meus queridos Colegas da graduação em Química, Professores e Colegas das turmas de 2008 e 2009 do Curso de Mestrado, que, de alguma forma, partilharam saberes, alegrias e angústias.

Aos professores Otavio Aloisio Maldaner, Cátia Maria Nehring e Maurivan Güntzel Ramos, que participaram com a leitura atenta desta dissertação e suas valiosas contribuições na Banca de Qualificação e/ou Defesa Final.

A todos os Sujeitos de pesquisa, pelos aprendizados, disponibilidade e confiança.

Ao CNPq e à Unijuí, pelo apoio financeiro e institucional.

A todos aqueles que acreditaram e torceram por mim, em especial à Aniara, pelo amor, carinho, alegrias, angústias e sonhos compartilhados.

RESUMO

Considerando-se que é incipiente o número de estudos sobre o uso de representações de estruturas submicroscópicas em livros didáticos e em aulas da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, esta pesquisa analisa tais representações, focalizando reflexões sobre o uso das mesmas numa perspectiva direcionada à promoção de conhecimentos científicos escolares mais significativos e socialmente relevantes. Foram analisados livros didáticos de Biologia e Química do ensino médio, bem como interações de sujeitos em formação para o ensino, na área. Para isso, foram desenvolvidos e acompanhados *módulos de interação* em aulas de componentes curriculares dos cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas e em Química da Unijuí, com aplicação de questionários e registro de depoimentos sobre representações de estruturas submicroscópicas, em reuniões com sujeitos participantes do *módulo*. Com base na vertente teórica bachelardiana, a atenção se volta para alguns obstáculos epistemológicos que acompanham o ensino das Ciências. Por outro lado, a partir do referencial histórico-cultural, o olhar se volta para processos de construção de conhecimentos escolares mediante interações típicas a aulas de Ciências da Natureza, considerando-se a multiplicidade de contextos socioculturais em que professores e estudantes aprendem e se desenvolvem. Resultados indicam a importância de discussões sobre limites e potencialidades no uso de representações de estruturas submicroscópicas que acompanham abordagens de conteúdos/conceitos escolares. Conclui-se o trabalho ressaltando a necessidade da mobilização de saberes docentes importantes de serem considerados no processo de mediação didática de conteúdos/conceitos que envolvem o uso de representações de estruturas submicroscópicas. Abordagens, discussões e reflexões sobre as mesmas no ensino e na formação de professores podem contribuir no enfrentamento de obstáculos que limitam o acesso a conhecimentos científicos escolares que sejam coerentes com as Ciências e, também, relevantes para a formação de uma cidadania socialmente responsável.

Palavras-Chave: Formação de professores; Ensino de Ciências; Interações; Obstáculos epistemológicos; Representações de estruturas submicroscópicas.

ABSTRACT

Considering the low number of studies about the use of representations of submicroscopic structures in workbooks and in classes of Sciences of Nature and its Technologies, this research analyzes such representations, focusing on reflections about the use of them in a perspective directed to the promotion of a more significant and socially relevant scientific school knowledge. Biology and Chemistry high-school workbooks were analyzed, as well as interactions between individuals who are being educated to become teachers in this area. To do so, *interaction modules* in classes of the subjects from the graduation courses of Biology and Chemistry of UNIJUÍ were developed and followed up, with the application of questionnaires and the register of testimonials about representations of submicroscopic structures during the meetings with the participants of the *module*. Based on the *Bachelardian* theoretical framework, attention is given to some epistemological barriers that come along with the teaching of Science. On the other hand, from the historical-cultural reference, the focus is placed on the process of construction of the scholar knowledge through typical interactions of Science classes, considering the multiplicity of socio-cultural contexts in which teachers and students learn and develop themselves. The results point out the importance of discussions about limitations and potentialities in the use of representations of submicroscopic structures that go along with approaches of school contents/concepts. The work is concluded highlighting the need for mobilization of the teaching knowledge which is important to be considered in the process of didactic mediation of contents/concepts that involve the use of representations of submicroscopic structures. Approaches, discussions and reflections about them in the teaching and in the education of teachers may contribute to face the challenges that limit the access to scientific school knowledge which are coherent to the Sciences and also relevant to the formation of a socially responsible citizenship.

Key words: Teachers education; Teaching of Sciences; Interactions; Epistemological barriers; Representations of submicroscopic structures.

LISTA DE SIGLAS

ATP: Trifosfato de adenosina

ADP: Difosfato de adenosina

CC: Componente(s) Curricular(es)

CNPq: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

CNT: Ciências da Natureza e suas Tecnologias

DNA: Ácido desoxirribonucleico

FAD: Flavina adenina dinucleotídeo (forma oxidada)

FADH₂: Flavina adenina dinucleotídeo (forma reduzida)

GIPEC-UNIJUÍ: Grupo Interdepartamental de Pesquisa em Educação em Ciências da Unijuí

L: Licenciando(s)

LD: Livro(s) Didático(s)

LDBEN: Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional

M: Mestrando(s)

MPU: Mestrando na condição/função de Professor da Universidade

NAD⁺: Nicotinamida adenina dinucleotídeo (forma oxidada)

NADH: Nicotinamida adenina dinucleotídeo (forma reduzida)

OCNEM: Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio

PCN+: Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias)

PCNLEM: Programa do Catálogo Nacional do Livro para o Ensino Médio

PEMB: Professor(a) do Ensino Médio de Biologia

PEMQ: Professor(a) do Ensino Médio de Química

Pi: Fosfato

PU: Professor da Universidade

UNIJUÍ: Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 CONTEXTO/JUSTIFICATIVA E ASPECTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA	14
2.1 Contexto e Justificativa da Pesquisa	14
2.2 Aspectos do Percurso Metodológico da Investigação.....	18
2.2.1 Análise dos Livros Didáticos	19
2.2.2 Origem da Problemática de Pesquisa e Caracterização dos Módulos de Interação	21
2.2.3 Do Planejamento dos Módulos às Análises Referentes a este Trabalho.....	25
3 REPRESENTAÇÃO DE ESTRUTURAS SUBMICROSCÓPICAS EM PROCESSOS DE CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO ESCOLAR.....	29
3.1 Modelos e Representações de Estruturas Submicroscópicas	29
3.2 A Importância da Epistemologia de Gaston Bachelard na Ciência e no Ensino de CNT...37	
3.3 Ciência, Cotidiano e Escola: especificidades e relações entre contextos socioculturais	52
3.4 Processos de Mediação Didática Relativos a Representações de Estruturas Submicroscópicas.....	60
4 UM OLHAR PARA AS REPRESENTAÇÕES DE ESTRUTURAS SUBMICROSCÓPICAS EM ABORDAGENS DE CONTEÚDOS DE CNT.....	68
4.1 A Noção de Modelo ou Representação em Livros Didáticos de Ciências da Natureza.....	69
4.2 Mediação de Estruturas Submicroscópicas no Ensino com Foco em ‘Enzimas’	78
4.3 Vigilância Relativa a Obstáculos à Aprendizagem no Ensino com Uso de Representações de Estruturas Submicroscópicas.....	93
4.4 Reflexões sobre as Interações na Formação para o Ensino de Ciências da Natureza	105
5 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES	111
LIVROS DIDÁTICOS	115
REFERÊNCIAS	116
ANEXO E APÊNDICES	121

1 INTRODUÇÃO

A problemática desta investigação é decorrente de pesquisas anteriores, desenvolvidas durante a atuação como bolsista de iniciação científica no âmbito do Gipec-Unijuí¹. Nesse âmbito, foram e vêm sendo planejados, implementados e investigados *módulos de interação triádica* (ZANON, 2003) em Componentes Curriculares (CC) dos cursos de licenciatura em Ciências Biológicas e em Química da Unijuí. Tais módulos contam com a participação, simultaneamente, de pelo menos três grupos de sujeitos de pesquisa: licenciandos, professores da universidade e professores da educação básica (de Biologia e Química), podendo contar, ainda, com a participação de outros sujeitos, a exemplo de mestrandos ou estudantes da educação básica. Nos módulos desenvolvidos nas licenciaturas, discussões sobre abordagens de situações vivenciais (como respiração, colesterol ‘bom’ e ‘ruim’, produtos de limpeza e outras) no ensino de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CNT) são registradas e analisadas, permitindo a realização de pesquisas sobre objetos de estudo diversificados.

Uma das categorias que se tornou proeminente na análise dos *módulos de interação* refere-se à ‘representação de estruturas submicroscópicas’² que permeiam explicações conceituais em abordagens de conteúdos em aulas e Livros Didáticos (LD) da área, seja do ensino médio ou universitário. A constatação da importância de tal categoria tem sido recorrente, configurando-se num dos focos de estudo e discussão em vários *módulos de interação*, o que motivou a escolher a referida temática como objeto de investigação desta dissertação.

Durante a atuação como bolsista de iniciação científica, as análises das interações nos módulos contaram com o apoio do referencial histórico-cultural, um dos principais adotados no âmbito do Gipec-Unijuí. Também, a construção e análise de resultados de pesquisa produzidos durante a atuação como bolsista (SANGIOGO; ZANON, 2006; ZANON; SANGIOGO; BECKER, 2008a e b) referem-se à visão de alguns *obstáculos epistemológicos e pedagógicos* que acompanham o ensino de conteúdos/conceitos de CNT relativos a ‘representações’ de estruturas submicroscópicas, a exemplo do *realismo* e do *verbalismo* (BACHELARD, 1996).

¹ Grupo Interdepartamental de Pesquisa sobre Educação em Ciências da Unijuí.

² Utilizado para partículas que não podem ser visíveis pelo uso de microscópios ópticos. Micro vem da expressão μ , que representa 10^{-6} m. Quando se fala em átomos, moléculas e supramoléculas, necessita-se pensar na dimensão dos nanômetros (10^{-9} m). Segundo Silva, Viana e Mohallen (2009, p. 173), “o tamanho nanométrico é uma medida da ordem de grandeza entre 10^{-7} e 10^{-9} m”.

Assim, a participação nos módulos instigou a continuidade dos estudos, com foco nas formas de representação de estruturas submicroscópicas, contando, principalmente, com os referenciais mencionados. No âmbito da literatura da área, é perceptível a carência de pesquisas e conhecimentos sobre processos de ensino e aprendizagem de conteúdos/conceitos que envolvem o uso de representações de estruturas submicroscópicas, sendo importante potencializar abordagens e reflexões em espaços de formação de professores. Tais representações permeiam amplamente os estudos na área, seja no nível básico ou no universitário, e uma compreensão mais amplamente fundamentada sobre as mesmas pode desempenhar um importante papel na melhoria dos processos de ensino e aprendizagem de CNT (SANGIOGO; ZANON, 2009a).

Em busca de avanços na compreensão da temática em estudo (representações de estruturas submicroscópicas no ensino de CNT), esta pesquisa está organizada com base nas seguintes *questões*: abordagens relativas a estruturas submicroscópicas levam em conta a noção de modelo ou representação, em LD de Biologia e Química do ensino médio, na perspectiva de favorecer, potencialmente, o desenvolvimento de reflexões sobre tal noção? Como? Representações de estruturas submicroscópicas limitam ou potencializam processos de significação conceitual, em abordagens/discussões nos espaços interativos acompanhados, na perspectiva de contribuir, potencialmente, na formação para o ensino de CNT? Como? Ao buscar respostas às questões, a atenção volta-se, também, aos saberes docentes considerados importantes de serem mobilizados no ensino de temáticas, conteúdos e conceitos cuja compreensão envolve o uso de representações de estruturas submicroscópicas, no âmbito dos processos de construção de conhecimentos³ escolares acompanhados.

O *objetivo geral* da pesquisa é analisar representações de estruturas submicroscópicas em LD de Biologia e Química do ensino médio e em aulas de CC das Licenciaturas em Ciências Biológicas e Química, bem como discussões sobre tais representações, com vistas ao desenvolvimento de melhorias no ensino e na formação docente na área das CNT.

Os *objetivos específicos* são:

- explicitar, delimitar e fundamentar o significado das expressões *modelo* e *representação* (de estrutura submicroscópica), no âmbito deste trabalho, situando a importância de tal compreensão na área de educação em Ciências e no ensino de CNT;

³ Neste texto, não há preocupação em diferenciar os termos 'conhecimento' e 'saber', portanto, tais termos serão utilizados sem uma distinção de significados, diferente do que propõem alguns autores.

- explicitar e discutir referenciais que contribuam para as reflexões e aos entendimentos relacionados ao ensino de conteúdos escolares que envolvem o uso de representações de estruturas submicroscópicas;
- analisar LD de Biologia e Química do ensino médio, quanto à adequação de abordagens relativas a representações de estruturas submicroscópicas, no sentido de uma compreensão teórico-conceitual coerente com as formas científicas de explicação; e
- planejar e analisar interlocuções de sujeitos em formação para o ensino de CNT, quanto a abordagens de assuntos vivenciais que envolvem o uso de representações de estruturas submicroscópicas, com atenção à mobilização de saberes docentes importantes de serem considerados no ensino e na formação de professores na área.

Os procedimentos metodológicos de pesquisa envolveram análise de LD de Biologia e Química do ensino médio e análise de interlocuções dos sujeitos de pesquisa em *módulos de interação* (ZANON 2003) e em reuniões com licenciandos após a participação dos mesmos em algum módulo. Também, foram aplicados questionários junto aos licenciandos participantes dos módulos, com o objetivo de subsidiar as manifestações durante as reuniões.

Parte-se da constatação de que representações de estruturas submicroscópicas integram processos de mediação didática de conhecimentos escolares típicos a aulas de CNT, contudo, nem sempre elas são adequadamente apresentadas e discutidas em LD e em aulas de CNT. Justifica-se, assim, a importância da inserção de discussões sobre as mesmas na formação de professores de CNT, como forma de contribuir na melhoria do ensino, na área, por exemplo, no que se refere à compreensão de limites, potencialidades, obstáculos e mobilização de saberes docentes relacionados ao ensino e à aprendizagem de conteúdos/conceitos que envolvem o uso de representações de estruturas submicroscópicas. Compreende-se que tais representações, se trabalhadas adequadamente, podem ampliar e possibilitar melhorias no acesso aos conhecimentos escolares, de forma que sejam mais coerentes com os conhecimentos aceitos no âmbito da comunidade científica, possibilitando (re)construções de conhecimentos escolares mais significativos e relevantes à vida dos estudantes. Buscam-se tais compreensões na perspectiva de contribuir para o avanço do conhecimento, na área de educação em Ciências, no âmbito do objeto em estudo.

Frente às questões, aos objetivos e pressupostos mencionados, este trabalho está organizado em cinco capítulos. No primeiro, se apresenta e contextualiza a pesquisa desenvolvida. No segundo, apresenta-se o contexto, a justificativa e o percurso metodológico desenvolvido em busca de respostas às questões de pesquisa. No terceiro, elencam-se abordagens e reflexões relativas à temática em estudo, com base em referenciais teóricos que embasam a

presente investigação, em especial Gaston Bachelard e Lev Vigotski⁴. No quarto capítulo, são apresentados resultados de pesquisa relativos a abordagens conceituais que envolvem o uso de representações de estruturas submicroscópicas em LD e em aulas de CNT, com a preocupação de ressaltar a importância de discussões e reflexões sobre o uso de tais representações, no ensino e em espaços de formação de professores, na área.

No quinto capítulo, conclui-se o trabalho defendendo a importância de espaços de interação como os analisados neste trabalho, com reflexões sobre limitações e potencialidades de representações de estruturas submicroscópicas. Ainda, ressalta-se a necessidade da mobilização de saberes docentes importantes de serem considerados nos processos de mediação didática de conteúdos/conceitos que envolvem representações de estruturas submicroscópicas. Isso na perspectiva de proporcionar melhores processos de construção de conhecimentos escolares característicos à área de CNT, seja no âmbito do ensino básico ou universitário.

⁴ Em traduções brasileiras de obras de Vygotsky consta o nome do autor com “i”. Neste trabalho, optou-se por esta mesma forma de denominação.

2 CONTEXTO/JUSTIFICATIVA E ASPECTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA

2.1 Contexto e Justificativa da Pesquisa

A formação e a prática de professores das diversas áreas e níveis de conhecimento abrangem o uso de recursos didáticos que, nos últimos anos, passaram a incluir uma diversidade de meios e fontes de informação. No entanto, LD ainda são um dos principais recursos usados no ensino e enfrentam constantes mudanças para adequar-se aos PCNLEM⁵ (BRASIL, 2007 e 2008). Uma das mudanças na abordagem de conceitos, conteúdos ou temáticas dos LD, da área das CNT, é a crescente ampliação no uso de imagens, a exemplo de estruturas químicas, esquemas, fotografias e outras, sendo perceptível a diferença na apresentação visual das abordagens ao longo dos diversos capítulos dos mesmos. No entanto, “pesquisas têm mostrado que a leitura de imagens precisa ser ensinada”, para as quais, o professor tem papel mediador fundamental na sua respectiva significação conceitual (SILVA *et al.*, 2006, p. 219), seja na interpretação de uma imagem de LD, de um software educacional, de um artigo de revista, de um texto disponibilizado pela Internet ou outros. Isso indica a relevância de discussões sobre implicações de recursos didáticos que se utilizam de imagens e representações em aulas de CNT, bem como sobre seus reflexos no aprendizado dos estudantes.

É preocupante a constatação de que cursos de formação de professores de CNT careçam de estudos e reflexões sobre implicações do uso de representações de estruturas submicroscópicas, junto ao ensino de CNT (SANGIOGO; ZANON, 2009b), o que inclui discussões sobre modelos (teóricos/explicativos/conceituais). Também, que LD apresentam abordagens, muitas vezes incipientes, sobre tais representações, sendo, muitas vezes, inadequadamente trabalhados em sala de aula - no ensino médio ou em cursos de licenciatura da área das CNT (SANGIOGO; ZANON, 2009a).

⁵ Programa do Catálogo Nacional do Livro para o Ensino Médio.

Justi defende a visão de que os modelos (e, conseqüentemente, suas representações) desempenham um importante papel no ensino, apontando pesquisas indicadoras de que “o conhecimento do conteúdo, o conhecimento curricular e o conhecimento pedagógico do conteúdo de professores de Ciências na área de modelos e criação de modelos são geralmente incompletos ou inadequados” (2003, p.1). Isso pode ser remetido à carência de tais discussões junto à comunidade científica de pesquisadores, no ensino e em cursos de formação de professores da área das CNT.

Constitui-se, assim, num tema importante a ser investigado e compreendido, no sentido de como ele se insere no ensino de assuntos, conceitos e conteúdos que integram os processos de construção dos conhecimentos tipicamente escolares.

Com as pesquisas no mestrado, buscam-se avanços na compreensão das inter-relações (entre conhecimentos cotidianos e científicos) constitutivas de conhecimentos escolares significativos e socialmente relevantes, em espaços de formação de professores, na área das CNT, a exemplo das reflexões desenvolvidas em módulos de interação (SANGIOGO; ZANON, 2006; ZANO; SANGIOGO; BECKER, 2008a e b; SANGIOGO; ZANON, 2009b e c), principalmente quanto ao uso de representações de estruturas submicroscópicas. Corroboram-se com trabalhos anteriores, em que se acredita na possibilidade de construir uma educação escolar comprometida e socialmente responsável, no âmbito dos níveis médio e universitário, capaz de proporcionar um ensino que potencialize a aprendizagem e o desenvolvimento dos estudantes, como cidadãos, tal como pressupõe a LDBEN⁶ (BRASIL, 1996) e referenda-se nas OCNEM⁷ (BRASIL, 2006).

O professor, por ser mediador, agente transformador do currículo, quem executa a *práxis*, as possíveis propostas dos documentos oficiais, quem escolhe os LD, materiais e propostas curriculares inovadoras, pode ter a capacidade de proporcionar aos estudantes processos de construção de *conhecimentos escolares* que sejam mais significativos e socialmente relevantes (LOPES, 1999). Isso demanda formação docente quanto a saberes importantes de serem mobilizados na compreensão dos processos dialógicos entre conhecimentos científicos (sejam da Química, Biologia, Física ou Educação) e conhecimentos cotidianos (do dia a dia). Tais dialogias são necessárias à significação conceitual de modelos teóricos, bem como a aprendizados relativos às representações de estruturas submicroscópicas que permeiam aulas e LD de CNT, podendo permitir compreensões que ultrapassem o contexto escolar dos estudantes, possibilitando aos mesmos novas leituras sobre noticiários, textos de revistas, jornais e etc.

⁶ Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional.

⁷ Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio.

O LD, seja na educação básica ou nos cursos de licenciatura, é recurso essencial e indispensável ao ensino e ao aprendizado na área das CNT, como “orientador pedagógico do trabalho do professor” (LOPES, 2007, p. 212). Isso alerta para a importância da inserção de conhecimentos e habilidades, na formação de professores, que lhes possibilitem escolhas conscientes dos LD a serem usados no ensino, bem como formas adequadas de sua utilização em sala de aula, capazes de potencializar aprendizagens significativas aos estudantes. Porém, tal inserção de conhecimentos e habilidades não pode ser vista como algo simples. Ela exige estudo, compreensão, análise bastante específica, relacionada, também, com reflexões sobre concepções de cunho pedagógico e epistemológico, das quais decorrem as abordagens e os objetivos do ensino, frente aos aprendizados que se pretende propiciar aos estudantes, em cada área de conhecimento (SANGIOGO; ZANON, 2009a).

Nessa perspectiva, destaca-se a importância de discutir sobre imagens e representações de estruturas submicroscópicas presentes em LD de Biologia e Química que, muitas vezes, não são adequadamente abordados em sala de aula, de modo que venham a contribuir e proporcionar a efetivação de um ensino que potencialize a aprendizagem e o desenvolvimento cognitivo dos estudantes.

As OCNEM, com base nos PCN+, estabelecem que:

[...] historicamente, o conhecimento químico centrou-se em estudos de natureza empírica sobre as transformações químicas e as propriedades dos materiais e substâncias. Os *modelos explicativos* foram gradualmente se desenvolvendo conforme a concepção de cada época e, atualmente, o conhecimento científico em geral e o da Química em particular requerem o uso constante de *modelos extremamente elaborados* (BRASIL, 2002, p. 87 e BRASIL, 2006, p. 109-110, grifos nossos).

O ensino na área de CNT contempla, por sua natureza, diversas abordagens relativas a modelos teóricos/explicativos. Portanto, o assunto não pode deixar de fazer parte dos estudos em cursos de formação de professores ou em aulas do ensino médio, de modo a propiciar entendimentos e aprendizados mais adequados e significativos. Isso inclui discussões sobre o caráter epistemológico de modelos explicativos (teóricos ou conceituais) e suas representações de estruturas submicroscópicas, concernente à área das CNT.

No cotidiano circulam matérias (textos) de divulgação científica, ou outras, que veiculam palavras, como átomo, substância, molécula, material, que são criadas no contexto científico, a exemplo das informações sobre nanociência, que vêm sendo, cada vez mais, veiculadas na mídia. Segundo Silva, Viana e Mohallem (2009, p. 172), “muitas vezes, ao ler um jornal ou assistir a um noticiário, as palavras contendo nano surgem naturalmente como se

fossem utilizadas pelas pessoas de forma corriqueira”. Mas será que todos sabem o que significa nano, átomo, ou molécula?

Nesse cenário, o ensino de CNT tem a importante tarefa de proporcionar compreensões conceituais sobre tais palavras que carregam significados provenientes do contexto científico e têm a relevância de serem apropriadas e (re)significadas pelos estudantes. Isso no sentido de que os mesmos possam melhor compreender e tomar decisões conscientes e responsáveis frente ao mundo atual. Também, discussões sobre modelos teóricos e representações de estruturas submicroscópicas podem permitir novas e melhores formas de compreender a Ciência, com vistas a retificar visões distorcidas ou obstáculos que impedem o acesso a conhecimentos escolares mais coerentes com conhecimentos científicos e, talvez, mais significativos e relevantes à cultura extraescolar dos estudantes/cidadãos.

Outrossim, com base em Bachelard, é importante considerar o pressuposto de que a apresentação, por parte de LD ou de professores de qualquer tipo de recurso didático, não reduzirá a complexidade (e a dificuldade) de compreensão dos modelos teóricos e representações de nível atômico-molecular. Criados pela Ciência, eles decorrem de representações mentais, de abstrações cientificamente aceitas e, por isso, requerem *representações mentais* por parte dos estudantes (MOREIRA, 1996). Sem uma devida discussão teórica, imagens e representações correm riscos de assumir apenas um caráter ilustrativo e de facilitação aparente (BACHELARD, 1996; LOPES, 1999). No entanto, sem privilegiar a racionalização e a abstração, não é possível se apropriar de e nem (re)construir conceitos científicos/químicos mais condizentes às Ciências.

É diante de tais reflexões que se justifica a importância de pesquisas sobre o uso de representações de estruturas submicroscópicas, seja no âmbito do ensino médio ou da universidade, contribuindo com discussões para a área de CNT. Neste trabalho, tais preocupações e contribuições estão associadas à potencialidade de uma melhor mediação didática e, conseqüentemente, melhor articulação entre a área das CNT, tendo em vista que em aulas e LD há ampla presença de imagens, figuras e explicações concernentes a tais representações.

Compreende-se assim que, muitas vezes, representações de estruturas submicroscópicas necessitam de entendimentos químicos bastante específicos, o que pode acenar para mudanças na forma de inserção de conteúdos das CNT no contexto escolar. A exemplo do estudo de citologia, que em muitas escolas é estudada no 1º ano do ensino médio, quando os estudantes ainda não têm conhecimentos químicos básicos sobre interações intra e intermoleculares, necessários para o entendimento sobre sistemas de transporte de substâncias, por exemplo, entre citoplasma e matriz mitocondrial (ZANON *et al.*, 2008).

A atenção deste trabalho dirige-se para a abordagem de assuntos vivenciais, a exemplo da *respiração e alimentação/digestão*, cuja compreensão escolar envolve o estudo do conteúdo *enzimas e catálise enzimática*. Os *módulos de interação* são desenvolvidos com o pressuposto de que a linguagem é constitutiva e estruturante da singularidade dos sujeitos, de que a interação é fundamental à significação e apropriação da linguagem científica, com constantes ressignificações de pensamentos e linguagens associados a representações de estruturas submicroscópicas que permeiam abordagens de assuntos, conceitos e conteúdos típicos à área das CNT, nos contextos cotidiano, escolar ou científico (VIGOTSKI, 2001).

Entende-se que a escola tem um papel muito importante na significação conceitual da linguagem científica (o que inclui representações de estruturas submicroscópicas). Afinal, é nela que os sujeitos têm oportunidade de interagir de forma intersubjetiva, na sua individualidade e coletividade, permitindo trocas de conhecimentos e experiências que enriquecem a cultura de todos os sujeitos do contexto escolar. Defende-se, também, a necessidade de um ensino que permita o uso de conhecimentos científicos para a vida dos estudantes, de modo que possam tornar-se capazes de criar seus próprios modelos explicativos, sem cair nas armadilhas dos obstáculos epistemológicos que dificultam a compreensão e a significação conceitual de fenômenos que habitam a prática escolar e a vivência cotidiana.

Tendo em vista o exposto e na perspectiva de responder às questões de pesquisa, segue a descrição do percurso metodológico desta investigação.

2.2 Aspectos do Percorso Metodológico da Investigação

Neste item é apresentada a configuração metodológica da pesquisa, a começar por uma explicitação da natureza da investigação.

A pesquisa tem um cunho qualitativo e interpretativo, por permitir produzir dados a partir de depoimentos expressos por sujeitos participantes e analisá-los à luz da literatura. Assume também um caráter de pesquisa *exploratória*, considerando-se que são produzidos resultados de pesquisa a partir do planejamento, implementação e registro de interações de sujeitos em formação para o ensino, de modo que o estudo “vai se delineando mais claramente à medida que o plano se desenvolve” (LÜDKE; ANDRÉ, 1986, p. 21).

A pesquisa assume ainda um caráter de pesquisa participante, com contato direto e prolongado do pesquisador no ambiente e na situação que está sendo investigada, coparticipando

dos espaços interativos em que os sujeitos se manifestam acerca do objeto em estudo. Na condição de observador e participante, o pesquisador vivencia e analisa interações nas quais também faz parte como sujeito de pesquisa (LÜDKE; ANDRÉ, 1986).

Salienta-se que a pesquisa contemplou os princípios da ética, tendo sido aprovada pelo Comitê de Ética na Pesquisa da Unijuí, em acordo com a Resolução do Conselho Nacional de Saúde 196/96, sobre pesquisa que envolve seres humanos (Anexo 01). Os sujeitos participantes, após terem sido informados sobre a pesquisa assinaram o Termo de Consentimento Livre Esclarecido (Apêndice I).

Nos itens subseqüentes, são descritos os procedimentos metodológicos da pesquisa, iniciando pela análise de LD de Biologia e Química do ensino médio.

2.2.1 Análise dos Livros Didáticos

Anteriormente ao desenvolvimento dos *módulos de interação* que serviram de campo empírico a esta pesquisa, procedeu-se a uma análise detalhada de quatro LD de Biologia e Química do ensino médio, quanto: a abordagens sobre modelos como conteúdo do ensino escolar, e ao modo como a menção de representação ou modelo consta em escritos que acompanham figuras relativas a estruturas submicroscópicas. Isso em atenção a modos como os LD favorecem, potencialmente, reflexões sobre conhecimentos/concepções relacionadas ao ensino de CNT, em especial a representações de modelos de explicação.

A análise acima referida abrangeu uma amostra de quatro LD (de Biologia e Química) do ensino médio, com observações ao longo de cada um, visto como um todo. Segue uma breve descrição dos LD analisados, referidos neste trabalho por LD1, LD2, LD3 e LD4. As informações se resumem às mencionadas para atender aos princípios da ética na pesquisa, no que se refere aos cuidados para evitar a identificação dos mesmos.

- LD1: refere-se a um livro de Biologia do ensino médio, volume único;
- LD2: refere-se a um livro de Biologia do ensino médio, volume único;
- LD3: refere-se a um livro de Química do ensino médio, volume 1; e
- LD4: refere-se a um livro de Química do ensino médio, volume único.

Esses LD foram escolhidos pelo fato de terem sido sistematicamente usados em atividades desenvolvidas no âmbito do Gipec-Unijuí, o que proporcionou facilidade ao seu

acesso e uso nos módulos. Dos quatro LD analisados, apenas o LD3 não está entre os LD aprovados no PCNLEM.

Quanto à análise dos LD, salienta-se que houve atenção somente a figuras relativas a representações de estruturas submicroscópicas, não abrangendo, portanto, todas as figuras presentes na amostra de LD. Ao desconsiderar a análise de imagens/figuras/gráficos que não envolvem alguma representação de estrutura submicroscópica, não se está negligenciando sua importância didática no ensino de CNT. Apenas, limita-se a atenção às mesmas, em coerência com a delimitação do objeto de estudo. Outros aspectos relativos a procedimentos adotados durante o processo de análise e construção de resultados referente aos LD encontram-se descritos no item 4.1 deste trabalho.

Além dos quatro LD já mencionados, outros onze LD (do ensino médio e superior) também fazem parte do campo empírico desta pesquisa, embora não tenham sido objeto da análise detalhada, anteriormente mencionada. Os mesmos são referidos neste trabalho como LD5, LD6, LD7, etc. Os resultados de pesquisa construídos e analisados referem-se a figuras ou excertos dos mesmos, de alguma forma usados nos contextos de interação (e questionários) que compõem o âmbito empírico da pesquisa.

A referenciação de cada um dos quinze LD que compõem o campo empírico consta na página 115 deste trabalho.

Para a compreensão de implicações do uso de formas de representação de estruturas submicroscópicas no ensino de CNT (quanto a processos de construção de conhecimentos escolares), além da análise dos LD, a pesquisa envolveu a análise de interações em espaços de formação de professores quanto à potencialidade de proporcionar reflexões sobre a necessária mobilização de saberes docentes importantes de serem considerados no ensino de conteúdos da área. Isso se levando em conta que tal ensino envolve as representações mencionadas.

A seguir, na tentativa de situar e contextualizar a origem da problemática em estudo são apresentadas algumas informações que configuram a trajetória acadêmica e profissional do pesquisador, incluindo uma configuração e delimitação da temática de pesquisa e aspectos do percurso metodológico adotado.

2.2.2 Origem da Problemática de Pesquisa e Caracterização dos Módulos de Interação

Um projeto de pesquisa⁸ vem sendo desenvolvido no âmbito do Gipec-Unijuí com o objetivo de analisar interações de licenciandos, professores da educação básica e professores da universidade, em contexto universitário ou escolar. Trata-se de um “Projeto Guarda-Chuva”, que abriga, nos últimos anos, um conjunto de subprojetos coordenados pela orientadora deste trabalho. Ou seja, interações desenvolvidas sob condições e características peculiares vêm sendo analisadas por diferentes pesquisas/pesquisadores (bolsistas de iniciação científica, mestrandos e outros participantes da equipe de pesquisa).

O interesse e a decisão de investigar, especificamente, representações de estruturas submicroscópicas decorrem da participação na referida equipe de pesquisa, com o desenvolvimento de estudos durante o período em que cursava a Licenciatura em Química e atuava como bolsista de iniciação científica, em subprojetos de pesquisa, no Gipec-Unijuí.

Este trabalho foi desenvolvido, também, como um subprojeto, sendo que seu objeto de investigação é resultante da atuação em subprojetos anteriores, com planejamento, desenvolvimento e análise de *módulos de interação* (ZANON, 2003) em aulas de CC dos cursos de Ciências Biológicas e Química da Unijuí. Tais módulos contam com a participação, simultaneamente, de licenciandos, professores da universidade e professores da educação básica de Biologia e Química. Também, focalizam avanços na compreensão do ensino de conteúdos relacionados a situações vivenciais, a exemplo de respiração, colesterol ‘bom e ruim’, produtos de limpeza e outros, mediante a inserção de reflexões e abordagens sobre o ensino de conhecimentos científicos/químicos em aulas de CNT.

Outros aprofundamentos e entendimentos que contribuíram na configuração da problemática da investigação decorreram de estudos e discussões sobre a especificidade e inter-relações de conhecimentos científicos e cotidianos necessários à apropriação e (re)construção de conhecimentos escolares, com base em proposições de Lopes (1997, 1999), por ocasião do desenvolvimento do *Trabalho de Sistematização de Curso* (SANGIOGO; ZANON, 2007).

Análises de módulos de interação têm apontado potencialidades para a promoção de mudanças, ao mesmo tempo, em concepções e práticas de sujeitos em formação para o ensino.

Tal simultaneidade interativa tem sido ausente ou incipiente em programas de formação inicial, haja vista que os licenciandos interagem com professores da educação básica em contexto escolar e, em outros momentos, na outra ponta, interagem com professores da universidade, configurando-se uma relação dicotômica entre o mundo acadêmico e o

⁸ Projeto intitulado “Interações Triádicas de Licenciandos, Professores da Educação Básica e da Universidade em Espaços de Formação para o Ensino em Ciências Naturais”.

Uma das categorias que se mostrou proeminente na análise dos *módulos de interação* refere-se a representações de estruturas submicroscópicas em abordagens de conteúdos/conceitos relativos à compreensão escolar de situações vivenciais, típicas a aulas e LD de Biologia e Química do ensino básico e universitário. Tal categoria vem sendo recorrente em vários *módulos de interação*, sendo objeto de discussão e investigação desta dissertação de Mestrado. Portanto, cabe considerar que procedimentos metodológicos referentes aos *módulos* e algumas das reflexões permeiam, mesmo que de forma indireta, discussões decorrentes do planejamento e análise de tais interações, que apontavam a necessidade de aprofundamentos e entendimentos quanto à temática em estudo, necessária de ser melhor discutida junto ao ensino e cursos de formação de professores da área das CNT. É importante mencionar o percurso anterior aos módulos planejados e analisados nesta pesquisa, por permitirem entender e situar as origens da problemática e do objeto em estudo, bem como o caminho metodológico e as discussões que norteiam a pesquisa.

Reflexões e depoimentos desenvolvidos em módulos anteriores, em certos momentos, acabam sendo retomados, até pelo fato de alguns sujeitos participarem, concomitantemente, de vários *módulos de interação*. Salienta-se, também, que temos conhecimento da história de formação de alguns dos sujeitos da pesquisa, pelo fato de serem bolsistas de iniciação, professores que circulam ou fazem parte do Gipec-Unijuí, ou, ainda, por serem ex-colegas da licenciatura. Tudo isso ajuda no planejamento dos módulos e na análise dos materiais empíricos.

De 2006 a 2009 foram desenvolvidos dez *módulos*, em CC dos cursos de Ciências Biológicas e Química da Unijuí, numa modalidade de “pesquisa participante” (LÜDKE; ANDRÉ, 1986), de modo que participo dos mesmos como sujeito de pesquisa. Com o objetivo de compreender a processualidade dos *módulos de interação* que vêm sendo planejados, implementados e analisados no âmbito do Gipec-Unijuí, são explicitados, a seguir, aspectos metodológicos que os caracterizam:

- escolha de um CC dos cursos de Ciências Biológicas e/ou Química;
- entendimentos, junto ao professor do CC, e, posteriormente, com os acadêmicos, sobre a possibilidade de desenvolver o *módulo de interação*;
- possível acompanhamento, por parte de pesquisadores de aulas do CC, antes e após o desenvolvimento do *módulo de interação*, com registros de informações relevantes para

subsidiar o planejamento, intervenção e análise dos dados empíricos, com registros em caderno de campo;

- escolha de uma ou mais situações vivenciais a serem objeto de explicações e discussões no módulo, à luz de conhecimentos do CC;

- planejamento do módulo, incluindo atividades de interação relativas ao ensino escolar e contatos com os professores da universidade e do ensino médio;

- convites a professores da área das CNT do ensino médio, incluindo cartas-convite, para coparticipar do *módulo de interação* em aulas da licenciatura. Dependendo do assunto, são entregues, juntamente à carta-convite, subsídios (textos, *slides*, figuras) que podem contribuir na motivação quanto à(s) temática(s) a ser(em) objeto de abordagem e discussão no módulo;

- realização de pesquisa coletiva relativa ao CC e à formação profissional, no âmbito da(s) temática(s) em estudo, usando fontes diversificadas, em especial LD de Biologia e Química do ensino médio, contemplando inter-relações entre conhecimentos contextuais e conceituais. Grupos de licenciandos elaboram apresentações (*slides* e/ou subsídios) a serem apresentados na turma, ou no *módulo de interação*, além de serem orientados a elaborar, previamente, questões aos professores da educação básica, em especial sobre como o(s) assunto(s) é(são) abordado(s) nas escolas/aulas;

- planejamento, juntamente com o professor do CC, de subsídios (*slides*, textos, representações de estruturas submicroscópicas) para serem usados no *módulo*; e

- registros, em agenda de campo, em áudio e/ou vídeo e transcrição, possibilitando a análise das interlocuções.

Cabe mencionar que sete módulos de interação foram desenvolvidos anteriormente aos planejados e analisados nesta pesquisa e, por essa razão, não fazem parte do campo empírico deste trabalho. Os sete módulos anteriores trataram de assuntos como: colesterol ‘bom e ruim’, presença de ferro no organismo, respiração, produtos de higiene e limpeza, funcionamento da visão, colóides, nanotecnologia, contração muscular, acidificação dos oceanos, escalas. Tais módulos foram desenvolvidos em aulas dos CC de *Química Biológica II* (ou *Bioquímica II*), *Biologia*, *Seminário II* e *Seminário V* dos cursos de Ciências Biológicas e Química da Unijuí.

Dessa forma, no âmbito desta dissertação, a análise se refere aos módulos 8, 9 e 10, desenvolvidos após o 1º semestre de 2008, após o ingresso no curso de mestrado. Entre outros, um dos assuntos vivenciais tratados nos referidos *módulos* foi “respiração”, sendo que, de alguma forma, os três módulos envolveram abordagens sobre o conteúdo/conceito “enzimas e

catálise enzimática”. A citação que segue explicita uma compreensão sobre as interações que vêm sendo desenvolvidas e investigadas.

Com apoio no referencial histórico-cultural, considera-se que, nos processos de formação docente planejados e desenvolvidos, cada sujeito interage com outros impregnado de teorias, práticas e saberes. Socialmente produzidos, mais/menos conscientes e refletidos, são suscetíveis de sistemáticos processos de reconstrução sócio-cultural mediante assimetrias das relações intersubjetivas. Valorizamos a visão do caráter sempre interativo, “nem receptivo, nem apenas ativo” nos processos de construção de conceitos escolares, como relação apoiada em sujeitos que “elaboram conhecimentos sobre objetos, em processos *necessariamente* mediados pelo outro e constituídos pela linguagem, pelo funcionamento dialógico” (GÓES, 1997, p. 13). Assim, “o conhecer tem gênese nas relações sociais, é produzido na intersubjetividade e, é marcado por uma rede complexa de condições culturais” (p. 14), históricas e sociais (SANGIOGO; ZANON, 2009b, p. 5).

Acredita-se que depoimentos dos sujeitos contribuam com conhecimentos e reflexões importantes sobre figuras/imagens referentes a representações de estruturas submicroscópicas, seja sobre o conteúdo ‘enzima’ ou outros conteúdos afins, “cada um com suas vivências e saberes, sempre possíveis de discussão e reelaboração” (ZANON *et al.*, 2007, p. 3), a exemplo de discussões sobre concepções de Ciência e suas implicações no ensino das CNT.

A sistemática dos módulos aproxima formação inicial e formação continuada, a escola e a universidade, contribuindo na (re)construção de saberes docentes, potencializando uma melhor formação profissional de licenciandos, professores do ensino médio e professores da universidade.

Conhecimentos produzidos em âmbito escolar entrecruzavam-se com conhecimentos produzidos em âmbito universitário, buscando, ao invés de dicotomizar a relação entre ciência e cotidiano, pesquisa e prática, instituir processos dialógicos entre culturas específicas, realimentadoras de processos formativos em construção, tendo como centralidade a busca por formas de compreensão de relações capazes de incrementar necessárias articulações entre saberes profissionais docentes produzidos em âmbitos diversificados de formação e ação, na interação entre universidade e escola (ZANON; HAMES; SANGIOGO, 2008, p. 11).

A partir das breves considerações trazidas neste item sobre os *módulos interativos*, a seguir, são apresentados e descritos, com maior detalhamento, os procedimentos metodológicos que configuraram o planejamento, implementação, registro e análise dos módulos 8, 9 e 10, os quais compõem o campo empírico desta dissertação. As descrições incluem a elaboração, aplicação e análise de questionários, bem como o planejamento e a análise de reuniões desenvolvidas com licenciandos dos cursos de Ciências Biológicas e Química, após a participação em algum módulo.

2.2.3 Do Planejamento dos Módulos às Análises Referentes a este Trabalho

Os planejamentos dos módulos desenvolveram-se segundo as características que historicamente os marcam, como já foi referido no item anterior. Ressalta-se que os módulos são planejados, desenvolvidos e analisados no âmbito do Gipec-Unijuí, por uma equipe de pesquisadores e bolsistas de iniciação científica, possibilitando enriquecimentos na análise dos dados “por diferentes pontos de vista teóricos” (CARVALHO, 2007, p. 40). Pelo fato de as transcrições constituírem-se em rico material empírico, acredita-se que pesquisas consecutiva e simultaneamente realizadas (uma após a outra), tratando de objetos específicos, potencializam entrecruzamentos de análises, discussões e reflexões nos módulos e entre os pesquisadores.

Esta dissertação apresenta e discute resultados a partir de três *módulos de interação* (8, 9 e 10), planejados e desenvolvidos durante o Mestrado. Os módulos contavam com inter-relações de conhecimentos em níveis contextual (a exemplo da “respiração” e “alimentação/digestão”) e conceitual, envolvendo explicações sobre enzimas e seu modo de atuação. As discussões incluíam abordagens de diversas representações de estruturas submicroscópicas (foco de análise da presente investigação). O conteúdo “enzimas” é um assunto rico conceitualmente e é apresentado em LD e aulas de Biologia e Química do ensino médio e universitário, o que justifica a escolha de tal conteúdo, conforme compreensão teórico-prática no âmbito do Gipec-Unijuí.

Salienta-se que todos os professores do ensino médio convidados já possuíam mais de dez anos de experiência em sala de aula. São professores que demonstram estar preocupados com a formação dos estudantes, participam de cursos de formação continuada e buscam inovar em sala de aula. Tais considerações são realizadas no sentido de que os professores convidados têm certo envolvimento com o Gipec e/ou são conhecidos da equipe que planeja os *módulos*.

Dois professores de escola participantes dos módulos analisados neste trabalho compareceram em mais de dois *módulos de interação*. Reafirma-se que os professores convidados, antes de participarem do módulo, são sabedores (através de cartas-convite e conversas com os mesmos) da temática e alguns pontos-chave a serem discutidos. A professora da universidade é a mesma nos três módulos em análise e trabalhou, já na sua tese, com interações entre professores da universidade, professores do ensino médio e licenciandos, através de abordagem de situações vivenciais, em CC da licenciatura.

As interlocuções desenvolvidas nos módulos foram gravadas em vídeos, seguidas da transcrição das manifestações dos sujeitos de pesquisa, que foram identificadas por turnos de fala, seguido da identificação de cada sujeito, tomando o cuidado com o anonimato dos mesmos.

Os professores da universidade foram identificados por “PU”, os professores do ensino médio de Biologia por “PEMB” e de Química por “PEMQ”, os mestrados por “M1” e “M2”, e os licenciandos por “L1”, “L2”, e assim sucessivamente. Sempre que se repetia a fala de um mesmo sujeito, repetia(m)-se a(s) letra(s) e número(s). Na transcrição e nos episódios analisados, sinais como:

(()) indicam a inserção de comentário(s) do(s) pesquisador(es);

[...] indicam que trechos de fala foram recortados;

... indicam que o sujeito não conseguiu concluir a ideia que estava proferindo.

O *módulo 8* foi desenvolvido no 2º semestre de 2008, no CC *Bioquímica II* dos cursos de Ciências Biológicas e Química da Unijuí. Carta-convite e subsídios entregues aos professores do ensino médio encontram-se no Apêndice II. O módulo contou com a participação de 1 PU, 1 PEMQ, 1 PEMB, 2 M e 24 L. A temática em discussão foi “enzimas e respiração”.

O *módulo 9* desenvolveu-se no primeiro semestre de 2009, no CC *Bioquímica I* dos cursos de Ciências Biológicas e Química da Unijuí. Carta-convite entregue aos professores do ensino médio encontra-se no Apêndice III. O módulo contou com a participação de 1 PEMB, 1 PEMQ, 1 PU, 2 M e 45 L. Cabe mencionar que o *módulo 9*, para além de se constituir num espaço interativo planejado e desenvolvido com vistas à análise das interações, refere-se ao desenvolvimento, por parte de um dos mestrados, do *Estágio de Docência na Graduação*, um dos CC cursados no Programa de Pós-Graduação em Educação nas Ciências da Unijuí. Por isso, considerando que este sujeito de pesquisa (sendo mestrado), atuava na condição de PU, o que demandou que nos referíssemos a ele, neste trabalho, como “MPU”. A aula planejada e implementada refere-se ao conteúdo “enzima e catálise enzimática” (já previsto na ementa do CC). Tal conteúdo foi trabalhado articuladamente à compreensão de uma enzima que atua na digestão de proteínas (a quimotripsina). Assim, a temática em discussão foi “enzimas e digestão/alimentação”.

O *módulo 10* foi desenvolvido no primeiro semestre de 2009, no CC *Seminário V* do curso de licenciatura em Química da Unijuí. Carta-convite e subsídio entregues aos professores do ensino médio encontram-se no Apêndice IV. O módulo contou com a participação de 1 PEMQ, 1 PEMB, 1 PU, 2 M e 8L. Licenciandos foram orientados a elaborar uma breve apresentação (*slides*) e questões no dia do *módulo de interação* sobre variados assuntos vivenciais, a exemplo da ação de fármacos e alimentação/digestão. Tudo isso de modo articulado à compreensão da importância e atuação das enzimas.

Nos *módulos 9 e 10*, um dos mestrandos apresentou o mecanismo de atuação de uma enzima responsável pela digestão das proteínas, a quimotripsina⁹, além de trazer questionamentos referentes a representações de estruturas submicroscópicas explicativas do conteúdo ‘enzima’, abordado em LD de Biologia e Química do ensino médio.

Após o *módulo 8*, aplicou-se um questionário aos licenciandos (Apêndice V). Também, aplicaram-se dois questionários aos estudantes do *módulo 9*, um antes (Apêndice VI) e outro após o seu desenvolvimento (Apêndice VII). O questionário aplicado antes do *módulo 9* o tinha objetivo de contribuir para dar certo redirecionamento das discussões. Os questionários aplicados após os módulos 8 e 9 objetivavam questionar os estudantes quanto ao uso e a importância de imagens relativas a representações de estruturas submicroscópicas junto aos processos de ensino e formação docente, além de contribuir no planejamento de reuniões com os licenciandos. Os questionários foram transcritos e identificados pelo número do módulo (8, 9) e pelo respectivo licenciando (L1, L2, ...).

A partir da análise dos *módulos* e respostas dos questionários respondidos por alguns licenciandos, realizou-se uma reunião (com algumas questões semiestruturadas) com licenciandos participantes dos *módulos 8 e 9*. Em ambas as reuniões houve a participação de dois mestrandos. Procedeu-se a uma reunião com dois licenciandos participantes do *módulo 8* e duas reuniões com licenciandos do *módulo 9*, a primeira com três e a segunda com cinco licenciandos. O critério de escolha dos licenciandos foi o interesse, a disponibilidade e a participação ativa no módulo, demonstrando estar preocupados com a formação e o ensino. As questões realizadas na reunião tratavam de diferentes focos de interesse discutidos nos módulos e foram realizadas de modo que os licenciandos pudessem expressar suas percepções sobre o mesmo. Ambas as reuniões foram gravadas em áudio e transcritas, obedecendo às mesmas simbologias de identificação já mencionadas (M1, M2, L1, L2, ...).

O registro de falas (em vídeo e áudio) e a transcrição das mesmas propiciou uma *análise microgenética*: “uma forma de construção de dados que requer a atenção a detalhes e recorte de episódios interativos” com atenção para “as relações intersubjetivas e as condições sociais da situação” (GÓES, 2000, p. 9). Segundo a mesma autora, a análise é *micro* “por ser orientada para minúcias indiciais – daí resulta a necessidade de recortes num tempo que tende a ser restrito”. E é *genética* “no sentido de ser histórica, por focalizar o movimento durante processos e relacionar condições passadas e presentes, tentando explorar aquilo que, no presente, está impregnado de projeção futura” (idem, p. 15).

⁹ Enzima da digestão presente no suco pancreático do organismo humano, que, através de várias etapas catalíticas, rompe a ligação peptídica (carbono-nitrogênio, C-N) de proteínas.

Com a análise das interações dos sujeitos, buscam-se respostas quanto a entendimentos sobre como representações de estruturas submicroscópicas são abordadas nos módulos desenvolvidos, bem como aos saberes docentes considerados importantes de serem mobilizados no ensino de assuntos, conteúdos e conceitos cuja compreensão busca romper/retificar obstáculos epistemológicos relacionados ao uso de tais representações, típicas aos processos de construção de conhecimentos científicos escolares.

Reflexões desenvolvidas na análise dos LD e *módulos de interação* tornaram-se um procedimento metodológico importante, na medida em que remetiam a novas reflexões e olhares sobre o que era planejado e analisado referente a representações de estruturas submicroscópicas em módulos subsequentes. Isso era potencializado, também, pela leitura de referenciais teóricos, escrita de textos em disciplinas do mestrado e eventos da área da educação e ensino de CNT.

A análise minuciosa dos materiais empíricos (LD, transcrição das falas nos módulos, das respostas aos questionários e das falas nas reuniões) possibilitou a construção de focos de análise considerados mais representativos. Para cada foco de análise, elaborou-se uma breve descrição, que é apresentada e analisada no capítulo 4, evidenciando resultados da análise dos LD, dos módulos e das reuniões e recortes de falas, que constituem episódios, ou seja, trechos de um ou mais turnos de fala identificados nas transcrições, fundamentados nos referenciais teóricos que embasam a pesquisa (capítulo 3).

3 REPRESENTAÇÃO DE ESTRUTURAS SUBMICROSCÓPICAS EM PROCESSOS DE CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO ESCOLAR

Neste capítulo, são apresentados referenciais teóricos que podem possibilitar compreensões quanto aos processos de ensino de conteúdos escolares que envolvem o uso de representações de estruturas submicroscópicas, típicos aos contextos da área das CNT. Também, tais referenciais visam fundamentar os processos de construção e análise dos resultados de pesquisa deste trabalho. Não se tem a pretensão de esgotar a abordagem dos assuntos em cada item, mas de explicitar referenciais que contribuam no estudo e discussão da problemática da investigação.

Este capítulo está organizado em 4 itens. O primeiro apresenta e discute diferentes âmbitos de uso da palavra *modelo* (científico, curricular, mental), com base em diferentes referenciais teóricos, remetendo para entendimentos sobre representações de estruturas submicroscópicas. O segundo apresenta contribuições do referencial bachelardiano quanto à visão de Ciência e seu ensino, relacionando-a com implicações no ensino de CNT, ressaltando-se questões pedagógicas e epistemológicas que permeiam os processos de construção do conhecimento escolar na área. O terceiro discute especificidades dos contextos culturais do conhecimento científico, cotidiano e escolar e, ainda, inter-relações entre os mesmos no ensino de CNT. O quarto trata de saberes docentes e da importância de mobilizar diversos saberes no processo de mediação didática de conteúdos/conceitos que envolvem representações de estruturas submicroscópicas em CNT.

3.1 Modelos e Representações de Estruturas Submicroscópicas

Discutir representações de estruturas submicroscópicas no ensino impõe compreensões sobre definições entre termos, como *modelos mentais*, *modelos científicos*, *modelos curriculares*, *modelagem*, *representações*, *representações de estruturas submicroscópicas*. De alguma forma, termos como esses permeiam abordagens e explicações relativas a fatos, fenômenos, conceitos ou conteúdos das Ciências e/ou do ensino de CNT.

O significado de *modelo* tem sido discutido, entre outros, por cientistas, filósofos da ciência, psicólogos, linguistas e educadores. Atualmente, a visão mais aceita é a de que um modelo é a representação de uma ideia, objeto, evento, processo ou sistema, criado com um objeto específico (Gilbert; Boulter e Elmer, 2000). Como tem destacado Morrison e Morgan (1999), a palavra *representação* não se usa somente naqueles casos em que existe um tipo de exibição de aspectos visuais da entidade modelada, mas também como uma *representação parcial* que ao mesmo tempo <abstrai de> e <traduz de outra forma> a natureza dessa entidade (JUSTI, 2006, p. 175, tradução e grifos nossos).

Assim, compreende-se que o significado e, principalmente, o uso das palavras ‘modelo’ e ‘representação’ são polissêmicas. Tal polissemia também é percebida por Santos Filho, que expressa catorze entendimentos de acadêmicos da graduação em Química sobre modelo, e conclui dizendo que o melhor “entendimento do significado de modelo é que *nos permite entender e interagir com o meio o qual vivemos e do qual fazemos parte*” (2007, p. 10, grifo nosso).

Neste texto, parte-se da compreensão de que, quando se fala em modelos, se torna importante compreender que todo modelo (ou representação) é derivado de processos cognitivos humanos que estão em constante reelaboração (através dos modelos mentais). O homem busca compreender o universo que o cerca, construindo modelos mentais que representam aspectos tanto do mundo físico quanto do social, ao “pensar, planejar e tentar explicar eventos desse mundo” (FERREIRA, 2006 *apud* SOUZA, 2007, p. 49). Segundo Borges (1999, p. 6):

[...] *modelo mental* é uma forma de organizar nosso conhecimento sobre um determinado objeto, processo ou fenômeno, que usamos para pensar sobre eles por meio de simulação mental. Esses modelos capacitam-nos a realizar ações inteiramente na imaginação. Isso permite-nos internalizar as representações que criamos para as coisas e estados de coisas no mundo e processá-los como se fossem externos.

No entanto, “quando os modelos mentais passam a ser de domínio público por meio de uma representação, eles se tornam um *modelo expresso*” (GILBERT *et al.*, 2000 *apud* SOUZA, 2007, p. 50). Modelos mentais não podem ser acessados diretamente; afinal, consegue-se apenas ter acesso a gestos, falas, escritas e representações pictóricas, que são derivados dos mesmos. “Os modelos mentais das pessoas, ao invés de serem precisos, consistentes e completos, como os modelos científicos, são, simplesmente, funcionais” (MOREIRA, 1996, p. 231). A dificuldade de expressar os modelos mentais deve-se ao fato de a “cognição humana” não “conseguir realizar uma total transposição dos pensamentos articulados na mente do indivíduo para alguma outra forma de expressão” (SOUZA, 2007, p. 50), que poderia ser uma representação linguística ou pictórica de um modelo.

Com a abordagem histórico-cultural, compreende-se que a estrutura conceitual do pensamento humano é dependente da internalização de signos, sentidos e significados, que está

em movimento permanente de (re)construção nas interações sociais. Portanto, a apropriação e (re)elaboração de conhecimentos científicos é dependente de processos de mediação didática, que demandam linguagens específicas às CNT, o que inclui aprender sobre palavras, conceitos e temáticas que mobilizem e (re)construam modelos mentais dos estudantes. Isso cientes de que, na escola, se busca que os modelos mentais se tornem mais semelhantes aos modelos de explicação aceitos pela comunidade científica.

Souza (2007, p. 49), com base em J. K. Gilbert *et al.* (2000), diz que os modelos

[...] se juntam a instrumentos de mediação, experimentos, teorias e dados como um ingrediente essencial na prática da ciência. Sendo assim, os *modelos científicos* são frequentemente complexos e/ou expressos em formas de representações complexas (como, por exemplo, formulações matemáticas). Por isso, o que ensinamos nas aulas de ciências são simplificações desses modelos. Tais simplificações [...] são chamadas de *modelos curriculares*.

Nesse sentido, compreende-se que os modelos científicos e modelos curriculares decorrem de estruturas de pensamento, oriundas dos modelos mentais de determinados indivíduos. Souza, fundamentado em Gilbert *et al.*, identifica características importantes dos modelos utilizados na Ciência, ou seja, dos *modelos científicos*. Quanto ao ensino de Ciências, os modelos referem-se a *modelos curriculares*, que são “simplificações do modelo científico que constituem o currículo escolar” (GILBERT; BOUTLER; ELMER, 2000 *apud* SOUZA, 2007, p. 39). Fundamentado em outros pesquisadores, Souza caracteriza os modelos de um modo geral, descreve limitações e sua importância.

De acordo com Coll, France e Taylor (2005), uma característica dos modelos é que eles representam a descrição aproximada correspondente a sistemas complexos que podem ser chamados de objetos, origem ou protótipo. Assim, um modelo pode negligenciar detalhes e enfatizar aspectos mais importantes da entidade modelada. Embora este seja um aspecto limitante dos modelos, mais importante do que a quantidade de aspectos enfatizados é o fato de as opções feitas serem coerentes com os objetivos definidos para o modelo. Sendo limitados, os modelos podem explicar satisfatoriamente bem certos aspectos do objeto em estudo e falhar na explicação de outros. Porém, isso não implica em que eles sejam descartados ou considerados como totalmente incorretos. Assim, algumas das utilidades de *modelos [e suas representações pictóricas]* podem ser sintetizadas como: atuam como agentes que simplificam uma teoria ou uma série de dados que podem ser empíricos ou não; apresentam capacidade de realizar previsões; levam a constituição de uma teoria; auxiliam na visualização de entidades abstratas; facilitam a comunicação; fundamentam a proposição e a interpretação de experimentos sobre a realidade; descrevem processos (SOUZA, 2007, p. 50, grifo nosso).

Pesquisas, a exemplo de Ferreira (2006) e Souza (2007), têm apresentado contribuições para a área das CNT sobre modelos e modelagem¹⁰ quanto ao processo de ensino e aprendizagem de Ciências/Química.

¹⁰ A expressão *modelagem*, utilizada por Ferreira (2006) e Souza (2007), refere-se ao *processo de construção e reformulação de modelos*.

Em relação à aprendizagem, é importante ressaltar que ela pode ocorrer em dois pontos do processo: na construção e na utilização do modelo. Quando se constrói um modelo, cria-se um tipo de estrutura representativa, desenvolvendo assim uma forma de pensar científica. Por outro lado, quando se usa um modelo, aprende-se sobre a situação representada por ele (Morrison & Morgan, 1999a). No que diz respeito à construção de modelos, destacamos que este é um processo inerente ao sistema cognitivo humano (Vosniadou, 2002). Na sua busca por compreender o universo que o cerca, o homem constrói modelos mentais que representam aspectos tanto do mundo físico quanto do social e manipula esses modelos ao pensar, planejar e tentar explicar eventos desse mundo (Ferreira, 2006). Dessa forma, modelos sempre estão presentes no processo de aquisição e construção do conhecimento (SOUZA, 2007, p. 49).

Embora seja crescente o uso de representações pictóricas de modelos teórico-conceituais pelas diversas tecnologias de informação e comunicação, o que inclui os LD da área das CNT, “a leitura de imagens precisa ser ensinada” (SILVA *et al.*, 2006, p. 219), como já se assinalou no capítulo 2. Assim, compreende-se que o professor tem papel mediador fundamental nesse processo, seja na interpretação de uma imagem de LD, software educacional, artigo de revista, texto disponibilizado pela Internet ou outro meio que se utiliza de esquemas, fotografias, representações de estruturas submicroscópicas, etc.

Corroborar-se com a concepção de Silva *et al.* (2006, p. 220) de que “as imagens são pouco exploradas em sala de aula, o que leva a inferir que boa parte dos professores considera que as imagens falem por si (CARNEIRO, 1997; JEAN-BAPTISTE; CARNEIRO, 2002; CASSIANO, 2002) ou ‘transmitem’ um único sentido”, de modo a acarretar dificuldades nas elaborações conceituais ou obstáculos epistemológicos. Meleiro e Giordan (2003, p.3) alertam para o uso de representações, de modo que não se pode permitir que as mesmas determinem a “elaboração de conceitos; deve-se em lugar disso adotá-las como mais um instrumento, em cooperação com a lógica, com a retórica e outros tantos”, constituintes da racionalidade emergente do estudante.

Tendo em vista o exposto, entende-se que representações de estruturas submicroscópicas se tratam de uma forma de expressão da linguagem, que integra e constitui importantes funções, na área e no ensino de CNT, de modo a poder ajudar nas explicações de assuntos e conteúdos que envolvem estruturas complexas, como as estruturas supramoleculares das membranas celulares, micelas, enzimas etc. No entanto, deve-se ficar atento ao fato de que as mesmas são representações parciais de um modelo, bem como ao fato de que modelos e representações não se referem a uma relação de correspondência direta com a realidade, tal como sugerem as palavras, modelo e representação.

Um modelo pode ser definido como uma representação de um objeto, evento, processo ou ideia, que é produzida com propósitos específicos como, por exemplo, facilitar a visualização; fundamentar elaboração e teste de novas ideias; e possibilitar a elaboração de explicações e previsões sobre comportamentos e propriedades do sistema modelado (GILBERT; BOULTER, 1995 *apud* FERREIRA; JUSTI 2008, p. 32).

Pesquisadores e professores da área das CNT trabalham com modelos científicos e curriculares. Nas CNT, principalmente na Química, muitas vezes necessita-se da elaboração de representações de ‘entidades químicas’, junto a explicações teórico-conceituais. Tendo em vista os limites e as potencialidades conceituais expressos em representações de estruturas submicroscópicas de um modelo teórico-conceitual, entende-se ser importante a compreensão de que:

Cientistas de diferentes áreas utilizam definições diversificadas para modelos, mas que, certamente, não incluem ideias como ‘modelo é uma cópia de alguma coisa’, ‘modelo é um padrão a ser seguido’, ou ‘um modelo não pode ser modificado’, ideias que podem existir no contexto de utilização cotidiana dessa palavra (JUSTI, 2003, p.1).

Cientes de que na Ciência e no ensino de Ciências diversas representações de estruturas microscópicas e submicroscópicas permeiam explicações conceituais, torna-se necessário que as mesmas possam ser adequadamente significadas quanto ao que representam. Nesse sentido, entende-se que discussões sobre imagens representativas de estruturas submicroscópicas e modelos (sua utilização e/ou construção em sala de aula) são importantes de serem desenvolvidas junto ao ensino e aprendizagem de CNT, tendo em vista que diversas representações de modelos teóricos também se referem a uma forma de linguagem, que constitui o pensamento humano. No entanto, entende-se que representações de estruturas submicroscópicas carecem de adequados processos de mediação didática do professor quanto a ‘entidades químicas’ nelas representadas, de modo a evitar obstáculos ou incompreensões conceituais que podem estar relacionadas às mesmas (tais aspectos serão exemplificados no capítulo 4).

Embora, de alguma forma, os modelos e representações façam parte do contexto cotidiano e escolar dos estudantes (SANGIOGO; ZANON, 2009a), salienta-se que nesta pesquisa a atenção não se volta ao entendimento ou investigação do *processo de construção e reformulação de modelos* (modelagem) ou *modelos mentais*. O foco da presente investigação é analisar e refletir sobre abordagens de conteúdos/conceitos de CNT que requerem, de alguma forma, o uso de representações de estruturas submicroscópicas. Não se trata simplesmente da visão de modelos moleculares como recurso didático, a exemplo dos “modelos de pau e bola”. A atenção volta-se para a análise de modelos expressos na forma de representações de estruturas submicroscópicas decorrentes de processos de recontextualização didática de modelos científicos. Assim, desenvolver-se-ão discussões e reflexões importantes de serem consideradas no ensino e na formação de professores, que potencializem aprendizagens de

conteúdos/conceitos que envolvem o uso de representações de estruturas submicroscópicas em aulas de CNT, seja na educação básica ou no ensino superior.

Neste trabalho, entende-se que *modelos* (científicos e/ou curriculares) *referentes a estruturas submicroscópicas* são expressos por *representações* parciais de teorias/conceitos científicos. Por exemplo, representações didáticas de ‘entidades químicas’, como átomos, íons, partículas em interação intra e/ou intermolecular - assumidas como objetos teóricos criados e aceitos historicamente pela comunidade científica -, têm a finalidade pedagógica de explicar fatos mediante compreensões em nível atômico, molecular e supramolecular, que sejam coerentes com as Ciências. Sendo uma representação parcial, elas nunca correspondem à totalidade da compreensão do modelo científico em questão. Diferentemente de imagens em fotografias ou micrografias, trata-se de representações de ‘entidades’ que não podem ser visualizadas nem pelo uso de microscópios de alta resolução. Trata-se, pois, de tentativas de representação, nunca de uma relação de correspondência direta com a realidade, nem da compreensão científica em sua totalidade (SANGIOGO; ZANON, 2009b).

A problemática concernente à complexidade dos processos de recontextualização didática dos conhecimentos (e modelos) científicos, que são transformados em conhecimentos escolares, impõe a necessidade de entendimentos sobre representações de estruturas submicroscópicas, referendando a importância de estudos e reflexões sobre os mesmos em suas relações com o ensino e a formação de professores. Afinal, representações de tais estruturas permeiam explicações conceituais típicas a aulas de CNT e, portanto, discussões sobre as mesmas podem permitir avanços em elaborações conceituais, contribuindo, também, para uma melhor percepção sobre o que é representado, mas em coerência com os conhecimentos científicos. Tal preocupação decorre da percepção de que, muitas vezes, representações de estruturas submicroscópicas em aulas e LD incorrem em visões simplistas e/ou deturpadas, obstaculizando o desenvolvimento de compreensões e entendimentos em acordo com as CNT.

Representações de estruturas submicroscópicas fazem parte de formas variadas de compreensão e explicação de fatos e fenômenos existentes na experiência cotidiana ou construção científica, seja como modelo mental, modelo científico, modelo curricular, ou outro. Com base, principalmente, em Vigotski (2001), entende-se que qualquer dos modelos acima mencionados constitui-se, mediante o pensamento, pelo uso de linguagens e simbologias específicas, ou seja, de *signos* provenientes da cultura científica, escolar ou cotidiana. No entanto, é importante considerar que entendimentos sobre representações de estruturas submicroscópicas exigem processos de apropriação e (re)construção de linguagens e

pensamentos específicos às culturas da comunidade científica e escolar, mediados por processos assimétricos de interação entre estudantes e professores (VIGOTSKI, 2001).

Neste estudo não houve a pretensão de abranger de forma mais completa a discussão sobre o significado de modelo. Buscou-se alertar para a polissemia da palavra, que pode ser usada com sentidos diferenciados em aulas de CNT e que vem sendo objeto de estudos e investigações também com sentidos diferenciados, como modelo mental, teoria, ilustração de conceitos/teorias, maquetes (a exemplo dos modelos moleculares do tipo “pau e bola”). De uma forma ou outra, um modelo corresponde a uma linguagem, na medida em que representa algum objeto, seja empírico ou teórico.

Nas Ciências e principalmente no ensino de CNT, utilizam-se formas diversas de linguagem, a exemplo de palavras, símbolos, gráficos, representações pictóricas e outras. Quanto a representações de estruturas submicroscópicas, tais imagens referem-se a um modelo de entendimento, uma forma de representação de um ou mais conceitos, ou ainda, um modelo de explicação que auxilia a comunicabilidade entre indivíduos. No entanto, tais representações necessitam ser usadas com ciência de seus limites e potencialidades para a compressão do que é explicado, a qual depende do entendimento de quem as interpreta.

Neste trabalho, leva-se em conta que o uso de formas de representação de estruturas submicroscópicas, típicas às aulas e LD de CNT, tende a acarretar obstáculos à compreensão teórico-conceitual de ‘entidades’ de dimensão submicroscópica, ao invés de potencializar aprendizagens significativas por parte dos estudantes (SANGIOGO; ZANON, 2009b). Nesse sentido, mediar discussões sobre modelos e representações no ensino básico e superior implica saber lidar com *obstáculos pedagógicos* e *epistemológicos* relacionados à apropriação do conhecimento científico em sala de aula, a exemplo do *realismo* e do *verbalismo* (BACHELARD, 1996), que serão objeto de discussão no próximo item (3.2) e capítulo (4).

Reafirma-se a compreensão de que abordagens de conteúdos/conceitos que se utilizam de representações de estruturas submicroscópicas em LD ou aulas de CNT precisam (assim como outras formas de linguagens) vir acompanhadas de mediações, por meio de diálogos em condição não simétrica, entre estudantes e professores, de modo que as mesmas, ao invés de obstacularizar o acesso à compreensão em nível teórico-conceitual, possam potencializar elaborações conceituais coerentes com as Ciências. Tais significações não são feitas tomando como base o senso comum, mas pelo acesso e uso de uma forma de pensamento, linguagem e compreensão bastante específica, que envolve, de alguma forma, teorias e ideias representativas de ‘entidades’ simbólicas, culturalmente criadas, antes, nas Ciências, a exemplo das ideias de átomos, elétrons, íons, moléculas, ligações intra e intermoleculares.

Tendo em vista que a pesquisa direciona o foco às representações do modelo de enzima e catálise enzimática, cabe mencionar que o modelo explicativo do conceito de enzima está relacionado a uma compreensão teórica vinculada mais diretamente à área da Bioquímica, que envolve uma variedade de conteúdos/conceitos. Por essa razão, o conteúdo ‘enzima’ não pode ser descrito de uma forma simplista, como muitas vezes fazem os LD da área de Biologia e Química do ensino médio (discussão realizada no capítulo 4, mais especificadamente, no item 4.2).

Diversos fenômenos da vivência são explicados pelo entendimento das enzimas e catálise enzimática, a exemplo da respiração, alimentação/digestão, doenças hereditárias e fermentação. Criações de tais explicações dão origem aos modelos científicos (teorias), que envolvem/demandam, para a sua compreensão/explicação, uma complexa rede de conceitos básicos que estão em inter-relação, a exemplo de átomo, molécula, interação intra e intermolecular, energia de ativação e reação química. Tais conceitos ou postulados explicativos que configuram o modelo científico não podem ser expressos em uma única imagem ou representação pictórica, ou seja, não existe uma única representação que dê conta do modelo. Há necessidade de uma variedade de representações e/ou explicações para compreender, de forma coerente com as Ciências, a atuação de uma enzima. No entanto, assim como vários outros conceitos, o que é expresso numa imagem representa “certas variáveis” do modelo científico ou curricular. Portanto, como bem expressa Silva *et al.* (2006), tais variáveis necessitam ser mediadas para os estudantes; afinal, as imagens não falam por si e, muitas vezes, sob o ponto de vista do cotidiano, não permitem as mesmas compreensões que um autor de LD, pesquisador, professor ou estudante teve intenção de expressar.

Muitas vezes, representações de estruturas submicroscópicas, como do conteúdo ‘enzimas’, não são discutidas pelos LD e pelos professores, o que acarreta em incompreensões conceituais e obstáculos epistemológicos à aprendizagem. Entende-se que tais representações necessitam ser problematizadas quanto a entidades nelas representadas. Para tanto, o professor tem a tarefa de mediar explicações que levem em consideração limites e potencialidades expressos nas representações pictóricas que permeiam aulas e LD de CNT. A partir de tais mediações, representações podem funcionar como mais um recurso/instrumento que potencializa a compreensão de modelos/teorias/conhecimentos estudados na escola.

Corroborar-se a compreensão de Santos Filho (2007) de que na Ciência/Química é essencial utilizar-se da imaginação. Muitos dos entendimentos da Ciência estão “ancorados em modelos [...], uma interpretação, ou uma construção apenas conceitual, e muitas vezes pessoal, sobre o invisível [...]” (idem, p. 6). Nesse sentido, é fundamental que o professor exercite a

imaginação do estudante e se dê conta da complexidade do processo de ensino e aprendizagem de CNT. Compreende-se que as representações de estruturas submicroscópicas podem ajudar nesse exercício, mas deve-se ficar vigilante ao processo como o estudante se apropria dos signos e significados que estão representados.

Entende-se que aspectos como os ressaltados neste trabalho são importantes de serem estudados e considerados pelos professores em formação inicial e continuada da área das CNT. Afinal, explicações teórico-conceituais abordadas em aulas e LD de CNT são permeadas de imagens pictóricas, como as representações de estruturas submicroscópicas ou outras representações de esquemas mais gerais, como as células e micro-organismos. Tudo isso justifica a relevância de entendimentos quanto ao caráter não realístico de tais representações, que acompanham explicações de conceitos e conteúdos na área das Ciências e ensino de Ciências, correspondente ao modelo, bem como ao sistema de signos e significados que constitui compreensões e explicações de fatos e fenômenos estudados no contexto científico, escolar e (por que não?) cotidiano.

3.2 A Importância da Epistemologia de Gaston Bachelard na Ciência e no Ensino de CNT

Este item traz algumas abordagens e reflexões com o objetivo de expor considerações de Gaston Bachelard acerca de concepções de Ciência e suas implicações na compreensão do processo de construção de conhecimentos científicos e no ensino de Ciências/Química. Bachelard traz importantes contribuições ao modo de encarar a construção do *objeto científico* (BULCÃO, 1981). Sua filosofia problematiza o caráter racional das Ciências de sua época e, ao mesmo tempo, contribui para a reflexão sobre o campo epistemológico e pedagógico das Ciências da Natureza¹¹.

Segundo Bulcão (1981, p. 17), “o problema do racionalismo da Ciência contemporânea, se reduz, no pensamento bachelardiano, ao [...] demonstrar que o objeto científico não existe na realidade, sendo construído através de um processo de racionalizações sucessivas”. A autora ressalta a evolução da Ciência contemporânea e do espírito científico, dizendo: “com o aparecimento de novas teorias como a relatividade de Einstein, a mecânica quântica, a teoria

¹¹ “Ainda que não tenha se dedicado a escrever nenhum livro tratando especificamente da educação. Bachelard em toda sua obra apontou, de forma assistemática, para a questão do ensino. Sua preocupação pedagógica diante dos problemas científicos em vários momentos se fez presente, fruto inclusive de sua própria vivência docente, se revelando explícita quando afirma ser mais professor que filósofo” (BACHELARD, 1977 *apud* LOPES, 1990, p. 144).

ondulatória, as geometrias não euclidianas, etc., ficou demonstrado que a estrutura da Razão é variável, pois seus princípios se modificam” (p. 26). Tais perspectivas apontam para a compreensão de que a Ciência contemporânea, mais do que nunca, compõe-se de um conhecimento específico e em processo de (re)construção permanente, para além das visões de que a construção do conhecimento dá-se pelo contato direto com a natureza ou é derivado de uma mente dotada de toda a razão, como acreditavam algumas correntes filosóficas da época de Bachelard (que eram fundamentalmente positivistas).

Bulcão, baseada em Bachelard, afirma que “o conhecimento não se faz nem do lado do objeto, nem do lado do sujeito” (1981, p. 18). Nesse sentido, Bachelard critica o dualismo entre espírito e universo, pensamento e realidade, empírico e racional, em que filósofos defendiam um dos extremos. Segundo Bulcão, Bachelard rejeita a distinção, “afirmando que a Ciência é uma construção, sendo o conhecimento fruto de racionalizações e técnicas”, que pretende não mais “expressar o real” ou a “verdade”, como se entendia ser a função da Ciência daquela época, mas pretende-se “atuar na realidade” (p. 18). Tal processo de atuação não é livre de preconceitos, ou seja, a criação do objeto de conhecimento decorre de influências do teórico e outras perspectivas filosóficas.

Segundo Silva, Bachelard confronta “as formas de absolutismo de toda ordem”, desbancando “qualquer concepção que defenda que a inteligência humana tenha uma estrutura pronta e definitiva. [...] O pensamento científico contemporâneo é um pensamento aberto, feito de uma razão aberta, que se reestrutura a cada movimento” (2007, p. 51), um “pensamento em mobilidade”, “em evolução” (p. 52), ou seja, as Ciências não buscam a verdade universal, o “real absoluto e definitivo”, mas tentativas de “aproximações sucessivas do real” (p. 55).

Para Bachelard, o processo de racionalização dá-se de maneira descontínua, através de rupturas com o que se julgava sabido pelas experiências cotidianas ou científicas e, não, num “acúmulo de conhecimentos” que se acrescentam uns aos outros. “A ciência precisa, para progredir, superar certos entraves ou entorpecimentos do espírito”, denominados, por Bachelard, de *obstáculos epistemológicos* (SILVA, 2007, p. 61).

Os obstáculos epistemológicos tendem a constituir-se [...] como antirrupturas (Parente, 1990: 62), pontos de resistência do pensamento ao próprio pensamento (Lecourt, 1980: 26), instinto de conservação do pensamento, uma preferência pelas respostas e não pelas questões (Canguilhem, 1994: 177). 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 (LOPES, 1996, p. 263).

Bachelard chama a atenção à vigilância epistemológica ao conhecimento científico em construção, de modo a evitar obstáculos, com os quais o “espírito científico precisa estabelecer uma profunda *ruptura*, para poder avançar” (SILVA, 2007, p. 62). Assim, “o ato de conhecer dá-se contra um conhecimento anterior, destruindo conhecimentos mal-entendidos, superando o que, no próprio espírito, é obstáculo à espiritualização” (BACHELARD, 1996, p. 17).

Cabe assinalar, como bem expressa Silva, que “obstáculos não são meros entraves que, uma vez detectados, são superados de uma vez para sempre” (2007, p. 71), ou seja, necessita-se de uma vigilância permanente, um constante repensar sobre o que se acredita e se sabe. Para quem pesquisa, ensina e aprende, “muitas vezes se é tentado a aceitar o conforto fácil de ideias vulgares, preconceitos idealistas, noções pseudocientíficas, que, uma vez aceitas, constituem-se em obstáculos tenazes ao desenvolvimento da racionalidade científica” (p. 75).

Para Bachelard, grandes leis e generalizações são obstáculos que *bloqueiam* o espírito científico e impedem processos de apropriação e (re)construção de ideias e pensamentos. Bachelard, no livro *A formação do espírito científico*, exemplifica diversos obstáculos que impedem o acesso ao conhecimento científico, a exemplo do senso comum, realismo, verbalismo, substancialismo, animismo e outros, que são divididos em obstáculos *gerais* e *particulares* (BULCÃO, 1981; SILVA, 2007).

Na Ciência e no ensino de Ciências, os obstáculos permeiam os processos de (re)construção de conhecimentos científicos ou escolares, o que carece da preocupação no ensino e formação docente em CNT quanto às reflexões e discussões pedagógicas e epistemológicas. Para Bachelard (1996), os professores precisam ficar vigilantes aos *obstáculos pedagógicos e epistemológicos* que dificultam a apropriação do conhecimento científico/químico em sala de aula. Tais obstáculos podem estar vinculados à interpretação de representações de estruturas submicroscópicas e explicação (de LD, estudantes e professores) nas aulas de CNT. No entanto, para serem compreendidas quanto ao que representam, necessitam da mediação didática do professor, o que inclui o uso de uma linguagem específica (de palavras e sentidos), em coerência com as CNT.

Tanto o *senso comum* (conhecimento cotidiano), quanto o conhecimento científico, podem tornar-se obstáculos à construção e reconstrução do conhecimento científico escolar. Para Bachelard, “o primeiro obstáculo é a experiência primeira, a experiência colocada antes e acima da crítica – crítica esta que é, necessariamente, elemento integrante do espírito científico” (1996, p. 29). Lopes, embasada em Bachelard, diz que “conhecemos sempre contra um conhecimento anterior, contra nossas primeiras impressões” (1997, p. 138).

Nesse sentido, acredita-se que abordagens envolvendo situações reais, que trazem à tona conhecimentos cotidianos articuladamente aos conhecimentos científicos, podem romper com continuísmos que obstacularizam os processos de construção de conhecimentos científicos ou escolares. Pode-se dizer que a superação desses obstáculos é a condição fundamental para que o conhecimento escolar passe a ser significado pelo estudante. Romper com as impressões primeiras não significa, no entanto, desconsiderar as situações da vivência/ do contexto cotidiano dos estudantes, mas propiciar, com elas, avanços, retificações e (re)construções conceituais que sejam coerentes com o conhecimento científico. Tal perspectiva também leva em conta romper com o continuísmo de acesso ao conhecimento científico, de modo que não se aprenda, por exemplo, a química pela química, sem propiciar articulação de tais conhecimentos com o contexto extraescolar dos estudantes.

Segundo Souza Santos (2003, p. 9), “a ciência, em geral, depois de ter rompido com o senso comum, deve transformar-se num novo e mais esclarecido senso comum” e, nesse sentido, o autor defende um “diálogo” entre senso comum e conhecimento científico (idem, p. 89), mediante duas rupturas nos processos de conhecimento; a primeira, na direção do conhecimento cotidiano para o científico (conforme Bachelard); e a segunda, em direção contrária, do conhecimento científico ao cotidiano. Neste trabalho, com base numa visão dinâmica e plural das capacidades humanas, da elasticidade e flexibilidade da mente humana, valorizam-se diferentes formas de produção e uso de conhecimento, mediante diferentes linguagens e pensamentos, a exemplo dos científicos e cotidianos, ou dos específicos a cada campo das Ciências.

Assim, usa-se a palavra “ruptura” não com o sentido de negligenciar a relevância de uma ou outra forma de conhecimento, seja o científico ou o cotidiano, nem no sentido de uma substituição de conhecimentos cotidianos por científicos. Considera-se importante a visão dos dialéticos movimentos “ascendentes” e “descendentes”, de ir e vir, entre conhecimentos cotidianos e científicos, conforme proposto por Vigostki (2001). Mediações, por parte do professor, em aulas de CNT, permitem avanços nos conhecimentos dos estudantes na medida em que eles extrapolam as impressões primeiras, presas ao concreto, restritas às percepções sensoriais. Não cabe, neste trabalho, ampliar essa linha de reflexão e discussão (apenas levantada), que carece, pois, de novos estudos, considerações e argumentações.

No ensino demasiadamente *verbalista*, palavras do contexto científico pronunciadas, a todo momento, em sala de aula, acabam não sendo significadas conceitualmente pelos estudantes, e tendem a “ganhar assim uma clareza intrínseca abusiva. Com o uso, as ideias se valorizam indevidamente” (BACHELARD, 1996, p. 19), a exemplo do uso da palavra “esponja”. O verbalismo de Bachelard refere-se a “hábitos verbais que instituímos e que constituem sérios

impedimentos ao desenvolvimento e ao progresso do pensamento científico”, havendo necessidade de que “a linguagem também se ‘retifique’ a fim de se tornar adequada à ciência contemporânea. [...] Surgem muitas vezes palavras que em lugar de expressarem os fenômenos vão ser obstáculos à explicação científica” (BULCÃO, 1981, p. 50-51). Nessa pesquisa, o obstáculo *verbalista* refere-se não somente à desatualização do significado das palavras, no acompanhamento do progresso da Ciência. Parte-se do pressuposto de que a verbalização de palavras específicas do campo da Ciência, muitas vezes, não é sinônima de que já tenha ocorrido significação e aprendizagem dessas palavras (VIGOTSKI, 2001), a exemplo de NAD, ADP, ATP, pronunciadas em aulas de Biologia do ensino médio que, muitas vezes, acabam não sendo significadas conceitualmente pelos estudantes quanto ao que representam. Tal compreensão aponta para a relevância dos processos de mediação conceitual de tais palavras em aulas de Ciências, que demandam o uso de representações de estruturas moleculares, a fim de evitar falsas impressões de apropriação de seus significados conceituais.

No *realismo*, as imagens e as representações de modelos teóricos/explicativos, sendo ‘entidades’ simbolicamente criadas pela Ciência, acabam sendo tomados como reais pelos estudantes. Segundo Lopes, “o realista supervaloriza suas impressões tácteis e visuais” e, dessa forma, “resiste à abstração” (2007, p. 149), pelo fato de não serem feitas interlocuções referentes às discussões e compreensões de ‘entidades’ e *signos* específicos a representações de modelos explicativos. Tal obstáculo é o mais recorrente no ensino de conteúdos/conceitos que envolvem imagens relativas a representações de estruturas submicroscópicas. Afinal, por vezes tais representações são tomadas como reais, como se fossem possíveis de serem visualizadas, tal como estão nos LD.

No *animismo*, “as propriedades ou conceitos físicos apresentados são dotados de vida e as embrionárias tentativas de explicação mostram-se carregadas de metáforas tendo por base o ser vivente” (LOPES, 2007, p. 144-145). Segundo Bulcão, “cientistas estudavam o universo atribuindo-lhe as características biológicas do homem” (1981, p. 53), a exemplo das expressões: o aquecimento vem *despertar a afinidade* do magnésio com o oxigênio, ou, os átomos dividem-se entre os que *gostam* e *não gostam* de elétrons. Tais expressões dificultam abstrações de conceitos pelos estudantes e podem fazer parte de explicações verbalizadas por professores e estudantes em aula, sobre modelos e representações corriqueiramente apresentados em LD e aulas de CNT.

O obstáculo *substancialista* de Bachelard “consiste na tendência que o homem tem de reunir em um único objeto as instituições mais diversas, muitas vezes, até opostas” (BULCÃO, 1981, p. 51), ou seja, pode-se acumular “adjetivos sobre um mesmo substantivo” (idem, p. 52).

Lopes, com base em Bachelard, diz que no “*substancialismo* se altera do interior ao exterior, buscando no profundo as justificativas do evidente (...). Nessa perspectiva, um conjunto de propriedades é visto como pertencente à determinada substância”, assim, “as qualidades” das substâncias são encaradas como atributos das mesmas, “deixando-se de considerar que as substâncias químicas são inteiramente relativas umas às outras e suas propriedades são frutos dessa relação” (2007, p. 165). Exemplos: se duas substâncias (H_3PO_4 e HCl) são comparadas quanto à sua acidez, deve-se levar em consideração a afinidade que estas substâncias têm com a água, e não simplesmente o maior número de prótons (H^+) capazes de formar o próton, ou, ainda, quando se entende que uma única molécula que está representada tem todas as propriedades, dispensando pensar nas demais moléculas que, de fato, proporcionam as propriedades à mesma. Tal obstáculo também pode vir associado à linguagem expressa nas explicações de aulas e LD de conteúdos/conceitos que envolvem representações de estruturas submicroscópicas.

Segundo Bulcão (1981, p. 59), os obstáculos discutidos por Bachelard “poderiam ser reduzidos a um único: o conhecimento comum, ou experiência básica”. Ambos os obstáculos referem-se a racionalizações precipitadas que obstaculizam o acesso aos conhecimentos científicos e escolares. Segundo Bachelard (1996, p. 97):

Por mais que se faça, as metáforas seduzem a razão. São imagens particulares e distantes que, insensivelmente, tornam-se esquemas gerais. Uma psicanálise do conhecimento objetivo deve pois tentar diluir, senão apagar, essas imagens ingênuas. 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; apenas a ilustração que opera depois do conceito, acrescentando um pouco de cor aos traços essenciais, pode ajudar o pensamento científico.

Para além dos processos de construção de conhecimentos científicos que buscam romper com as impressões primeiras, os entendimentos acima referidos apontam para relações importantes de serem consideradas nos processos de ensino e aprendizagem de conhecimentos escolares. O professor precisa ficar vigilante às palavras e aos sentidos expressos pelos estudantes em aula, de modo a evitar a ocorrência de obstáculos, ou, ainda, possibilitar rupturas com obstáculos que impedem o desenvolvimento da racionalidade ou do espírito científico. É evidente que toda construção do conhecimento científico (ou escolar) precisa, de início, de uma impressão primeira, de uma imagem ou esquema geral de pensamento. No entanto, compreende-se a necessidade de ir além das primeiras impressões e imagens constituintes do pensamento, tornando fundamental a construção de um *espírito científico* aberto e crítico. Com base no próprio Bachelard, pode-se entender que as ilustrações também podem ser boas, se estas ativarem os processos de abstração que o pensamento científico exige. Contudo, “a razão não

pode se acomodar às imagens, devendo estar pronta a destruí-las sempre que o processo de construção do conhecimento assim o exigir” (LOPES, 2007, p. 142).

Bulcão, referindo-se aos dois obstáculos gerais propostos por Bachelard, diz: “se, por um lado, a experiência espontânea é um obstáculo à ciência, tampouco a tendência à generalização é a atitude correta” (1981, p. 50). Tal crítica refere-se às atitudes radicais e extremistas diante do conhecimento empirista e racionalista defendido pelos filósofos da época de Bachelard (idem). Do mesmo modo que os obstáculos precisam ser superados na Ciência, compreende-se que os mesmos também precisam ser superados na escola para que se propiciem processos de construção de conhecimento científico escolar. Assim, torna-se fundamental que professores saibam questionar os estudantes, identifiquem as suas *impressões primeiras*, para então fazê-los avançar, superando ou retificando *generalizações* e conceitos que, muitas vezes, são tratados como acabados, únicos e inquestionáveis. Afinal, os obstáculos impedem que se alcance ou compreenda conhecimentos que correspondam à atividade científica da contemporaneidade.

Bachelard sugere que se empreenda “*uma psicanálise do espírito científico*, como forma de desobstacularizar os pensamentos que atrofiam ou que ficam entorpecidos por verdades tidas como fixas, imutáveis” (SILVA, 2007, p. 63). Na psicanálise¹², liberta-se o espírito científico de verdades pré-estabelecidas, tornando-se “consciente da impureza das motivações que o movem e dos obstáculos derivados daí” (p. 63). Martins (2009, p. 273), com base em Bachelard, diz que “os estudantes chegam à sala de aula com os saberes já constituídos e sedimentados pela vida cotidiana. [Porém,] é preciso problematizar esses saberes e romper com eles [...]”, para que se possa ter acesso aos conhecimentos científicos; afinal, nas CNT trabalha-se com ‘modelos’, com ‘representações’ que ultrapassam/rompem com conhecimentos oriundos do contexto cotidiano.

Bachelard defende “ser preciso errar em ciência, pois o conhecimento científico só se constrói pela retificação desses erros” (LOPES, 2007, p. 33). Segundo Bachelard (1996, p. 295):

Sem o fracasso, o estímulo seria puro valor. Seria embriaguez; e por essa enorme vitória subjetiva que é a embriaguez, tornar-se-ia o mais incorrigível dos erros objetivos. Assim, ao nosso ver, o homem que tivesse a impressão de nunca se enganar estaria enganado para sempre.

Nesse sentido, o erro assume “uma função positiva na gênese do saber” (BULCÃO, 1981, p. 136; LOPES, 2007, p. 33) e constitui papel importante na prática pedagógica, devendo ser considerado como uma necessidade! Seja na Ciência ou na escola.

¹² “O conceito de psicanálise em Bachelard possui o significado de retirar do conhecimento seu caráter subjetivo que entorpece e obstaculariza a ciência, não se assemelhando ao conceito freudiano” (LOPES, 2007, p. 142).

Segundo Bachelard, os conhecimentos científicos perpassam por reformas permanentes, reformas que se dão de forma descontínua. O autor pondera que, “para os cientistas do século XIX como também para Descartes, as bases racionais do mecanismo eram inabaláveis” (BACHELARD, 1978a, p. 171), o que pode ser relacionado com a ideia de que cada corrente de pensamento se distancia de outras, não havendo relações de continuidade entre teorias científicas, a exemplo dos modelos de pensamento no âmbito de cada teoria atômica. Para demarcar tal descontinuidade, o filósofo descreve processos de construção de conhecimentos científicos, a exemplo dos sistemas de Newton e Einstein, para os quais afirma não haver uma transição contínua.

Não se vai do primeiro ao segundo acumulando conhecimentos, redobrado de cuidado nas medidas, retificando ligeiramente os princípios. Pelo contrário, é preciso um esforço de novidade total. Segue-se portanto uma indução transcendente e não uma indução amplificante, indo do pensamento clássico ao pensamento relativista (BACHELARD, 1978a, p. 111).

Diferente das visões tradicionais, Bachelard enfatiza as mudanças bruscas no processo de construção do conhecimento científico e configura a compreensão de uma Ciência descontínua, que rompe com a linearidade de construção do conhecimento. Isso exige um *novo espírito científico*, que repense teorias já estabelecidas, aprenda a desaprender e retificar as concepções primeiras.

O espírito tem uma estrutura variável desde o instante em que o conhecimento tem uma história. Com efeito, a história humana pode perfeitamente, em suas paixões, em seus preconceitos, em tudo que depende de impulsos imediatos, ser um eterno recomeçar; mas há pensamentos que não recomeçam; são os pensamentos que foram retificados, alargados, completados. Não retornam à sua área restrita ou indecisa. Ora, o espírito científico é essencialmente uma *retificação* do saber, um alargamento dos quadros do conhecimento. Ele julga seu passado histórico, condenando-o. Sua estrutura é a consciência de suas faltas históricas. Cientificamente, pensa-se o verdadeiro como retificação histórica dum longo erro, pensa-se a experiência como retificação da ilusão comum e primeira. Toda a vida intelectual da ciência atua dialeticamente sobre esta diferencial do conhecimento, na fronteira do desconhecido. A essência mesma da reflexão é compreender que não se havia compreendido (BACHELARD, 1978a, p. 176, grifo nosso).

Esse longo excerto expressa a busca do *novo espírito científico*, que Bachelard defende, um espírito capaz de refazer-se com os próprios erros. Silva, com base em Bachelard diz que a “postura pedagógica” exigida pela Ciência da contemporaneidade deve “ter características de construção, abertura, dinamismo e vigilância” (2007, p. 58). Essa postura da Ciência também pode ser defendida na escola, entendendo-se que a aprendizagem se dá por processos de (re)construção permanente, fundadora de um *espírito* aberto, dinâmico e, ao mesmo tempo, vigilante às possíveis incompreensões e obstáculos que impedem o acesso aos conhecimentos que a escola pretende ensinar. Nesse processo, destaca-se mais uma vez o professor, o agente

motivador, mediador e vigilante dos processos de apropriação e (re)construção de conhecimentos escolares.

Algumas das colocações trazidas até aqui quanto à Ciência podem ser resumidas pelo que expressa Silva (2007, p. 112):

Bachelard compreende a ciência a partir do princípio epistemológico, segundo o qual, o conhecimento científico jamais atinge uma verdade objetiva absoluta. A ciência é um movimento da razão que opera por aproximações sucessivas, isto é, produz sempre um conhecimento aproximado, provisório. A objetividade da ciência é o resultado de uma construção, de uma conquista e de uma retificação dos fatos da experiência pela razão. Segundo ele, não existe uma constatação pura. Toda constatação já supõe a construção; toda prática científica engaja pressupostos teóricos e, como dissemos, progride por retificações, isto é, pela integração das críticas (recorrências), destruindo a imagem das primeiras observações: “o sentido do vetor epistemológico parece-nos bem nítido. Vai seguramente do racional ao real” (1978, p. 72).

Bachelard propõe um racionalismo, mas “trata-se de um ‘racionalismo aplicado’, que se atualiza na ação polêmica incessante da razão” (SILVA, 2007, p. 112). “A experiência não mais constitui ponto de partida, nem mesmo é simples guia, ela é alvo” (BACHELARD, 1983, p. 66). Assim, na Ciência, a construção do conhecimento científico vai para além do simples realismo e empirismo: “trata-se de uma profunda dialética, de um racional que se aplica e de uma aplicação que se racionaliza” (SILVA, 2007, p. 163). Com base na razão, criam-se e recriam-se instrumentos, técnicas e conhecimentos científicos. “É dessa maneira que Bachelard formula a definição de ciência, como um ‘racionalismo aplicado’, capaz de uma extensão e especialização crescentes” (p. 164).

Na *atividade científica* da contemporaneidade, “em vez do dualismo de exclusão do sujeito e objeto, em vez da separação das substâncias metafísicas cartesianas, vemos em ação a dialética de um acasalamento dos conhecimentos objetivos e dos conhecimentos racionais” (BACHELARD, 1983, p. 119). “A conjugação do racional com o empírico, a união de razão e experiência, que caracteriza o trabalho científico atual vai ser explicitado pelo racionalismo aplicado e pelo materialismo técnico” (BULCÃO, 1981, p. 34).

A produção de fenômenos científicos tem o nome de fenomenotécnica e é incompatível com uma fenomenologia imediata. A construção na ciência se faz pela estreita união entre o abstrato e o concreto, isto é, pela ‘concretização do abstrato’, conforme uma expressão do próprio Bachelard. O racionalismo aplicado e o materialismo aplicado vão tratar de explicitar essa construção (idem, p. 93).

Nas Ciências contemporâneas não se observam os fenômenos diretamente da natureza, pois os “fenômenos” passam a ser “tecnicamente construídos” pelo uso da razão (BACHELARD, 1983, p. 17). A criação do objeto científico, da linguagem específica, das

técnicas, instrumentos e matematização proporciona à Ciência processos de (re)construção permanentes das verdades.

“Numa educação de racionalismo aplicado, de racionalismo em ação de cultura, o mestre apresenta-se como negador das aparências, como freio a convicções rápidas” (BACHELARD, 1977, p. 29 *apud* SILVA, 2007, p. 138). Tais escritos levam Silva (p. 138) a pensar “a função do professor como complicador e não como facilitador”. Afinal, “a psicanálise do conhecimento objetivo deve examinar com cuidado todas as seduções da *facilidade*. Só com essa condição pode-se chegar a uma teoria da abstração científica verdadeiramente sadia e dinâmica” (BACHELARD, 1996, p. 69).

Com a crescente especialização do conhecimento, a linguagem da Ciência passa por processos permanentes de “revolução semântica” (BACHELARD, 1983, p. 177), ou seja, a linguagem científica encontra-se em constante criação e reinvenção de palavras/significados, técnicas e teorias, no âmbito das comunidades específicas de cada Ciência. “Bachelard reconhece que cada prática, cada região do saber, como ele as denomina, possui características e métodos próprios” (BULCÃO, 1981, p. 135). Segundo Silva (2007, p. 98),

[...] a racionalidade científica se autoproduz a partir de *diferentes* discursos (que [...] se solidarizam/inter-relacionam na sua forma mais geral e abstracta). *Diferença* essa de cunho epistemológico, cabendo dizer que o saber da química, da física, da biologia, por exemplo, são discursos diferenciados que possibilitam leituras diferenciadas de mundo.

Tal perspectiva aponta para o pluralismo defendido por Bachelard, em que se entende que não existe um método ou explicação capaz de encontrar toda a verdade. Defender o pluralismo implica reconhecer especificidades, limites e necessidades de outras áreas e discursos do saber, que *complementam-se, inter-relacionam-se e entreajudam-se* (idem). Também,

Bachelard ressalta o caráter social da ciência, afirmando que a cultura científica contemporânea se caracteriza pela intersubjetividade, [...] procurando mostrar que na ciência não encontramos resultados particulares e sim frutos de uma racionalidade coletiva. [...] que o racionalismo conduz à comunhão dos espíritos que acabam por reconhecer que, isolados, não seriam capazes de chegar aos mesmos resultados (BULCÃO, 1981, p. 28).

A racionalidade coletiva, defendida por Bachelard, pressupõe o uso de uma linguagem específica, “sem a qual ela não poderia se opor à linguagem natural e alcançar a objetividade” (idem, p. 28), que na Ciência da contemporaneidade vai além de explicações do realismo ou senso comum. Usa-se de um racionalismo aplicado, no qual “não há método de pesquisa que não acabe por perder sua fecundidade primeira. Sempre chega uma hora [...] em que o espírito científico não pode progredir se não criar métodos novos” (BACHELARD, 1978a, p. 158, com base em URABIN). Desse modo, Bachelard conserva “*aberto* o corpo de explicação”, o que é

característico “duma psicologia científica receptiva” (p. 172), de um espírito científico aberto e vigilante.

Bachelard defende que, na Ciência e no ensino de Ciência, se considere a historicidade do progresso das Ciências, para a qual “o trabalhador isolado deve confessar ‘que ele não teria achado isso sozinho’. Esse progresso dá às ciências uma verdadeira história de ensino cujo caráter social não pode ser desconhecido” (BACHELARD, 1983, p. 132). Para o autor, é pedagógico estudar e entender a história do progresso das Ciências, suas construções e rupturas (descontinuidades) que configuraram e configuram o conhecimento científico.

Lopes (2007), com apoio em Bachelard, chama a atenção ao processo de significação do conhecimento científico escolar, ao dizer que o seu acesso demanda a superação de entorpecimentos do espírito científico. Superar tais entorpecimentos ou obstáculos visa ir além de continuísmos no acesso do conhecimento científico e escolar, portanto, compreende-se ser necessário ir além de “um número excessivo de analogias, metáforas e imagens no próprio ato de conhecer, com o fim de tornar familiar todo conhecimento abstrato” (LOPES, 2007, p. 45).

Com base na perspectiva descontinuística do conhecimento científico, pode-se pensar um ensino de Ciências que necessita de processos constantes de retificação e (re)construção. Aprendizagens dão-se durante toda a vida, estão sempre em (re)construção, ao devir. Tais entendimentos permitem refletir sobre necessárias rupturas entre os conhecimentos cotidianos e científicos, necessários de serem desencadeados, a fim de propiciar processos mais significativos de construção de conhecimentos científicos e escolares. Também, alertam que processos de aprendizagem dão-se contra impressões primeiras, generalizações e facilitações decorrentes do pensamento.

Apropriar-se da linguagem do conhecimento da Ciência/Química propicia condições para pensar o mundo de um modo que, antes, não era possível; afinal, cada palavra criada no âmbito da comunidade científica vem carregada de significados, teorias, modelos, linguagem e códigos próprios. Tais linguagens dão condições para os estudantes irem além das sensações visuais ou “verdades” presentes nos objetos. Na mesma perspectiva, Lopes (2007, p. 40), embasada em Bachelard, fala da distinção entre real dado e real científico.

Na ciência, não se trabalha com o que se encontra visível na homogeneidade panorâmica. Ao contrário, é preciso ultrapassar as aparências, pois o aparente é sempre fonte de enganos, de erros, e o conhecimento científico se estrutura por intermédio da superação desses erros, em um constante processo de ruptura com o que se pensava conhecido.

Quando se pensa em ensino, é importante compreender que palavras criadas no âmbito científico só têm algum sentido, para os estudantes, se forem trabalhadas articuladamente com

situações vivenciais dos mesmos, rompendo com obstáculos que impedem a interpretação de fatos e fenômenos do cotidiano.

No entanto, a superação dos obstáculos nunca é definitiva. Não há, para Bachelard um abandono das concepções (superadas) anteriores. É nisso que decorre, juntamente, a noção de “perfil [epistemológico]”: o indivíduo (seja ele cientista ou não) permanece com suas concepções já superadas, aplicando-as a contextos diversos e distintos (MARTINS, 2009, p. 272).

Nesse sentido, a expressão “romper” não significa “jogar fora” os conhecimentos da experiência cotidiana, mas ser capaz de (re)interpretar, (re)aprender, (re)construir, retificar conhecimentos sob a luz das Ciências. Não significa que a partir daí se pense somente pelo uso de conhecimentos científicos. Para Bachelard (1978b), com a noção de *perfil epistemológico*, entende-se que o pluralismo cultural não deixa de existir, embora seja fundamental romper, estar vigilante aos obstáculos do senso comum, de modo que estudantes possam ter ‘novas formas’ de pensar no e sobre o mundo.

Com a perspectiva de melhor compreender o pluralismo cultural, considera-se importante diferenciar os contextos do conhecimento comum e do conhecimento científico. Para Lopes (2007, p.44), “o conhecimento comum lida com um mundo dado, constituído por fenômenos; [enquanto] o conhecimento científico trabalha em um mundo recomeçado, estruturado em uma fenomenotécnica”, que trata de fenômenos que não estão naturalmente na natureza (do que é “dado”). “Na perspectiva de Bachelard não tem sentido falar-se em ‘dado’, pois o objeto científico é um ‘artefato’, e só existe na medida em que o sujeito o constrói” (BULCÃO, 1981, p. 143).

Ao levar em consideração as discussões sobre a especificidade da Ciência, sua linguagem própria e seu ensino (em contexto escolar), considera-se relevante entender que, na Ciência/Química,

[...] existem diferentes razões constitutivas de diferentes níveis de realidade. A realidade de um objeto que se apresenta aos olhos, que pode ser tocado, que possui lugar e forma definidos, não é a mesma realidade de uma molécula, a qual constitui e é construída pela teoria molecular a ela subjacente. Não se trata, todavia, de uma distinção entre realidade e idealização. Moléculas, átomos e elétrons não são ideias que podem ser utilizadas enquanto os fatos assim o permitem, ou ainda abstrações racionais com as quais teorias são formuladas. Trata-se de uma outra ordem de realidade, que não pode ser compreendida sem o uso da razão (LOPES, 2007, p. 41-42).

As reflexões desenvolvidas permitem compreender a Ciência da contemporaneidade, que, tem como objeto científico, um “mundo criado” pelo uso da razão, técnicas, instrumentos, linguagem e modelos, desenvolvidos nas diferentes áreas do saber.

Silva (2007, p.75), ao distinguir “saber científico e saber comum”, diz que o “primeiro é sempre recomeço, um saber para um novo questionamento, [e] o segundo é sempre tentativa de conclusão, uma verdade para sufocar a pergunta”. No ensino e, muitas vezes, na própria Ciência se pensa ter encontrado as verdades únicas e universais, mas, pela filosofia bachelardiana, sabe-se que tais verdades não passam de ilusões ou obstáculos ao pensamento científico. Novas verdades não de vir. Necessitar-se-á, porém, romper com tais verdades, reformulá-las, repensá-las, muitas vezes, para além de um acréscimo de ideias e pensamentos da razão.

Assim, configura-se a importância de investigar a problemática que diz respeito a como os estudantes estabelecem relações entre o conhecimento escrito, verbalizado e representado em aulas e recursos didáticos que envolvem a compreensão e representação de modelos explicativos. Afinal, Lopes, baseando-se em Bachelard, diz que se conhece “com a razão e as imagens devem ser entendidas como modelos de raciocínio, nunca reflexos do real” (2007, p. 46).

Ao discutir obstáculos epistemológicos evidenciados nas escritas, nas falas ou nas representações de estruturas submicroscópicas, não se quer, de forma alguma, condenar o uso de imagens, mas que o professor tenha a consciência de estar e ficar vigilante às possíveis palavras e imagens com que anuncia ou trabalha com o estudante. Considera-se de fundamental importância, para a apropriação de conhecimentos científicos/químicos pelo estudante, a intervenção e mediação do professor que, em interações assimetricamente desenvolvidas, pode utilizar-se de palavras e significados (de nível atômico-molecular) referentes às representações de estruturas submicroscópicas.

Compreende-se que avançar, na visão/concepção de Ciência, por meio de discussões e reflexões como as expressas neste texto, pode permitir que cientistas, professores e estudantes não incorram em visões simplistas à percepção do conhecimento científico, a ponto de entendê-lo como algo pronto, imutável, inquestionável e com “verdades” presentes, a priori, nas experiências do senso comum. O olhar histórico e epistemológico permite desmistificar o cientista, de modo a não vê-lo como um ser superior, superdotado ou anormal, mas alguém que historicamente se constitui e se apropria do conhecimento de outros pesquisadores, podendo avançar e reinterpretar conhecimentos. Infelizmente, isso pouco acontece, no sentido de que o ensino ainda é embasado em conhecimentos dogmáticos, lineares, fragmentados e descontextualizados. Bachelard defende uma *Filosofia da desilusão*, diferente da

[...] Filosofia do eterno e do imutável, da razão totalizante e totalitária, mas sim da razão que se quer aberta e retificável. É o campo do mutável, da pluralidade, do dissenso, campo que mostra, constantemente, o quanto nos iludimos com o que julgamos saber. Não há descanso para o processo de retificação, não há reta de chegada, não há certezas definitivas, mas, em contrapartida, não há a pretensão de alcançar a onisciência divina (LOPES, 2007, p. 54).

No ensino, muitas vezes, buscam-se respostas últimas e inquestionáveis. No entanto, percebe-se, nos escritos de Bachelard que, muito mais importante que as respostas, são as perguntas. As respostas configuram a ilusão do espírito científico, mediante obstáculos que, em algum momento, precisam ser superados; afinal, na Ciência da contemporaneidade vive-se na inquietação, criam-se e recriam-se, pelo uso da razão, objetos, técnicas e procedimentos de pesquisa. Com base em Bachelard, pode-se dizer que não existem “verdades primeiras, apenas os primeiros erros: a[s] verdade[s] est[ão] sempre a devir” (LOPES, 2007, p. 34-35). Nesta perspectiva, as verdades são provisórias, ilusões a serem superadas e, portanto, não há “a verdade” ou “o método” único, inquestionável ou universal a ser alcançado.

Silva, apoiando-se em Bachelard, diz que a escola pode ser o lugar privilegiado para tornar a Ciência operante no nível da consciência cultural mais abrangente: de modo a ser “conhecida, discutida, polemizada” (2007, p. 114). Corroborando com Silva, defende-se que a escola propicie a construção de “um espírito que quer saber”, mas, ciente de que “o saber é sempre uma construção (‘aproximação’, ‘perspectiva’) exigente de um espírito aberto a novas construções (‘retificações’) bem como, ao abandono de velhas verdades, preconceitos e saberes mal-fundados” (idem, p. 139-140).

Aprender ciências implica aprender conceitos que constroem e colocam em crise conceitos da experiência comum. Isso não significa, por sua vez, o estabelecimento de uma hierarquia axiológica entre conhecimento comum e conhecimento científico. A partir da análise que Bachelard faz dos racionalismos setoriais, emerge a necessidade de sublinhar a marca pluralista de cultura: campos de conhecimentos diversos têm racionalidades distintas, não unificáveis, não redutíveis uma a outra. Não é possível compreender a lógica das ciências com a racionalidade do conhecimento cotidiano, tanto quanto não é possível viver no cotidiano de forma que cada uma de nossas ações reflita uma lógica científica (LOPES, 2007, p. 53).

Tais entendimentos remetem para reflexões sobre as inter-relações necessárias ao processo de ensino e aprendizagem de Ciências/Química, que, para além de linguagens do senso comum, demanda linguagens específicas das Ciências. Interpretações de Bachelard ajudam a entender a relevância de ressaltar, junto ao ensino, a compreensão de que a Ciência está em constante desenvolvimento e (re)criação: não pode ser tomada como detentora da verdade absoluta. Trata-se de uma Ciência/Química articulada por conhecimentos que se inter-relacionam e se complementam de maneira complexa, e por isso não podem ser tomados de forma simplista, linear e fragmentada. Nesse sentido, conhecimentos escolares demandam um processo de crítica, retificação e vigilância constante, um conhecimento que vai além de “um refinamento das atividades do senso comum” (LOPES, 1999, p. 119).

Defende-se a relevância de enfatizar, no ensino e na formação de professores de Ciências/Química, a visão de que, ao invés da mera polarização entre certo e errado, importa promover relações de diálogo mediante uma pluralidade de conhecimentos capazes de romper com a homogeneidade e linearidade com que o conhecimento é apropriado, seja fora ou dentro da escola. Quando não ocorrem relações de diálogo e entrecruzamentos entre conhecimentos científicos e cotidianos, não há (re)construção do conhecimento escolar.

Gehlen enfatiza a função do problema no ensino de CNT; para ela:

Bachelard (1977) atribui importância ímpar à questão dos problemas como geradores e articuladores de todo e qualquer conhecimento em Ciência. Na visão do epistemólogo, a busca de soluções para problemas consistentemente bem formulados representa a gênese do conhecimento científico. Assim, no contexto da Ciência, o papel do problema é entendido como gênese da produção de novos conhecimentos, pois só há desenvolvimento de conhecimento científico na medida em que se enfrenta um problema (GEHLEN, 2009, p. 45).

Nesse sentido, compreende-se que situações vivenciais ou temáticas socialmente relevantes sejam discutidas e compreendidas no contexto escolar, à luz de conhecimentos científicos, propiciando novas oportunidades de os estudantes (re)fazerem leituras sobre o mundo.

Defende-se a necessidade de reflexões fundamentadas sobre embates entre conhecimentos do senso comum (preso à percepção da realidade) e conhecimentos científicos. Conhecimentos escolares ensinados de forma problematizada e contextualizada têm maior propensão de permitir avanços nos processos (na gênese) de significação conceitual. Contudo, a perspectiva da contextualização não pode ser entendida de forma simplista. Afinal, a interpretação de imagens, figuras e representações de estruturas submicroscópicas relativa a situações reais da vida cotidiana, em aulas de Ciências/Química, requer ir além do senso comum. Compreensões sobre as mesmas demandam a necessidade do uso da linguagem apropriada de palavras e expressões específicas, como átomos, moléculas, íons, interações, ligações químicas, reações (SANGIOGO; ZANON, 2007).

A escola, além de proporcionar o acesso à linguagem específica das Ciências/Química, torna-se importante para a promoção de discussões críticas à Ciência, que, na contemporaneidade, em muitos casos, é fomentada por interesses particulares e econômicos. Segundo Lopes (2007, p. 192), “a ciência fomenta o capitalismo” e contrapõe-se “ao ideal de uma ciência neutra, desvinculada das relações de poder, concentrada exclusivamente na busca da verdade”. Nesse sentido, a expressão “comprovado cientificamente” não garante a veracidade única e absoluta, pois se sabe que as Ciências trabalham com verdades provisórias, além de serem permeadas de interesses particulares, econômicos, políticos e sociais.

Isso tudo ajuda a situar e recolocar a importância de superar visões simplistas e dogmáticas da Ciência e do conhecimento científico como detentor da verdade absoluta. Além de compreender formas de recontextualizá-la pedagogicamente em contexto escolar, de forma eticamente adequada, enquanto linguagem e pensamento específico capaz de proporcionar condições aos estudantes/cidadãos de fazerem escolhas socialmente responsáveis em contextos sociais diversificados, considerando-se, também, as constantes situações que envolvem consumo ou descarte de materiais/substâncias.

Levando-se em conta reflexões sobre os escritos de Bachelard, pode-se compreender a relevância de sua filosofia no ensino de Ciências. A exemplo do alerta para a vigilância epistemológica e pedagógica do professor no processo de ensino e aprendizagem de Ciências, a importância de inter-relacionar conhecimentos cotidianos e científicos, de motivar estudantes a expressarem-se e, pelos erros, promoverem processos de (re)construções de conhecimentos escolares, além de outras contribuições.

Frente à complexidade do entendimento da problemática em discussão, outras abordagens e discussões são apresentadas a seguir.

3.3 Ciência, Cotidiano e Escola: especificidades e relações entre contextos socioculturais

Este item, em continuidade às reflexões que vêm sendo desenvolvidas, apresenta e discute especificidades e relações entre os contextos culturais da Ciência, do cotidiano e da escola. A partir de problematizações das especificidades dos contextos culturais que caracterizam a esfera do conhecimento *cotidiano* e *científico*, busca-se discutir relações entre os mesmos em processos de sua recontextualização pedagógica, na constituição do conhecimento tipicamente *escolar*. Isso tomando como referência o campo, em particular, da educação em CNT/Química, que se refere a uma das áreas que mais se preocupa com explicações que demandam compreensões sobre representações de partículas/estruturas de nível submicroscópico.

Fundamentados em Lopes (1999), assume-se uma concepção ampla de cultura, imbricada com processos de aprendizado, desenvolvimento humano e educação, que manifestam vivências, conhecimentos, valores, atitudes, posturas e ações, desde peculiaridades de gostos, sensibilidade, inteligência, iniciativa, enfim, comportamentos típicos de cada ser humano em seu meio social. Corroborar-se com a autora a visão trazida de cultura como campo da diversidade,

pluralidade, diferença, heterogeneidade, das rupturas que permeiam a multiplicidade da convivência humana.

A cultura, segundo Vigotski, não é pensada como algo pronto, como um sistema estático a que os sujeitos se submetem, mas “uma espécie de ‘palco de negociações’, em que seus membros estão em constante movimento de recriação e reinterpretação de informações, conceitos e significados” (OLIVEIRA, 1993, p. 38 *apud* REGO, 2003, p. 56).

A cultura fora e dentro da escola influencia e se constitui no que Hall (1997) denomina de *identidade cultural*. Na sociedade da comunicação interplanetária, amplamente influenciada pela mídia, informações, linguagens e abordagens diversificadas permeiam pensamentos, diálogos e ações humanas, sendo presentes imagens, expressões (orais ou escritas) aliadas a uma multiplicidade de contextos histórico-culturais em que cada pessoa vive e é neles constituída. Isso implica compreender a constituição da individualidade de cada sujeito, a partir da visão de que ela é dependente de linguagens historicamente internalizadas por sujeitos que, dela se apropriando (VIGOTSKI, 2001), se constituem com singularidades culturais típicas a cada contexto social interativamente vivenciado: na família, na escola, na religião, nos grupos de amigos e outros.

Segundo Marques (1993), o homem e, portanto, a sua *identidade cultural*, constitui-se em três mundos: o da natureza (mundo físico), o do outro (mundo social) e o do consigo mesmo (mundo subjetivo). É nas interações dinâmicas e complexas no meio *sociocultural* (o outro, as pessoas, os grupos sociais) que o sujeito se apropria de conhecimentos práticos e teóricos, normas, modos de vida, mediados por diferentes linguagens, pensamentos, discursos, imagens, modelos representativos, formas de argumentação. É dessa forma que o sujeito se constitui, em suas compreensões acerca do meio *físico-material* (casas, carros, ruas, edifícios, árvores), as quais configuram sua visão *subjetiva* sobre o mundo, individualidade, mente, emoção, reflexão, conhecimentos, crenças, valores pessoais, com implicações nas decisões e ações cotidianas.

Considerando-se tais pressupostos, cabe à escola potencializar os processos de desenvolvimento da individualidade dos estudantes como sujeitos que, vivendo em diferentes “mundos”, estão sistematicamente em desenvolvimento, mediante processos de (re)construção de pensamentos, linguagens e ações nas interações sociais, de modo a constituir suas singularidades (VIGOTSKI, 2001). Mais que a visão da importância do papel de socialização da escola, cabe atentar para os processos de individualização do sujeito que, sendo social por sua natureza, tem, nas intervenções típicas ao contexto escolar, uma condição educativa essencial ao seu desenvolvimento.

Nesse cenário, ressalta-se que a escola foi originalmente criada para uma elite e, recentemente, universalizada como direito de todo cidadão e dever do Estado e da família (conforme Constituição Federal de 1988, capítulo III da educação, da cultura e do desporto – seção I da Educação). Contudo, há muito que mudar, construir e conquistar, em termos da qualidade da ‘educação para todos’. Afinal, qual a função do ensino das CNT na escola contemporânea?

Compreende-se a escola como uma instituição da sociedade, uma construção cultural na qual o estudante se apropria de outros conhecimentos, subsídios e formas de argumentação, por ela mediados, como ferramenta cultural que permite seu desenvolvimento, de forma a poder refletir e agir com mais consciência e responsabilidade no meio em que vive. Segundo os estudos de Bachelard, compreende-se que **não** devemos encarar a Ciência ou os conhecimentos ensinados na escola (ou no contexto cotidiano) como doutrinas ou verdades unívocas, mas aprender a questionar verdades que muitas vezes nos são impostas.

Ao invés de um repasse de informações, cabe à escola a função social de mediar o acesso a conhecimentos historicamente produzidos pela humanidade, mediante uma educação transformadora das potencialidades da vida para melhor. A concepção de uma educação comprometida com o social remete à defesa de que

[...] há necessidade de uma *escola* em que as pessoas possam dialogar, duvidar, discutir, questionar e compartilhar saberes. Onde há espaço para transformações, para as diferenças, para o erro, para as contradições, para a colaboração mútua e para a criatividade. Uma escola em que os professores e alunos tenham autonomia, possam pensar, refletir sobre o seu próprio processo de construção de conhecimentos e ter acesso a novas informações. Uma escola em que o conhecimento já sistematizado não é tratado de forma dogmática e esvaziado de significado. (REGO, 2003, p. 118, com base em VIGOTSKI).

Nessa perspectiva de escola, os indivíduos são valorizados e considerados com suas bagagens de crenças, conhecimentos, valores, atitudes e comportamentos desenvolvidos nas interações sociais extraescolares. Isso supera a relação dicotômica entre o que a escola ensina e o que se aprende e vive fora dela. Afinal, “o ser humano, na vida normal, exercita a observação, a comunicação, a aprendizagem, a tomada de decisões ponderadas, a expressão, a manipulação de objetos e instrumentos em situações mais variadas do que na escola” (SACRISTÁN, 1995, p. 102).

É inconcebível que, em nome de uma pretensa “cultura de elite”, um estudante negligencie a sua cultura e se disponha a aceitar somente os conhecimentos dogmáticos que a escola por vezes lhe impõe. Com base em Rego, entende-se que “as pessoas agem, pensam, sentem valores, têm conhecimento, visão de mundo a partir da interação em que vivem” (2003,

p. 57-58). Por isso, enfatiza-se a necessidade de articulações dinâmicas entre conhecimentos científicos e cotidianos, proporcionando processos de construção de conhecimentos escolares para além de perspectivas elitistas. Pensa-se num conhecimento sempre em formação e reconstrução que propicie o desenvolvimento cognitivo.

Corrobora-se a visão de Padilha (2004) de um professor que valoriza o *inter/trans/multiculturalismo*, sabendo lançar mão da diversidade cultural da escola, um ambiente de recíprocos e fecundos processos de construção de conhecimentos, nas interações sociais, sem nunca considerar uma cultura superior à outra – nem a científica, nem a cotidiana e nem a escolar. Nesse sentido, cabe aos professores o papel de conferir aos estudantes “potenciais de mudança social, pelo estabelecimento de uma pedagogia crítica que possa ser usada pelos estudantes na sala de aula e nas ruas” (McLAREN, 1997, p. 243).

Com a globalização (mídia, Internet, revistas, eventos), a divulgação científica ganhou novas configurações, fazendo emergir novas formas de relação entre a esfera do cotidiano e a científica. No cotidiano, hoje, através de revistas, TV, Internet ou outros meios, há possibilidade de acompanhar alguns progressos ou regressos das Ciências. Na comunidade científica, revistas eletrônicas proporcionam a divulgação quase instantânea de novos conhecimentos, de modo que especialistas ou a sociedade em geral podem discutir sobre um mesmo objeto ao mesmo tempo em locais distanciados, no Planeta. Ainda que, por vezes, usando racionalidades e argumentos diferentes ou em graus/níveis diversificados de compreensão, não deixam de ser válidos. E à escola, ao professor de CNT? O que mudou?

Com as informações hoje disponíveis (Internet, livros, revistas e outras fontes), não cabe à escola trabalhar apenas na perspectiva de o estudante apenas memorizar conteúdos do LD, a serem esquecidos logo depois que fazem a prova ou passam de ano. Conteúdos/conceitos de CNT podem ser ensinados de forma dinamicamente relacionada com assuntos da vivência social, à luz de diversas fontes. Por isso, entende-se que o professor deva propiciar processos de ensino e aprendizagem que permitam que o estudante se aproprie da linguagem científica, produzindo sentidos aos significados conceituais, em situação contextual, com a abordagem de assuntos, como a respiração, alimentação, produtos de higiene e outros, possibilitando a formação de cidadãos mais capazes de interpretar e refletir sobre o meio em que vivem, também sob a ótica das Ciências.

Na cultura escolar, do cotidiano ou da Ciência/Química, os conceitos estão historicamente em processos de (re)construção, mediante interações intersubjetivas (uns com os outros). Cada contexto enriquece e realimenta o outro, mutuamente, orientando e dando a entender modos de pensar e agir no mundo. Nesses termos, com base em Santos e Schnetzler

(1997, p. 94), pode-se dizer que a escola tem dois grandes objetivos para o ensino: (i) propiciar o acesso a “informações básicas para o indivíduo compreender e assim participar ativamente dos problemas relacionados à comunidade em que está inserido”; e (ii) desenvolver a “capacidade da tomada de decisão, para que possa participar da sociedade, emitindo a sua opinião, a partir de um sistema de valores e de informações, dentro de um comprometimento social” (SANGIOGO; ZANON, 2009b).

Nesse sentido, a escola tem a função social de propiciar aprendizados que potencializem o desenvolvimento dos estudantes e os ajudem a fazer escolhas socialmente responsáveis, frente à complexidade do mundo em que estão inseridos. Isso mediante um ensino que inter-relacione, a exemplo da Química, “a informação química e o contexto social”; afinal, “para o cidadão participar da sociedade, ele precisa não só compreender a química, mas a sociedade em que está inserido” (SANTOS; SCHNETZLER, 1997, p. 95).

Com base nos PCN+ e OCNEM, entende-se que a escola e professores buscam proporcionar um ensino de CNT/Química que

[...] pode ser um instrumento da formação humana que amplia os horizontes culturais e a autonomia no exercício da cidadania, se o conhecimento químico for promovido como um dos meios de interpretar o mundo e intervir na realidade, se for apresentado como ciência, com seus conceitos, métodos e linguagens próprios, e como construção histórica, relacionada ao desenvolvimento tecnológico e aos muitos aspectos da vida em sociedade (BRASIL, 2002, p. 87 *apud* BRASIL, 2006, p. 109).

Nesse sentido, a escola, o ensino de Química e demais campos das CNT necessitam repensar suas práticas. Entende-se que o ensino de CNT/Química demanda a apropriação de palavras e seus significados específicos à área. Um ensino que propicie a (re)construção conceitual, por parte dos estudantes, pode permitir novas percepções sobre a Ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. Isso demanda a mobilização, por meio da mediação do professor, de processos de inter-relação entre significados conceituais construídos na vivência cotidiana e os conhecimentos científicos estudados na escola. A apropriação e a (re)construção conceitual, típicas das interações promovidas nas práticas pedagógicas do contexto escolar são potencializadoras do desenvolvimento do que Vigotski (2001) denomina de *funções psicológicas superiores*. Essas *funções* “são relações internalizadas de uma ordem social, transferidas à personalidade individual e base da estrutura social da personalidade” (VIGOTSKI, 1997, p. 58 *apud* PINO, 2000, p. 60), por intermédio das quais o homem se singulariza, permitindo alcançar níveis de significação conceitual mais elevado, ou seja, a capacidade de abstração.

Mobilizações de signos e significados mediados pelo ‘outro mais experiente’ (o professor) permitem aos estudantes apropriarem-se de conhecimentos característicos da esfera

cultural da Química e nela se incluírem progressivamente, como comunidade humana diferenciada, “tornando-se um *indivíduo cultural*, ou seja, humanizado” em novo estágio de desenvolvimento (PINO, 2000, p. 42).

Defende-se a importância de levar em consideração a singularidade de cada estudante que vem à escola, “carregado” de experiências, conhecimentos, pensamentos, linguagens desenvolvidas em seu contexto histórico-cultural (VIGOTSKI, 2001). Para tanto, compreende-se a necessidade da promoção de movimentos dialéticos de “ir e vir”, inerentes às relações entre conhecimentos cotidianos e científicos. Rupturas com a linearidade e continuidade dos conhecimentos construídos pelos estudantes permitem a configuração de dinâmicos e sistemáticos processos de construção de *conhecimentos escolares*, significativos ao desenvolvimento humano/social (LOPES, 1997, com base em BACHELARD).

A perspectiva da pluralidade cultural (BACHELARD, 1996; LOPES, 1997, 1999, 2007) impõe a necessidade de prestar atenção à diversidade de saberes que integram o conhecimento escolar, entendendo o conhecimento científico/químico como *criação humana* bastante específica, como um pensamento “povoado” de símbolos, fórmulas, modelos, objetos teóricos, aliados às expressões e equipamentos que configuram uma ‘propriedade cultural’, merecedora de ser pedagogicamente disponibilizada e compreendida pela sociedade em geral. Na Química como Ciência histórica e culturalmente criada, pesquisadores fazem uso de uma linguagem própria, sem a qual não é possível sua compreensão (em nível atômico-molecular) sobre materiais e transformações, para além das percepções dos sentidos. Tal como foi discutido no item anterior.

A Química estrutura-se como um conhecimento que se estabelece mediante relações complexas e dinâmicas que envolvem um tripé bastante específico, em seus três eixos constitutivos fundamentais:

[...] *as transformações químicas, os materiais e suas propriedades e os modelos explicativos* (BRASIL, 2002), [...] que, dinamicamente relacionados entre si, correspondem aos objetos e aos focos de interesse da Química, como ciência e componente curricular, cujas investigações e estudos se centram, precisamente, nas **propriedades**, na **constituição** e nas **transformações** dos materiais e das substâncias, em situações reais diversificadas (MORTIMER; MACHADO; ROMANELLI, 2000, p. 276 *apud* BRASIL, 2006, p. 110, grifos em itálico dos autores).

Para além de tais compreensões, Mortimer, Machado e Romanelli (2000, p. 277) destacam a triangulação entre *fenomenológico*, *teórico* e *representacional* como aspectos constituintes do conhecimento químico. Quanto ao fenomenológico, situações vivenciais (fatos/fenômenos) podem ser estudadas no contexto escolar; no entanto, a compreensão química sobre as mesmas demandam processos de mediação que incluem o uso de linguagens (palavras e

representações) específicas ao campo teórico da comunidade científica e, portanto, envolvem teorias/modelos explicativos que demandam conhecimentos que vão além daqueles produzidos na experiência cotidiana dos estudantes.

Esses aspectos alertam para a complexidade envolvida nos processos de construção de conhecimentos químicos/científicos. No entanto, algumas vezes os professores acham que tudo é muito fácil e, por isso, incorrem na simplificação do processo de ensino, obstaculizando a aprendizagem, por não levar em consideração a complexidade conceitual no nível atômico-molecular, junto aos processos de mediação de conteúdos/conceitos que envolvem, por exemplo, representações de estruturas submicroscópicas.

Chagas traz uma visão abrangente e operacional de que “química é tudo aquilo que o químico faz e como ele faz” (1989, p. 14). O autor chama a atenção para duas dimensões que caracterizam a atividade do químico, reportando-se ao *pensar* e ao *agir*, chamando a atenção à simultaneidade de ambas as dimensões no fazer química e saber dosar esses dois aspectos, nos processos de ensino e aprendizagem da Química.

A atividade do químico é caracterizada por dois aspectos complementares: o primeiro aspecto é a *atividade prática*, a sua atividade própria e especial de manusear a matéria, encarando-a de uma forma *macroscópica*. O segundo aspecto é a *atividade teórica*, o seu pensar sobre os fatos observáveis em termos de esquemas e modelos, sendo que na maioria das vezes encara a matéria sob o ponto de vista *[sub]microscópico*, sob o nome genérico de *teoria molecular*. O químico age e pensa simultaneamente dessas duas maneiras e a química é resultante desses dois modos de *agir* e *pensar*, da interação desses dois modos complementares (CHAGAS, 1989, p. 14-15, grifos nossos).

Com base nos referenciais trazidos ao contexto, compreende-se a importância de uma Ciência e um ensino de Ciências/Química, que articule o macro e o submicroscópico, que não se prenda ao que os olhos podem ver, mas possa ir além, articulando o fenomenológico, o representacional e o teórico, incluindo explicações e compreensões de situações vivenciais e transformações (sejam biológicas, físicas ou químicas), em nível atômico-molecular. Isso demanda o uso e significação de uma linguagem específica que, então, pode permitir processos de construção de conhecimentos escolares junto aos estudantes, de modo que os mesmos possam (re)construir seus modelos mentais (pensamento) e ir além dos modelos ou representações expressos em aulas e LD da área das CNT.

Diferentemente dos conhecimentos científicos, os conhecimentos cotidianos são desenvolvidos de forma ‘colada’ a situações da vivência, conforme ensina Vigotski. São produzidos em interações circunstanciais, mediante influências da mídia e interlocuções, na maioria das vezes, com menores graus de assimetria. Na atual sociedade, torna-se cada vez mais visível a incorporação de conhecimentos científicos à cultura cotidiana, a exemplo da ampla

circulação, na mídia, de documentários, reportagens, artigos, via Internet, revistas e outros, que constituem canais de acesso a informações e conhecimentos diversificados. A cada nova geração, conhecimentos cotidianos transformam-se, tendendo a uma ampliação e reconfiguração mediante processos de interação histórico-cultural. Graus de interpenetração de linguagens/significados conceituais oriundos das Ciências são possibilitados pela mediação da escola e de outras instâncias de produção de cultura, em especial pela mídia.

Palavras/expressões comumente usadas na comunidade científica são cada vez mais frequentes na vivência cotidiana (em rótulos de embalagens, textos de divulgação científica, jornais e televisão). Por isso, compreende-se como uma das funções sociais da escola, permitir que os estudantes decodifiquem e ressignifiquem linguagens específicas da Ciência. Nesse processo, o professor é um dos principais agentes responsáveis.

Pouco se discute, no entanto, sobre distinções entre conhecimento científico e escolar.

À comunidade científica cabe a construção do novo conhecimento, a busca pelo desconhecido, a retificação do já sabido. A comunidade escolar, ao contrário, trabalha com a aceitação prévia do conhecimento produzido em outras instâncias e tem por objetivo torná-lo ensinável, acessível ao nível de compreensão do estudante (LOPES, 1997, p. 52).

Na perspectiva *descontinuística* e *pluralista* (LOPES, 1997, 1999, 2007, fundada em BACHELARD), não se entende cultura como um todo homogêneo. Ao contrário, entende-se que diferentes saberes constituem instâncias próprias de conhecimento, não sendo possível a passagem de uma instância a outra por sucessivas (re)elaborações. Nesse sentido, o conhecimento escolar, seja no campo das Ciências Sociais ou no campo das Ciências Físicas e Biológicas, constitui-se mediante rupturas, o que inclui uma visão da descontinuidade no interior da própria cultura cotidiana ou científica, através das noções de recorrência histórica e racionalismos setoriais.

Isso traz à tona discussões sobre a produção do conhecimento escolar como relação de conflito/tensão entre conhecimentos cotidianos e científicos, enquanto processos de ruptura com a continuidade do acesso ao conhecimento e com os obstáculos epistemológicos. O conhecimento químico, assim, não pode ser “visto” nem tratado como fácil e simplificado. Ele é complexo, abstrato e exige retificações de saberes e “imaginação com capacidade de formar imagens que ultrapassam a realidade” (LOPES, 2007, p. 47) dada pelo senso comum.

A Química, como Ciência que interpreta e cria o real, é um conhecimento que exige grande abstração para a sua compreensão (em nível atômico-molecular). Sem inter-relações dinâmicas entre conhecimentos cotidianos e científicos, sem rupturas com conhecimentos errôneos que obstaculizam o acesso ao conhecimento científico e sem esforços no

desenvolvimento de tais abstrações, os aprendizados escolares tendem a ser mecânicos, passageiros e o estudante mantém-se limitado ao seu senso comum, que lhe é habitual, e/ou ainda, pode-se ficar ‘preso’ à ‘química pela química’, ou seja, ao conhecimento científico/químico que não se articula com o conhecimento cotidiano. Tais abordagens não possibilitam o desenvolvimento das *funções psicológicas superiores*.

Saberes culturais diversificados caracterizam e constituem o espaço escolar. No entanto, sem desvalorizar um ou outro conhecimento, cada um tem potencialidade para contribuir no desenvolvimento das pessoas, em seus contextos culturais. No entanto, é o embate entre diversos saberes que confere sentidos e significados aliados à vida dos estudantes, mas que, para poderem avançar, necessitam de (re)construções permanentes. Com Lopes (1997, 1999), reafirma-se a importância dos movimentos dialógicos do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico/químico e, ao contrário, do conhecimento químico ao cotidiano, numa relação dinâmica para proporcionar processos de construção de conhecimentos escolares. Quando não ocorrem relações dialógicas entre conhecimentos químicos e cotidianos (como é comum no ensino tradicional), os conhecimentos passam a ser apropriados de forma dicotômica e continuística, sem entrecruzar-se. De nada adianta utilizar-se de variadas explicações, recursos didáticos, figuras e modelos nas aulas, se tais explicações não se engajarem com a vida cotidiana dos estudantes. A Ciência, como refere Souza Santos (2003), precisa voltar-se ao todo (ao global, ao contexto), de modo que o conhecimento produzido possa ter valor social para o estudante.

Em continuidade ao que vem sendo exposto, no próximo item são apresentados e discutidos saberes docentes e processos de mediação didática de conteúdos/conceitos envolvendo o uso de representações de estruturas submicroscópicas, para os quais, também se retomam alguns pontos já discutidos neste trabalho.

3.4 Processos de Mediação Didática Relativos a Representações de Estruturas Submicroscópicas

Neste item, parte-se do entendimento de que a produção do conhecimento escolar se dá na mediação didática dos saberes de referência em contextos de produção dos saberes a ensinar (VARRET *apud* LOPES, 1999) e que, na escola, os estudantes se apropriam do saber ensinado

por meio da mediação do ‘outro mais experiente’, o professor (VIGOTSKI, 2001), que mobiliza saberes docentes diversificados (TARDIF, 2007).

No entanto, como já discutido neste capítulo, a aprendizagem do conhecimento escolar pode incorrer em obstáculos pedagógicos e epistemológicos no acesso ao conhecimento científico, o que coloca a necessidade de que o professor saiba lidar com os mesmos para proporcionar um ensino de CNT mais coerente com as Ciências e com o que a escola tem intencionalidade de ensinar (BACHELARD, 1996).

Nesse sentido, é importante levar em conta que há uma multiplicidade de saberes docentes que integram o conhecimento profissional do professor. Tardif (2007) é um dos autores que identifica, define e discute os saberes da prática docente e propõe o estabelecimento de relações entre eles e a formação profissional dos professores que atuam ou atuarão em sala de aula. Segundo o autor (p. 36-39), o professor constitui-se de uma pluralidade de saberes que provêm de diferentes fontes: os *saberes disciplinares*, correspondente aos diversos campos do conhecimento, tais como os da universidade, que se encontram na forma de disciplinas; os *saberes curriculares*, correspondentes aos discursos, objetivos, conteúdos e métodos dos programas escolares; os *saberes oriundos da formação profissional*, correspondentes ao conjunto de saberes transmitidos pelas instituições de formação de professores; e os *saberes experienciais*, correspondentes aos saberes que se incorporam da experiência prática individual e coletiva sob a forma de *habitus* e de habilidades, saber-fazer e saber-ser.

Com tais descrições, entende-se que o professor se constitui e humaniza nas diversas relações socioculturais que dão suporte à sua atuação profissional, por meio da mobilização de um conjunto de saberes relacionados ao saber ensinar. Para Tardif, “a prática docente não é apenas um objeto de saber das Ciências da educação, ela é também uma atividade que mobiliza diversos saberes que podem ser chamados de pedagógicos” (2007, p. 37). Tais saberes apresentam-se como “doutrinas ou concepções provenientes de reflexões sobre a prática educativa [...] reflexões racionais e normativas que conduzem a [...] atividade educativa” (idem). Portanto, é importante que tais concepções sejam refletidas em cursos de formação de professores, de modo a potencializar e capacitar suas ações e reflexões.

Segundo Lopes, “à *comunidade científica* cabe a construção do novo conhecimento, a busca pelo desconhecido, a retificação do já sabido” (1999, p. 227, grifo nosso). Por outro lado, cada *comunidade escolar* específica trabalha com uma aceitação prévia de saberes ou conhecimentos científicos e organiza processos de recontextualização pedagógica dos mesmos, selecionando conteúdos e configurando suas respectivas formas de ensino, junto ao contexto escolar (LOPES, 1999).

Para além da distinção entre saber científico e escolar procedido no item anterior, é relevante o entendimento dos *processos de mediação didática* de conteúdos/conceitos da área das CNT. Os saberes científicos são transformados pelos processos de mediação didática em saberes escolares que, então, possibilitam o desencadeamento do ensino (saber ensinado) e da aprendizagem (saber aprendido) de conteúdos/conceitos (objeto de ensino) aos estudantes.

No entanto, a mediação didática, ou seja, a didatização não pode ser entendida meramente como “um processo de vulgarização ou adaptação de um conhecimento produzido em outras instâncias (universidades e centros de pesquisa)” (LOPES, 1999, p. 218). Livros didáticos e professores tornam acessíveis aos estudantes a compreensão dos saberes científicos, que não se constituem pela sua mera transmissão mecânica, mas, sim, por processos dinâmicos de (re)construção de saberes/conhecimentos diversificados.

A fim de melhor compreender o processo de transformação de saberes científicos para o contexto escolar, são descritos, a seguir, alguns aspectos relacionados à *teoria da transposição didática* introduzida por Varret (1975 *apud* MENEZES, 2006), que pode ser dividida em externa e interna. A *transposição externa* é mais comumente estudada, referindo-se à transformação do *saber de referência* (científicos e culturais) em *saber a ensinar*, enquanto que a *transposição interna* refere-se ao processo de transformação do *saber a ensinar* em *saber ensinado* em sala de aula (*idem*).

Com base em Menezes (2006), pode-se, também, de modo geral, representar o processo de transposição didática na área das CNT, pelo esquema:

Saber científico → saber a ensinar → saber ensinado → saber aprendido

O sistema de ensino, envolto nas relações entre saberes, professores e alunos, é repleto de tensões e embates na noosfera, “que envolve a comunidade responsável por estabelecer o que deve ser ensinado na escola” (CHEVALARD, 1991 *apud* MENEZES, 2006, p. 75). Na noosfera, o *saber científico* é transformado em *saber a ensinar*, finalizando a primeira etapa da transposição didática. Na transposição interna, o professor é o principal elemento responsável para transformar o *saber a ensinar* em *saber ensinado* e que, então, em sala de aula é transformado em *saber aprendido*, completando o *processo de transposição didática*.

Lopes (1999) questiona a palavra “transposição”, propondo que a mesma seja substituída por “mediação”. A autora, sem adentrar nas discussões sobre o processo da transposição didática externa e interna, alerta que “o termo transposição pode ser associado à ideia de reprodução, movimento de transportar de um lugar a outro, sem alterações” (p. 208). O termo mediação didática é

[...] mais apropriado para o processo de reconstrução dos saberes científicos na escola do que o termo ‘transposição didática’, extremamente ambíguo, por tender a significar apenas reprodução dos saberes. O processo de mediação didática articulado ao processo de disciplinarização, é um dos processos centrais de constituição do conhecimento escolar (LOPES, 1999, p. 29).

Corroborando a proposição da autora, compreende-se, com base na abordagem histórico-cultural, que a palavra mediação é mais apropriada que transposição. Neste trabalho, não há preocupação em entender e refletir sobre todo o processo de mediação didática dos conhecimentos científicos no contexto escolar. Compreende-se, porém, que, quanto ao processo de ensino e aprendizagem, torna-se importante destacar que a palavra *mediação* refere-se não apenas a um processo de transmissão-recepção em que quem sabe (o professor) é ativo em sala de aula e quem não sabe (os estudantes) é passivo, mas a um processo interativo em que os diferentes sujeitos produzem e expressam sentidos aos significados conceituais, pelo uso de uma linguagem e pensamento específico.

Portanto, valoriza-se a visão de que interações assimetricamente desenvolvidas (entre sujeitos), no contexto escolar, permitem a circulação de sentidos aos conceitos, cabendo ao professor a função pedagógica, tanto de promover a verbalização das ideias em construção por parte dos estudantes, quanto de, controlar os processos de produção de sentidos ao significado conceitual coerente com a Ciência, possibilitando aprendizados que, dessa forma, permitem novas formas de linguagem e pensamento que constituem a mente humana, importantes ao desenvolvimento humano-social (VIGOTSKI, 2001). É com esse sentido que são usadas palavras, como mediação e intervenção (por parte do professor), ao longo deste trabalho.

Considera-se importante observar alertas, como o expresso por Lopes (1999), de que é importante estarmos atentos ao *didatismo* ou à recontextualização pedagógica que procura aproximar o conhecimento científico ao senso comum, oriundo do processo de mediação didática (interno ou externo) relacionado ao ensino de CNT. Afinal, problemas conceituais decorrentes de abordagens inadequadas em LD ou aulas de CNT podem ter sua origem em processos inadequados de mediação didática, que possivelmente se transformem em obstáculos ao acesso dos conhecimentos científicos ensinados na escola. Nesse sentido, mobilizações de saberes docentes diversificados (disciplinares, curriculares, profissionais e experienciais) são importantes nas significações de conteúdos/conceitos, o que inclui a identificação de possíveis simplificações conceituais e de obstáculos que impedem o acesso à aprendizagem, por parte dos estudantes e professores.

Menezes (2006, p. 79, embasada em BORDET) chama a atenção para a importância de trabalhar com uma “distância adequada” entre o saber científico e o saber a ensinar, a fim de

permitir processos mais significativos de construção de saberes escolares. Segundo a autora, se o saber a ser ensinado estiver “longe” dos saberes da experiência (cotidiano), pode não haver diálogo com os saberes já produzidos pelos estudantes. Por outro lado, se aproximarmos muito os saberes a ensinar aos conhecimentos cotidianos mobilizados pelos estudantes, os saberes científicos podem acabar sendo vulgarizados, perdendo-se a ideia conceitual do objeto de saber a ser ensinado pela instituição escolar, limitando o ensino à aprendizagem de “coisas” do senso comum que podem ser aprendidas em qualquer outro lugar.

Aceita-se, com base no referencial histórico-cultural, a visão dos aprendizados científicos estudados na escola como processos mentais e interativos que se constituem assimetricamente, mediante dinâmicos processos de internalização. As interações que permeiam vivências sociais e culturais, em especial nas instituições sociais com fins educativos específicos, como as escolas, têm, por natureza, condições assimétricas diferenciadas. Relativamente ao conhecimento cotidiano, é a mediação do professor que permite o acesso à significação de conceitos científicos escolares. Por isso, somente um ensino dialógico, capaz de propiciar relações entre conhecimentos diversificados, cotidianos e científicos, mediante o uso de ‘signos’ específicos, com significados teórico-conceituais (o que inclui os modelos e representações), pode ajudar na interpretação de situações reais (como respiração, alimentação/digestão), sob a ótica das Ciências. Entende-se, também, que seja por meio de tais aprendizados que se potencializa o desenvolvimento humano e social dos estudantes, característico das *funções psicológicas superiores* (VIGOTSKI, 2001 *apud* SANGIOGO; ZANON, 2009b).

Com base em Vigotski, entende-se que o ser humano aprende e se constitui pela linguagem, que é constituidora e articuladora do pensamento, através do desencadeamento de processos de apropriação e uso de signos, os quais carregam sentidos sistematicamente em (re)construção nas relações pedagógicas mobilizadas por graus de assimetria, nas interações. As palavras são “meios” que permitem chegar ao significado de um conceito, que é sempre generalização. Isso exige do professor a necessidade de cultivar o uso da palavra, mediante processos constantes de produção de sentidos e (re)elaborações conceituais (SANGIOGO; ZANON, 2009b), a fim de retificar, avançar ou romper com generalizações já postas pelos conhecimentos cotidianos dos estudantes. Ainda, segundo Bachelard, o erro é fundamental nos processos de ensino e aprendizagem de CNT e, por essa razão, não podemos encará-lo “como oposto ao conhecimento verdadeiro”, mas como elemento constitutivo de tais processos (LOPES, 2007, p. 53).

Os processos de mediação didática de conteúdos/conceitos que envolvem representações de estruturas submicroscópicas em aulas de CNT demandam mobilização de

saberes docentes diversificados. Nas interações assimétricas propiciadas na escola ou na universidade, os estudantes podem (re)construir conhecimentos que impedem ou obstaculizam os acessos aos conhecimentos científicos escolares. Em aulas e LD, tais representações vêm carregadas de significados teórico-conceituais, o que demanda a inserção de discussões sobre os mesmos, junto ao ensino e à formação de professores de CNT.

Defende-se a utilização de signos e sentidos específicos da cultura científica da Química, junto às explicações de representações de estruturas submicroscópicas. Nesse processo, as palavras expressas pelos estudantes demandam *vigilância pedagógica e epistemológica* por parte do professor (BACHELARD, 1996), rompendo com a linearidade típica dos processos de construção de conhecimentos do senso comum e, na outra ponta, dos conhecimentos científicos (SOUZA SANTOS, 2003). Isso implica inter-relacionar conceitos cotidianos e científicos, proporcionando de fato o acesso à *abstração e generalização* (VIGOTSKI, 2001) dos conceitos estudados na escola, de modo a serem significativos e relevantes à vida dos estudantes.

Alertas do professor frente ao uso de palavras internalizadas de forma diferente e singular pelos indivíduos permitem que o sentido de referência, ou seja, o significado aceito cientificamente, seja preservado. Desse modo, é importante que o professor fique vigilante na verbalização de signos e sentidos expressos pelos estudantes; afinal, o uso inicial das palavras indica apenas o início do processo de significação conceitual, necessitado de atingir níveis cada vez mais avançados, nas interações com o ‘outro’ (VIGOTSKI, 2001). Segundo o autor (p. 170),

[...] o conceito é impossível sem palavras, o pensamento em conceitos é impossível fora do pensamento verbal; em todo esse processo, o momento central, que tem todos os fundamentos a ser considerado causa decorrente do amadurecimento de conceitos, é o emprego específico da palavra, o emprego funcional do signo como meio de formação de conceitos.

Assim, o ensino de um conceito (ou um modelo teórico) precisa se repetir sob várias condições e contextos sociais, de modo que os estudantes usem e verbalizem os significados conceituais em (re)construção, retomando-os, ampliando-os e propiciando novos níveis de abstração (e generalização), produzindo sentidos em contextos diferenciados. A significação de conceitos químicos/científicos ou escolares abrange o uso de signos relacionados a entendimentos que levem em conta o pensamento de nível atômico-molecular.

O modelo atômico-molecular da matéria, com ênfase na compreensão de reações químicas como rearranjos da matéria, é, segundo diferentes autores, *estruturador do pensamento químico* (NAKHLEH, 1992; MILLAR, 1996; MORTIMER, 1995). Os conceitos [...] – átomo, molécula e reações – devem ser parte do instrumental mental de qualquer aluno(a) ao deixar a escola (LIMA; BARBOZA, 2005, p. 41, grifos nossos).

Nesse sentido, entende-se que cabe à escola, e, mais especificamente aos professores da área das CNT, permitir que os estudantes tenham acesso a tais conhecimentos, possibilitando-lhes compreensões sobre a ‘rede’ complexa de conhecimentos em que a Ciência/Química está inserida, um sistema simbólico fundamental que permite um novo pensar sobre o mundo.

Ensinar Ciências/Química não é ‘repassar’ certo conjunto de informações, mas, sim, propiciar condições necessárias à (re)construção de um conhecimento bastante específico, só possível de ser constituído mediante o uso de linguagens e conceitos elaborados fora da cultura cotidiana, ou seja, linguagens produzidas na esfera cultural das CNT (ZANON; SANGIOGO, 2006). Os processos de construção de conceitos científicos escolares decorrem de interações assimétricas com o ‘outro mais experiente’ (VIGOTSKI, 2001), o professor, que já enculturado na Ciência/Química, é capaz de mediar conhecimentos referentes a ‘entidades’ culturalmente criadas, como átomos, moléculas, íons, elétrons, ligações. Contudo, nem sempre o professor de Química tem a compreensão de que tais ‘ferramentas culturais’ foram criadas, convencionadas e validadas, antes, num contexto cultural bastante específico, o da comunidade científica da Química, o que justifica a importância da inserção de reflexões sobre visões/concepções de Ciência, junto à formação docente.

Cabe registrar que modelos e representações de estruturas submicroscópicas não são algo que se acrescente em abordagens típicas ao ensino de CNT, eles já constituem o currículo escolar. As aulas, através dos próprios LD, são tradicionalmente permeadas de modelos teóricos, imagens, esquemas e gravuras elaboradas com base na cultura cientificamente aceita. Tais modelos podem ser estruturantes do pensamento científico/químico. Contudo, representações de ‘entidades’ como íons, moléculas, estruturas supramoleculares, por vezes são tomadas como partículas concretas e reais pelos estudantes, e não como construções com fins de explicação e compreensão de fatos e fenômenos elaborados nas esferas culturais da Ciência ou da escola.

Trabalhos anteriores apontam que reflexões sobre representações de estruturas submicroscópicas são necessárias de serem inseridas e discutidas junto a cursos de formação de professores da área das CNT (SANGIOGO; ZANON, 2006; ZANON; SANGIOGO; BECKER, 2008a e b). A exemplo de reflexões sobre a importância de tais modelos na Ciência e ensino de CNT, seus limites e potencialidades conceituais relacionadas a cada representação de estrutura submicroscópica que permeia aulas e LD da área das CNT.

Embora imagens relativas a representações de estruturas submicroscópicas possam incorrer em graus limitados ou distorcidos de compreensão conceitual, elas podem ser importantes recursos ou instrumentos ao processo de ensino e aprendizagem de conhecimentos científicos escolares mais significativos e socialmente relevantes. No entanto, isso demanda

mobilizações de saberes docentes necessários de serem considerados no processo de mediação didática quanto ao que representam (SANGIOGO; ZANON, 2009a, b e c).

Entende-se que os professores e estudantes (re)elaboram constantemente os seus modelos de explicação sobre fatos e fenômenos, o que inclui (re)elaborações referentes às representações de estruturas submicroscópicas estudadas em aulas de CNT. Permitir que o estudante (re)construa o pensamento sobre um modelo ou representação, mediante significação e uso de linguagens específicas fornecidas no contexto escolar, torna-se assim uma condição indispensável para que se possa retificar ou superar obstáculos que impedem o acesso ao conhecimento científico e escolar, rompendo inclusive com visões simplistas e/ou errôneas sobre a Ciência e os cientistas.

Com base em entendimentos como os expressos neste capítulo, que visam proporcionar maiores reflexões e entendimentos relacionados ao ensino de conteúdos escolares que envolvem o uso de imagens representativas de estruturas submicroscópicas, no capítulo que segue são apresentados e discutidos alguns resultados oriundos da análise do material empírico desta pesquisa.

4 UM OLHAR PARA AS REPRESENTAÇÕES DE ESTRUTURAS SUBMICROSCÓPICAS EM ABORDAGENS DE CONTEÚDOS DE CNT

Este capítulo apresenta e discute resultados desta pesquisa, referentes a (i) abordagens de conteúdos/conceitos relacionados a representações de estruturas submicroscópicas (objeto de investigação) em LD e em aulas acompanhadas; e (ii) manifestações dos sujeitos de pesquisa nos módulos e nas reuniões, em busca de responder as questões em investigação.

A análise dos materiais empíricos permitiu um agrupamento de dados que configurou alguns focos de estudo do objeto de investigação (representações de estruturas submicroscópicas no ensino de CNT), apresentados e descritos no Quadro 01:

Focos de Análise	Descrição
1: Modelo e representação de estruturas submicroscópicas em LD.	Refere-se ao tratamento didático de ‘modelo’ como sendo um conteúdo do ensino de CNT, em LD de Biologia e Química do ensino médio, bem como ao modo como eles potencializam a mediação didática de conhecimentos escolares por meio de figuras relativas a representações de estruturas submicroscópicas.
2: Mediação de representações de estruturas submicroscópicas, nas interações investigadas.	Refere-se a abordagens, discussões e reflexões sobre limites e potencialidades conceituais de representações de estruturas submicroscópicas usadas no ensino, em especial, do conteúdo ‘enzima e catálise enzimática’.
3: Vigilância a obstáculos epistemológicos relacionados ao uso de representações de estruturas submicroscópicas no ensino de CNT.	Refere-se a manifestações dos sujeitos de pesquisa relativos à significação conceitual subjacente a representações de estruturas submicroscópicas, bem como a reflexões sobre a mobilização de saberes docentes considerados importantes ao ensino, frente a obstáculos à apropriação do conhecimento científico escolar, como o realismo e o verbalismo.

Quadro 01: Focos de Análise dos Materiais Empíricos

Cabe ressaltar que as abordagens e discussões relativas à melhoria do ensino de CNT são analisadas, neste trabalho, não com a pretensão de criar receitas, procedimentos ou metodologias sobre como ensinar conteúdos/conceitos que envolvem imagens relativas a representações de estruturas submicroscópicas, mas, sim, na perspectiva de apontar caminhos para a melhoria da formação docente e do ensino, na área. Afinal, entende-se que seja importante

compreender formas alternativas de tratamento e discussão de conteúdos de CNT que envolvem o uso de tais representações, como os analisados neste trabalho.

Este capítulo está estruturado em quatro itens, três referentes aos focos mencionados no Quadro 01 e um que apresenta considerações gerais, no âmbito deste capítulo.

4.1 A Noção de Modelo ou Representação em Livros Didáticos de Ciências da Natureza

Este item apresenta e analisa resultados de pesquisa relativos ao foco 1. Inicia com apresentação de resultados construídos a partir de análise de LD de Biologia e Química do ensino médio, quanto à presença de abordagens sobre modelo visto como conteúdo do ensino de CNT. Após, os resultados discutidos referem-se à análise de escritos que acompanham figuras relativas a representações de estruturas submicroscópicas, em LD de Biologia e Química do ensino médio, quanto à menção, ou não, de que as mesmas se tratam de um modelo ou representação. Busca-se compreender se as abordagens nos LD analisados são adequadas para potencializar melhorias no ensino de conteúdos de CNT que envolvem o uso de tais figuras (uma das questões desta pesquisa). Parte-se do pressuposto de que os próprios LD poderiam suscitar, potencialmente, questionamentos, discussões e reflexões sobre a complexidade dos objetos de estudo da área, articuladamente à mediação de conhecimentos relativos à noção de modelo e representação, na Ciência e no ensino de CNT.

Quanto a abordagens sobre modelo como conteúdo do ensino de CNT, a análise detalhada dos 4 LD que compõem a amostra permitiu a elaboração do Quadro 02, que segue:

	LD 1	LD 2	LD 3	LD 4
Abordagem sobre 'modelo' na Ciência e no ensino de CNT	Não Aborda	Não Aborda	Aborda	Aborda

Quadro 02: Abordagens nos LD sobre modelo como conteúdo do ensino de CNT

A análise dos LD, como pode ser observado no Quadro 02, indica que os mesmos diferenciam-se quanto a apresentarem, ou não, abordagens sobre modelo como um conteúdo do ensino de CNT. Nos dois LD de Química analisados (LD3 e LD4), percebeu-se a presença de abordagens sobre tal conteúdo logo no início dos mesmos. No entanto, o mesmo não aconteceu com os LD de Biologia (LD1 e LD2).

Com base no entendimento de que modelo é um conteúdo/conceito cuja compreensão é inerente aos processos de conhecimento nas Ciências e no ensino de CNT, defende-se que todos

os LD incluem tratamentos adequados sobre o mesmo, sendo preocupante o fato de que LD1 e LD2 não o contemplem. Contudo, os estudos em CNT nem sempre potencializam processos de discussão e significação conceitual de modelo, de forma explícita, seja em LD ou em espaços de ensino e de formação de professores, haja vista a constatação expressa no Quadro 02.

Segue uma breve análise qualitativa sobre as abordagens observadas nos LD.

No LD3, as abordagens sobre modelo iniciam com certa contextualização do seu conceito, ao colocar em destaque o questionamento: “será que um dia vamos enxergar moléculas de água?”. Logo a seguir, há o complemento: “os microscópios de maior poder de resolução conhecidos atualmente conseguem imagens de partículas de 10^{-6} cm, e uma molécula de água tem dimensão de 10^{-8} cm” (p. 28). No referido LD, consta uma importante abordagem sobre ‘escalas’, incluindo a Figura 01, que segue:

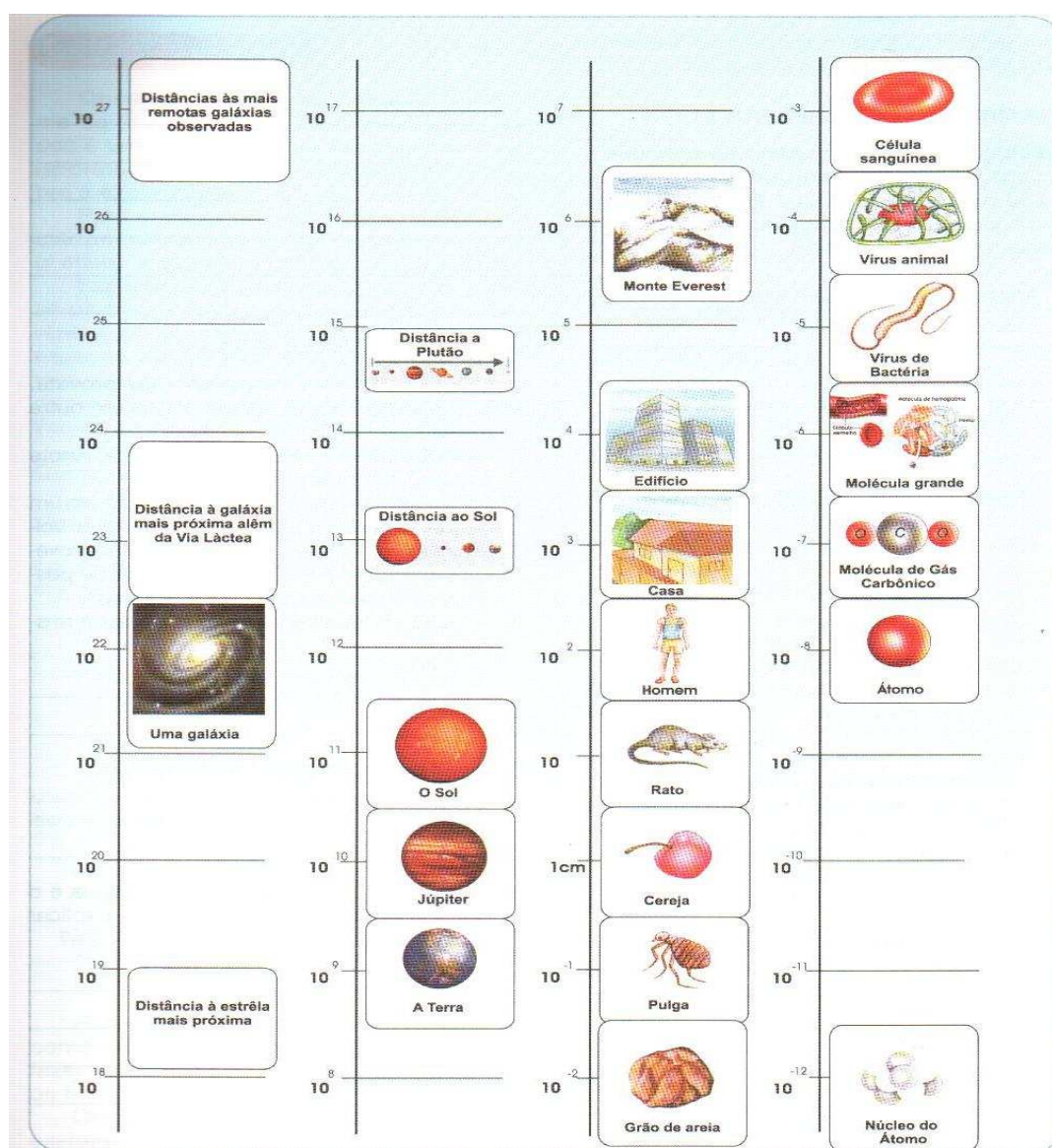


Fig 5 - Imagens e dimensões de “corpos” desde o núcleo de um átomo (10^{-12} cm) até o universo (10^{28} cm). (Adaptado de PAULING, Linus. *Química Geral*. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1965)

Figura 01: ‘Escala’ apresentada no LD3 (p. 29), adaptado de Pauling (1965).

A escala apresenta imagens e dimensões de “corpos” desde o núcleo do átomo (10^{-12} cm) até o macrocosmo (universo: 10^{28} cm). Posteriormente à Figura 01, pode-se dizer que a abordagem no LD suscita uma linha de reflexão sobre as partículas em nível atômico-molecular, ao discutir relações entre “fatos” (observáveis) e “modelos” (inobserváveis).

Observar que há uma concentração no volume de álcool e água, quando são misturados é um *fato*. Isso pode ser observado em laboratório, fazendo-se medidas precisas sobre a experiência. Para explicar essa contração de volume utilizamos *um modelo*: as substâncias álcool etílico e água são formadas de partículas. Explicamos o *fato* com *um modelo*: como as partículas de água e de álcool são diferentes, ao se misturarem, umas ocupam os espaços vazios entre as outras; portanto haverá contração do volume total, pois haverá diminuição dos espaços vazios entre as partículas de ambas as substâncias. O *fato* pertence ao mundo observável da Química.

O *modelo* pertence ao mundo inobservável da Química. Ambos se relacionam: um implica o outro. Fazer essas relações é pensar quimicamente.

Fatos \leftrightarrow Ideias

A palavra LABORATÓRIO é composta de duas partes que muito representam o modo de pensar na Química: LABOR significa trabalho; fazer relaciona-se aos fatos observados. ORATÓRIO significa local de se fazer reflexões, onde se criam e se desenvolvem as ideias (LD3, p. 31, grifos nossos).

Constata-se que nem sempre LD e, provavelmente, aulas de Biologia e Química do ensino médio e da universidade contemplam abordagens como essas. No entanto, entende-se que discussões sobre modelos são essenciais em aulas de Química e das outras disciplinas da área das CNT, tanto do nível médio quanto universitário, tendo em vista a sua relevância nos processos de construção de conhecimentos que integram a área, sendo importante considerar entendimentos, como os expressos por Bachelard, quanto a um *racionalismo aplicado*, uma dialética entre razão (ideias/modelos) e empiria (fatos). Ou seja, é importante considerar a complexidade dos conhecimentos científicos e das formas de representação dos mesmos nas abordagens em aulas de CNT.

Cientes das dificuldades e (in)compreensões que acompanham o ensino de conteúdos mediante representações de estruturas (partículas) de nível atômico, molecular e supramolecular, defende-se a inserção de discussões sobre ‘modelo’ como um conteúdo escolar, a começar pelos próprios LD. Não somente quando é inserido o seu conceito, como é expresso no LD3, mas em diversos momentos em que são usadas explicações de modelos teóricos, pelo uso, ou não, de figuras e imagens representativas de estruturas submicroscópicas, em aulas e/ou LD da área das CNT. Isso de modo a proporcionar processos de construção de conhecimentos escolares mais coerentes com as Ciências, contribuindo nas compreensões e ações cotidianas, de forma socialmente responsável.

No LD1, embora não tenha sido abordado o conceito modelo na Ciência e no ensino de CNT, logo no início do mesmo há o destaque de que as imagens presentes no referido LD vêm

acompanhadas de “símbolos” que, na legenda, indicam como as imagens foram obtidas e se elas correspondem a cores-fantasia. Segue a descrição do LD:

Símbolos utilizados nas legendas das imagens

 <p>Visualização a vista desarmada (a olho nu) – para objetos grandes, até o mínimo de 10 milímetros (10 mm) em sua maior dimensão.</p>	 <p>Imagem obtida ao microscópio eletrônico de transmissão, colorizada artificialmente – para objetos de 0,1 mm a 0,0001 mm.</p>
 <p>Imagem obtida com uso de lupa ou de microscópio estereoscópico – para objetos de 100 mm a 1 mm.</p>	 <p>Ícone utilizado em esquemas ou ilustrações cujas cores não correspondem exatamente às cores reais dos objetos representados, devido à sua finalidade didática.</p>
 <p>Imagem obtida ao microscópio de luz, cor natural do material – para objetos de 10 mm a 0,01 mm.</p>	<p>As figuras estão representadas em diferentes escalas.</p> <p>Este comentário será encontrado em esquemas que apresentam diferentes organismos ou estruturas, sem utilizar a mesma escala. Por exemplo: considere uma fotomontagem com um cachorro e um carrapato. Se os dois animais fossem colocados na mesma escala, seria difícil a visualização do carrapato. Assim, o cachorro estará representado em uma determinada escala, reduzida em relação ao tamanho natural, e o carrapato estará representado em outra escala, ampliada em relação ao seu tamanho natural. Sempre que possível, são fornecidas as dimensões dos organismos ou estruturas no texto ou nas legendas.</p>
 <p>Imagem obtida ao microscópio de luz, material tratado com corantes – para objetos de 10 mm a 0,01 mm.</p>	
 <p>Imagem obtida ao microscópio eletrônico de varredura – para objetos de 10 mm a 0,0001mm.</p>	
 <p>Imagem obtida ao microscópio eletrônico de varredura, colorizada artificialmente – para objetos de 10 mm a 0,0001 mm.</p>	
 <p>Imagem obtida ao microscópio eletrônico de transmissão – para objetos de 0,1 mm a 0,0001mm.</p>	

Figura 02: Símbolos utilizados nas legendas das imagens do LD1.

Ao pensar no processo de mediação necessário de ser desenvolvido pelo professor nas aulas de CNT, entende-se que legendas como as mencionadas na Figura 02 podem desempenhar funções importantes para uma compreensão adequada dos conhecimentos expressos nas imagens, por parte dos estudantes, de forma mais coerente com as Ciências. A legenda ajuda na compreensão de como foram obtidas as imagens/figuras dos LD, evitando o risco de uma relação de correspondência direta entre a imagem e o objeto por ela representado, seja um objeto teórico ou empírico. Assim, o professor pode destacar informações e legendas, tornando-se uma importante ferramenta aos processos de mediação didática de conceitos e conteúdos, que incluem processos de apropriação e (re)construção de signos e significados por parte dos estudantes, a exemplo das ‘entidades químicas’ que são representadas nas estruturas submicroscópicas. Com tais legendas, os próprios estudantes são alertados quanto a isso, pelo próprio LD.

Cabe mencionar que, nos últimos anos, tem sido exigência, no âmbito do mercado editorial, que, nas diferentes *linguagens visuais* (figuras e mapas, por exemplo), constem as devidas informações. Segundo o PCNLEM de Biologia e Química, há exigências como:

[...] [de] que as ilustrações de caráter científico indiquem a proporção dos objetos ou seres representados; que haja explicitação do uso de cores-fantasia, quando utilizadas; que os mapas tragam legenda dentro das convenções cartográficas, indiquem orientação e escala e apresentem limites definidos (BRASIL, 2008, p. 14; BRASIL, 2007, p. 16).

A legenda apresentada na Figura 02 favorece discussões relativas a escalas, permitindo conhecimentos fundamentais à compreensão sobre as dimensões dos objetos representados nas figuras integrantes do livro. “Escala” é um dos conceitos unificadores, apontados por Angotti (1991), que poderia potencializar o ensino das CNT. As escalas podem permitir contextualizar e problematizar os conteúdos do ensino, proporcionando processos mais adequados de (re)significação conceitual. Afinal, as representações de estruturas submicroscópicas não podem ser percebidas diretamente pelos sentidos, diferentemente de outras imagens que podem ser obtidas por fotografias ou imagens aumentadas de microscópios. No entanto, considera-se fundamental que professores e estudantes consigam fazer a diferenciação entre fotografias, micrografias e modelos, que nem sempre são adequadamente compreendidos e significados.

Para tais compreensões, a escala que indica uma dimensão aproximada de diversos “corpos” (Figura 01) poderia potencializar a aprendizagem dos estudantes, compreendendo inclusive que muitas das representações de aulas e LD de CNT referem-se a criações humanas que ultrapassam o visual (percebido pelos sentidos) e demandam, diversas vezes, que os estudantes se utilizem do imaginário (de modelos mentais), ou seja, das funções psicológicas superiores (pensamentos abstratos) para a compreensão de fenômenos que estão em estudo em sala de aula. De modo análogo, símbolos referidos na legenda (Figura 02) permitem que professores e estudantes tenham novas ferramentas e possibilidades de significação conceitual quanto a fenômenos, situações vivenciais, conteúdos e conceitos que se utilizam de algum tipo de linguagem visual, nas aulas de CNT.

Defende-se a importância de abordagens e discussões sobre representações de estruturas submicroscópicas no ensino e na formação de professores de CNT. Afinal, LD veiculam modelos (ideias, teorias) que permitem explicações de fatos/fenômenos, algumas delas permeadas por diversas representações parciais de algum modelo teórico. Modelos (inobserváveis) permitem a explicação de fatos e fenômenos de uma realidade (observável), mas eles não correspondem, de forma direta, à realidade! Trata-se apenas de um modelo construído à luz das Ciências. Dessa forma, no ensino de CNT é importante que seja significada a teoria, ou seja, o modelo teórico, permitindo a compreensão de que tal modelo se constitui num sistema conceitual complexo, ou seja, um emaranhado de relações conceituais que se interpenetram. É importante que o professor proporcione mediações sobre linguagens visuais (imagens e figuras) de modelos teóricos, utilizando-se de palavras adequadas nas explicações conceituais sobre o que

está representado. No entanto, isso demanda compreensões sobre limites e potencialidades conceituais expressos em representações de estruturas submicroscópicas que permeiam aulas e LD da área das CNT.

Assim, quanto à presença de abordagens sobre modelo como conteúdo do ensino de CNT, a análise da amostra de LD permite concluir que alguns livros apresentam explicações mais amplas sobre a importância e o uso de modelos na Ciência e no ensino de CNT, mas outros não. Compreender o significado da palavra ‘modelo’ na área de CNT implica possibilitar discussões sobre a complexidade de representações de estruturas submicroscópicas, sendo importante a atenção à contextualização dos conteúdos/conceitos no ensino, bem como ao uso de escalas envolvidas na compreensão das representações, em detrimento do risco a visões simplistas sobre o que está expresso nos LD ou é explicado em salas de aula.

No que se refere ao segundo tópico deste item, são apresentados e analisados, a seguir, resultados de pesquisa referentes a escritos que acompanham figuras relativas a representações de estruturas submicroscópicas. Observou-se se há menção, ou não, de que as mesmas se referem a modelo ou representação. A expressão “escritos que acompanham figuras” refere-se a legendas de figuras ou a escritos presentes em textos situados próximos a elas, nos livros analisados.

Foram observadas e contadas, no LD como um todo, figuras relativas a representações de estruturas submicroscópicas. Assim, as mesmas foram analisadas quanto à presença, ou não, de alguma menção explícita de que se trata de modelo ou representação da estrutura submicroscópica. Na contagem de tais figuras, foram considerados os seguintes critérios:

- quando apenas expressões como “estrutura de” acompanhavam as figuras nos LD analisados, as mesmas foram inseridas no item “**não consta**”, por se considerar que não direcionam o pensamento para a ideia de “modelo” ou “representação”;
- figuras em que havia menção apenas a palavras/fórmulas (H_2O , CO_2 , $C_6H_{12}O$, ATP, NAD, ácido pirúvico, metano e etc.) ou equações químicas ($A + B \rightarrow C + D$) não foram consideradas durante a contagem, embora elas também representem, ou se refiram a substâncias/moléculas e/ou reações químicas;
- não foram consideradas na contagem as figuras não relativas a estruturas submicroscópicas, a exemplo da representação de uma célula ou de uma mitocôndria; e
- quando uma mesma “figura” ou “quadro” apresentava mais de uma imagem representativa, ela foi contada apenas uma vez, ou seja, a contagem considerou a figura mencionada como tal (no livro analisado). Ou seja, ainda que, por vezes, uma mesma figura ou quadro pudesse representar

mais de uma estrutura submicroscópica, ela foi considerada no seu conjunto, como uma única figura.

A análise dos LD permitiu a construção do Quadro 03, que segue:

	LD 1	LD 2	LD 3	LD 4
Número de Figuras nas quais constam a palavra “modelo” ou “representação” em escritas que a acompanham.	31	15	18	123
Número de Figuras nas quais não constam a palavra “modelo” ou “representação” em escritas que a acompanham.	06	55	18	233
Total de Figuras com representações de estruturas submicroscópicas	37	70	36	356

Quadro 03: Menção a modelo ou representação em Figuras relativas a estruturas submicroscópicas

A análise permite inferir que os LD analisados, em alguns momentos, não mencionam a palavra “modelo” ou “representação” em escritos que acompanham figuras que representam estruturas submicroscópicas.

Seguem alguns exemplos de figuras em que **consta** que se trata de um “modelo” ou uma “representação”, em escritos que as acompanham (em legendas ou em textos explicativos próximos a elas).

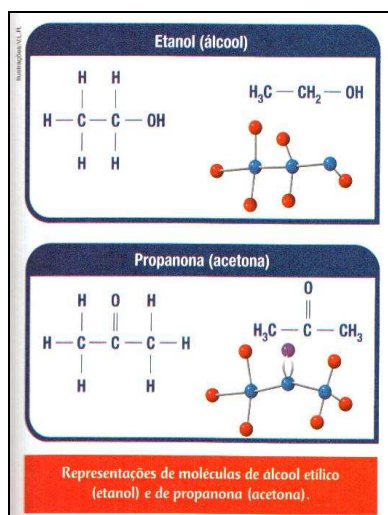


Figura 03: LD4, p. 227.

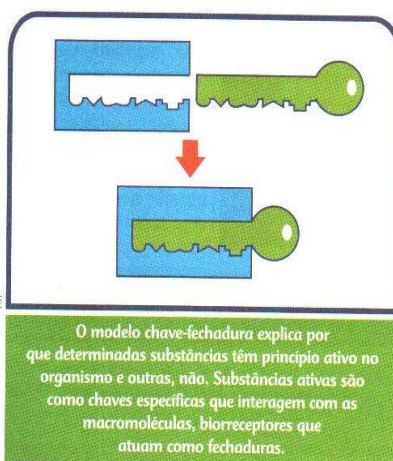


Figura 04: LD4, p. 552.

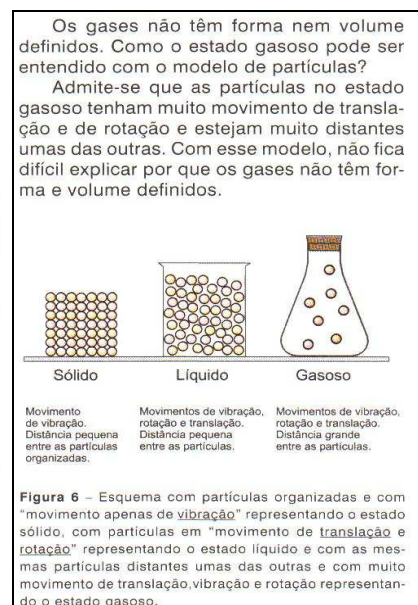


Figura 05: LD3, p. 32.

Seguem alguns exemplos de figuras em que **não se menciona** (de forma explícita, em legendas ou em textos explicativos próximos a elas) que as mesmas correspondem a um “modelo” ou uma “representação”:

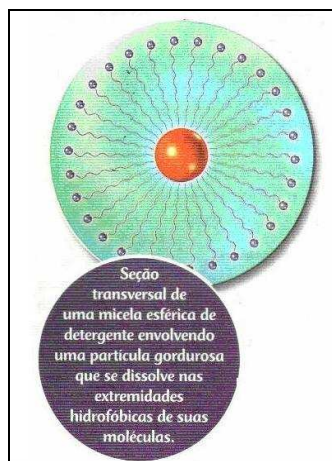


Figura 06: LD4, p. 286.

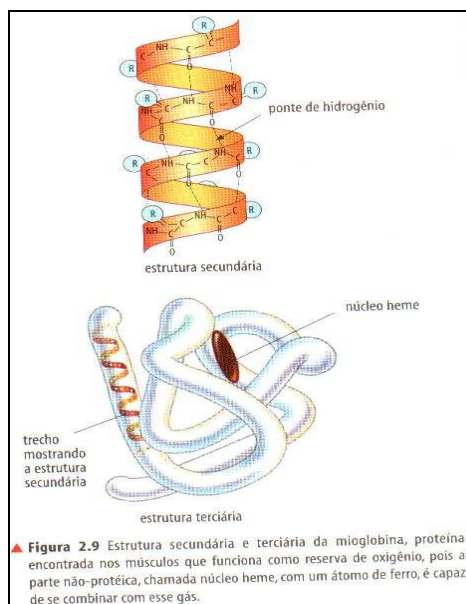


Figura 07: LD2, p. 28.

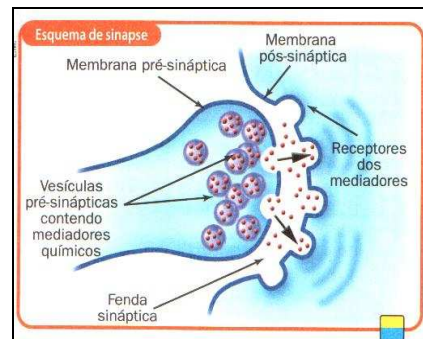


Figura 08: LD1, p. 213.

A análise dos LD, observados em seu todo, permitiu constatar que todos eles apresentam imagens relativas a representações de estruturas submicroscópicas, com variações no número de figuras e na presença, ou não, de alguma menção de que se trata de um modelo ou uma representação.

Diversas explicações de conteúdos/conceitos de CNT, a exemplo de ligação química, soluções, estados físicos da matéria, tensão superficial, reações químicas, equilíbrio químico, osmose, membranas celulares, ácidos nucleicos e tantos outros são permeados de representações de estruturas submicroscópicas, sistematicamente, ao longo dos LD, o que remete para a urgência de reflexões sobre como trabalhar com as mesmas em aulas de CNT.

As figuras analisadas representam, de uma forma ou outra (por meio de bolas, traços...), átomos, moléculas, ligações químicas, interações intermoleculares ou outras ‘entidades químicas’, como as estruturas *supramoleculares*, que, segundo Lehn e Ball (2004, p. 242), formam um conjunto de moléculas/substâncias em um agregado “organizado”, ficando “unidas” por meio de interações intermoleculares, a exemplo da estrutura supramolecular envolvida na compreensão da ação limpante dos detergentes, explicada pela representação do modelo da micela (Figura 06).

Salienta-se que, embora a Figura 04 represente uma chave e fechadura, ela foi considerada como representação de estrutura submicroscópica, pelo fato de que a mesma remete para uma certa ideia do complexo enzima-substrato. Cabe indagar: em interação? Qual interação? Discussões mais pontuais sobre limites e potencialidades de representações que acompanham explicações de conteúdos como ‘enzimas’, suscitadas nas interações investigadas, são apresentadas no próximo item (4.2).

Nesta pesquisa, defende-se que LD e professores, em aulas de CNT, façam menção, ao usarem figuras ou imagens, de que as mesmas se referem a um modelo ou a uma representação de alguma ‘entidade’ submicroscópica. Ou seja, que expressem a visão de que a ‘entidade’ não corresponde (em relação direta) àquela imagem, mas, sim, a uma representação parcial de um modelo teórico. Compreende-se que a apropriação de tais ideias seja indispensável para a promoção de processos adequados de significação conceitual, coerente com as Ciências. Portanto, não podem deixar de serem retomadas, sistematicamente, ao longo do processo de ensino de CNT.

Resultados apresentados e discutidos, neste trabalho, vão além da intenção de quantificar figuras representativas de estruturas submicroscópicas nos LD que trazem, ou não, alguma menção a “modelo” ou “representação”. Para além da crítica, importa discutir formas de uso de materiais de apoio no ensino de CNT, a começar pelos LD, tão importantes aos planejamentos e práticas docentes sobre representações que já constituem o currículo escolar. Ou seja, tais representações não são algo que se acrescente ao ensino. Busca-se compreender limitações e possibilidades dos recursos didáticos, de forma articulada a discussões sobre suas implicações no ensino que, por hipótese, potencializam a melhoria do ensino e da formação docente, na área.

Defende-se, neste trabalho, que, no ensino e na formação de professores de CNT, sejam problematizados e ressignificados saberes docentes relativos aos modelos teóricos e ao uso de representações parciais, que se referem a um respectivo modelo teórico. Compreende-se serem fundamentais tais discussões, não somente em momentos estanques, a exemplo de quando o conteúdo modelo é tratado separadamente dos outros conteúdos/conceitos do ensino. Em inúmeros contextos e momentos são usadas explicações escritas, imagens e representações de estruturas submicroscópicas. No entanto, nem sempre se discute a noção de modelo e representação, sendo importante ressaltar que se trata de tentativas de explicação/representação, nunca numa relação de correspondência direta com alguma realidade, tal como sugere a própria palavra modelo.

Um modelo pode ser definido como uma representação de um objeto, evento, processo ou ideia, que é produzida com propósitos específicos como, por exemplo, facilitar a visualização; fundamentar elaboração e teste de novas ideias; e possibilitar a elaboração de explicações e previsões sobre comportamentos e propriedades do sistema modelado (GILBERT; BOULTER, 1995 *apud* FERREIRA; JUSTI 2008, p. 32).

Também, defende-se a necessidade da mobilização de saberes docentes necessários às explicações teórico-conceituais das ‘entidades químicas’ representadas nas figuras relativas a estruturas submicroscópicas, explicações que demandam compreensão em nível atômico-

molecular, para que, então, se possa ter acesso, de fato, aos modelos que ajudam na explicação de situações vivenciais, como respiração e alimentação.

Neste item, os resultados apresentados foram construídos a partir da análise de LD, ou seja, não foram apresentados resultados referentes a manifestações por parte dos sujeitos de pesquisa. Nos itens subseqüentes, serão apresentados e analisados episódios nos quais os sujeitos de pesquisa expressam percepções sobre abordagens de representações de estruturas submicroscópicas do ensino de CNT, aliados a uma análise crítica do modo como representações do conteúdo ‘enzima e catálise enzimática’ é abordada nos LD do ensino médio, o que possibilita adentrar na segunda questão de pesquisa desta investigação.

4.2 Mediação de Estruturas Submicroscópicas no Ensino com Foco em ‘Enzimas’

Este item apresenta e discute resultados registrados, nos módulos e nas reuniões, quanto à importância dada pelos sujeitos a abordagens sobre o conteúdo modelo e a explicações sobre o que está sendo representado em imagens relativas a estruturas submicroscópicas que permeiam LD e aulas de CNT. Portanto, envolve resultados que articulam os focos de análise 1 e 2 (apresentados no Quadro 01), estabelecendo relações entre análise das interações (módulos e reuniões) e de figuras de LD ou imagens que as subsidiaram. A atenção é direcionada para os limites e as potencialidades importantes a serem considerados no processo de mediação didática de representações de estruturas submicroscópicas relativas aos modelos teóricos de ‘enzima e catálise enzimática’ (foco das discussões desenvolvidas nos módulos de interação), o que pode vir a possibilitar avanços quanto à significação conceitual de conteúdos (modelos teóricos) cujas abordagens se utilizam de tais representações no ensino de CNT.

Resultados da análise de LD do ensino médio, quanto à apresentação de imagens relativas a representações de estruturas submicroscópicas, em especial na abordagem do conteúdo enzimas e catálise enzimática (discutido nos módulos), de alguma forma, se relacionam com a abordagem de tal conteúdo em LD e aulas (de Bioquímica) do ensino superior. A discussão sobre as figuras, para além de permitir reflexões sobre o modo problemático como elas representam os conhecimentos teóricos sobre ‘enzimas’, subsidia e retroalimenta o planejamento e o desenvolvimento dos módulos. Tais compreensões auxiliavam com intervenções, questionamentos, reflexões e discussões, como será descrito e discutido adiante, na análise dos materiais empíricos produzidos nesta pesquisa.

Para uma melhor contextualização dos resultados apresentados a seguir, cabe situar que, durante os módulos analisados (8, 9 e 10), diversas abordagens e explicações alertavam para a visão da complexidade conceitual envolvida na compreensão de estruturas supramoleculares, a exemplo de entendimentos sobre o mecanismo de ação das enzimas. Nos módulos, durante explicações de conteúdos/conceitos, eram propiciadas discussões, reflexões e questionamentos, por parte dos sujeitos, sobre a importância do uso, ou não, de certas imagens ou representações de estruturas submicroscópicas, no ensino e na aprendizagem de CNT. Ressaltou-se diversas vezes, durante as interlocuções dos sujeitos, a essencialidade do papel mediador do professor, no sentido de explicitar discussões sobre as representações dos modelos teóricos, articuladamente às abordagens com o uso de formas de representação de estruturas submicroscópicas. Neste item, os resultados de pesquisa referem-se a narrativas e recortes de fala dos sujeitos que exemplificam as interlocuções.

Cabe esclarecer que, no *módulo 9*, o sujeito de pesquisa, identificado como MPU, sendo mestrando, atuou na condição/função de professor do CC (estagiário da pós-graduação), por estar cursando, no mesmo semestre, a disciplina de *Estágio de Docência na Graduação*. Havia planejado a aula juntamente com a professora do CC de *Bioquímica I*, a qual também estava presente e coparticipava nas abordagens e discussões. No turno de fala 27, MPU, ao explicar sobre a digestão e o mecanismo de ação de uma das enzimas, ressalta a necessidade do uso de modelos para a mediação de conhecimentos relativos ao assunto/conteúdo.

27: MPU: [...] então, as explicações envolvem modelos. Como os “vemos”? O que é um modelo? ((breve silêncio)) No laboratório, vocês podem visualizar a atividade da saliva em contato com o amido, mediante a mudança de cor, acrescentando reagentes, né? Isso é um fato observável, mas para explicar a ação da saliva, utilizam-se modelos. A enzima, a amilase salivar e o amido são substâncias formadas de moléculas. A enzima, amilase salivar, ela tem uma estrutura de várias ligações de aminoácidos que formam a enzima em si, que então atua para essa degradação do amido. Explicamos o fato, mediante um modelo, a enzima transforma o amido em um açúcar redutor, vocês viram isso lá no experimento ((realizado na aula de *Bioquímica*)). Fatos observáveis, a mudança de cor, são explicados por ideias, através de modelos, que são inobserváveis, são criados. Ambos se relacionam, um implica o outro, fazer essas relações é pensar quimicamente. Isso foi adaptado de um livro do ensino médio [...].

MPU enfatizava a importância dos modelos teoricamente criados para explicações de fatos observáveis. É perceptível a intencionalidade de, ao explicar o conteúdo, suscitar reflexões sobre o uso de representações dos modelos teóricos propostos pela Ciência. Considera-se importante a menção de MPU a um LD de Química (LD3, p. 3), bem como às atividades que estudantes já haviam feito em aulas anteriores ao módulo, como era o caso da amilase salivar¹³. Discussões sobre modelos, como no turno acima, nem sempre são realizadas em cursos de

¹³ Enzima presente na saliva, que transforma o amido em açúcar.

formação de professores e em aulas do ensino médio, o que pode possibilitar concepções epistemológicas inadequadas quanto a compreensões de conceitos e conteúdos da área das CNT.

No turno acima, apesar do avanço na ideia de modelo, MPU poderia ter expresso uma forma mais afastada do risco a uma concepção realista, evitando dizer: “*vocês viram isso lá no experimento*”, referindo-se ao modelo explicativo da atuação da enzima, que transforma o amido em açúcar redutor. Isso remete ao cuidado pedagógico e epistemológico, importante de ser considerado na mediação de linguagens em sala de aula, evitando expressões que levem o pensamento ao obstáculo do realismo, visto que os estudantes, pela expressão de MPU, poderiam compreender as representações da enzima, do amido e açúcar redutor como uma realidade e não uma representação de um modelo, como o próprio MPU deixa claro ao dizer, logo em seguida, que tais modelos são “*inobserváveis*” ou “*criados*”.

Considera-se importante que ideias como as expressas no referido turno sejam retomadas e aprofundadas em sala de aula, visto que tais elaborações conceituais demandam processos constantes de mediação, para que, de fato, sejam apropriadas pelos estudantes. Isso na perspectiva de que os estudantes comecem a entender que modelos e representações devam ser vistas como tal, não como o real, o fato ou o observável.

Muitas vezes, nas Ciências e no ensino de CNT, necessita-se de explicações que vão além da linguagem escrita e/ou verbal, demandando o uso da linguagem imagética, do visual, como instrumento didático-pedagógico, a exemplo dos modelos teóricos que representam as partículas ou ‘entidades químicas’ (SANGIOGO; ZANON, 2009b). Nesse sentido, palavras como “modelo” ou “representação” tornam-se importantes de serem usadas e significadas em aulas e LD de CNT. No entanto, o uso da palavra não é suficiente para a compreensão das ideias ou teorias representadas por uma ou outra figura elaborada com base em conceitos historicamente aceitos na comunidade científica. Há necessidade, em algum momento, da mediação didática da palavra “modelo” e “representação” e, nesse sentido, discussões como as expressas no episódio anterior são importantes.

Na reunião realizada com três licenciandos, após eles terem participado do *módulo 9*, discutia-se sobre a relevância das representações nas Ciências e da mediação sobre elas no ensino e na formação para o ensino de CNT. O recorte abaixo exemplifica tal interlocução.

53: M1: Vocês consideram importante discutir as figuras de modelos de estruturas submicroscópicas que permeiam livros didáticos, em aulas do ensino médio e da universidade? Tipo, discutir o que tá... Porque tá representado lá daquele jeito, e tá assim, lá naquele outro?

54: L1: Eu acho importante [...].

55: L2: [...] dificilmente tu vai conseguir tirar os modelos do ensino médio, tu não tem como muitas vezes tu dar uma aula sem o modelo, mas tem que sempre cuidar pra que esse modelo seja interpretado corretamente.

56: L1: Porque imagina o que seria da Química, eu fico pensando, sem um modelo, porque um aluno me disse assim, “ai profe, como a Química a gente tem que imaginar, por isso que Química é difícil, a gente tem que imaginar tudo, eu queria ver um átomo”, “ah, átomo não da pra ver”, “ah tá e como sabe que é assim?”. Entende? Então é por ai, “o átomo é uma bolinha assim profe?” “Eu não sei, eu não vi”. “Sim. Então como a senhora sabe que é assim?”.

57: M1: É uma criação humana.

58: L1: É uma criação.

59: L2: E eles discutem, eles perguntam isso, quando tu vai pro estágio, na primeira pergunta, eles querem saber onde que tá.

60: M1: Eu fiz essa pergunta, porque no meu ensino médio, nenhum professor questionou “ah, por que nesse modelo vocês têm isso, têm aquilo?”, é sempre dado textos, questões, respondia, eu nunca sequer me deparei, fiquei olhando, ah, nesse modelo tá representando lá a interação, coisa e tal. Isso não é discutido!

Há indícios, no episódio acima, de que os sujeitos de pesquisa estavam preocupados com a interpretação de imagens relativas a representações de modelos. No turno 60, M1 relembra que no seu ensino médio não foram desencadeados processos de mediação em relação às figuras dos LD e, no turno 57, L1 fala de seu estágio, apontando dificuldades dos estudantes ao se depararem com representações, como a do átomo. Discussões acenam, também, para a compreensão de que, no ensino de Química, explicações conceituais são derivadas de “*criações humanas*”, produzidas em contextos culturais específicos e, portanto, demanda que acadêmicos e estudantes do ensino médio compreendam os modelos teóricos como tal.

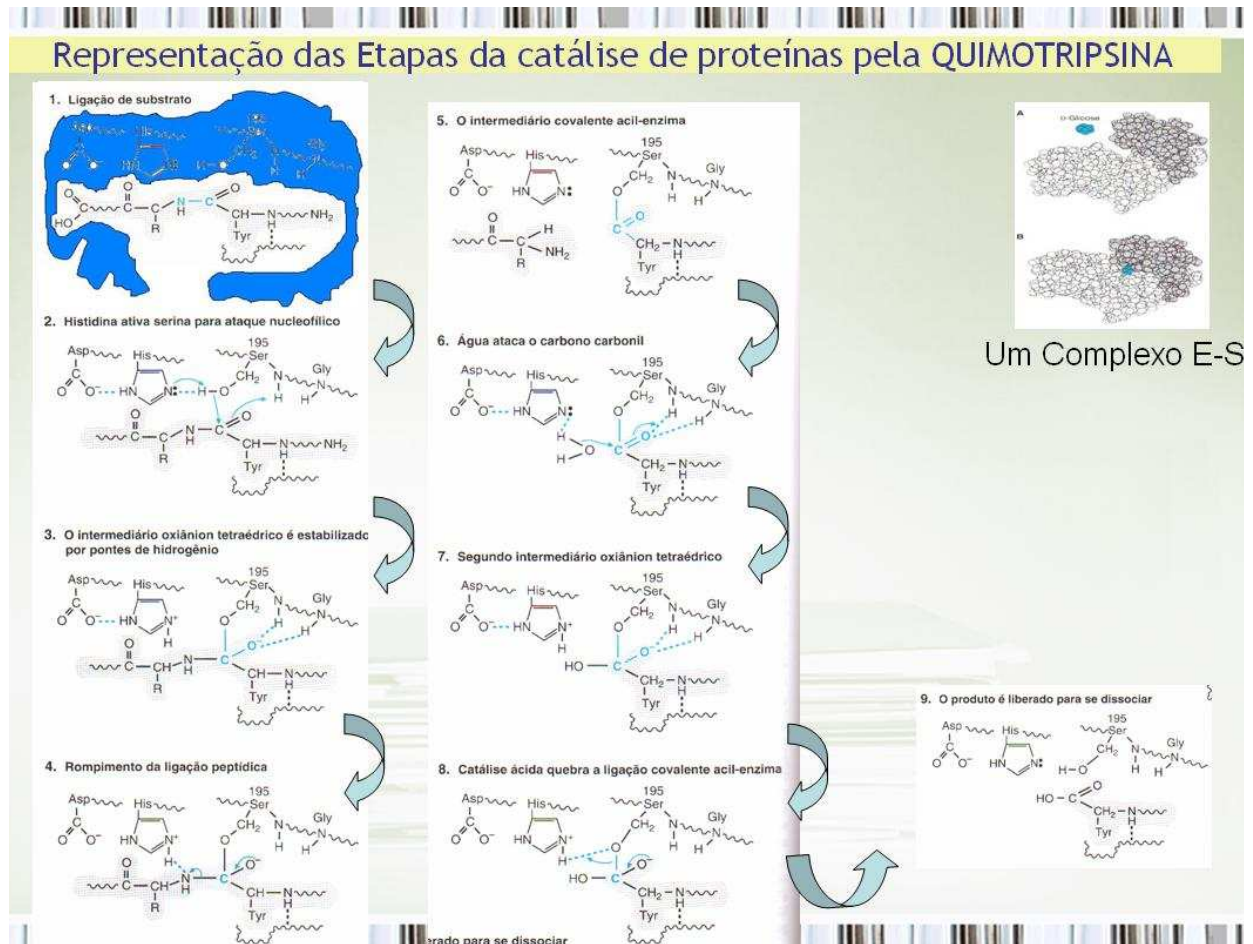
Corroborar-se o entendimento expresso por Oliveira *et al.* de que os modelos sejam “utilizados como recursos aproximativos e não como realidades. Como instrumentos de explicação e previsão produzidos com a intenção de uma melhor compreensão dos problemas educativos enfrentados” (2003, p. 10). Nesse sentido, imagens relativas a representações de estruturas submicroscópicas têm finalidade didática importante, no sentido de ajudarem os estudantes a imaginar fatos e fenômenos em nível submicroscópico, ou seja, de estruturas atômicas, moleculares ou supramoleculares. É importante que estudantes compreendam, em aulas de CNT, que os microscópios não conseguem capturar imagens como as representadas nos LD. Tais modelos são representações do real, foram criados pelo uso da razão, para a compreensão e interpretação de fenômenos que ocorrem em nível atômico-molecular.

Vigotski afirma que todos os elementos culturais são produtos da imaginação; nesse sentido, toda criação feita pela ‘mão’ humana carrega a historicidade das relações sociais incorporada em cada palavra, conceito, instrumento etc. A produção de conhecimentos pode ser entendida como trabalho intelectual dependente e, ao mesmo tempo, resultante dos elementos culturais transmitidos e transformados ao longo da história humana. Os conhecimentos são, dessa forma, resultados não (apenas?) de um processo de rupturas com a realidade, como afirma Bachelard, mas sim, de uma complexa/imbricada/entretrecida relação com esta. Vigotski pesquisa as condições pelas

quais estas relações são construídas e identifica, nos recursos culturais humanos, a sustentação para seus argumentos. Em seus estudos sobre o desenvolvimento cultural, aponta o caráter da mediação social como sendo o meio/modo de nossa relação. Assim, toda relação é construída em termos de um processo interativo entre sujeitos e o mundo por meio de instrumentos culturais, meios artificiais que são criados e, ao mesmo tempo, criam as condições dessas interações (ANDRADE; SMOLKA, 2009, p. 259).

Nos módulos, foram apresentados *slides* contendo uma variedade de figuras relativas a representações de estruturas submicroscópicas, a maior parte delas presentes em LD do ensino médio e universitário. Nos *módulos 9 e 10*, após a caracterização das enzimas (o que inclui a sua composição química), foi apresentada uma animação (CD-ROM) representando o mecanismo de ação da enzima quimotripsina, que acompanha um dos livros usados no ensino superior (LD6).

Articuladamente aos questionamentos sobre representações e sua importância no ensino do conteúdo, nos *módulo 9 e 10* discutiu-se a figura a seguir que foi editada com base num livro de Bioquímica do ensino superior (LD5, p. 122) e apresentada em *slide*. A Figura a seguir representa as etapas da catálise enzimática, que envolve ruptura de uma ligação covalente carbono-nitrogênio (C-N) de proteínas na digestão.



Na explicação do mecanismo de ação da quimotripsina (enzima da digestão), representada numa sequência de nove etapas, havia ênfase na compreensão (nos módulos de

interação) das diversas interações químicas envolvidas na ação catalítica, que torna possível (teoricamente) o rompimento da ligação covalente (C-N) de proteínas. Também, ressaltava-se que a interação entre enzima e substrato se dá por diversas interações químicas e não em um simples encaixe físico, como é expresso em representações de LD do ensino médio. A representação das etapas do mecanismo de atuação da quimotripsina evidencia, através de um modelo teórico parcial, uma explicação detalhada do processo catalítico, ou seja, das interações intra e intermoleculares entre enzima e substrato.

Após a explicação do *slide* acima, apresentou-se a animação, que possibilitava uma visão dinâmica e mais coerente do modelo do processo (do mecanismo) catalítico representado. Algumas imagens “capturadas” da animação constam abaixo, na sequência em que ela rodava:

The image displays a sequence of seven slides from an animation detailing the catalytic mechanism of chymotrypsin. Each slide includes a 3D molecular model, a descriptive text box, and a reaction coordinate diagram.

- Slide 1:** Shows the substrate protein (red) binding to the enzyme (blue). Text: "substrate protein to be 'digested'".
- Slide 2:** Titled "Catalytic Mechanism of Serine Proteases". Text: "Serine proteases catalyze the cleavage of peptide bonds in proteins." The reaction coordinate diagram shows a single energy barrier.
- Slide 3:** Titled "Catalytic Mechanism of Serine Proteases". Text: "Serine proteases catalyze the cleavage of peptide bonds in proteins." The reaction coordinate diagram shows a single energy barrier.
- Slide 4:** Shows the formation of a tetrahedral intermediate. Key residues Ser 195, His 57, Gly 193, and Asp 102 are labeled. A pink arrow indicates the bond to be broken. Text: "Serine proteases catalyze the cleavage of peptide bonds in proteins." The reaction coordinate diagram shows two energy barriers.
- Slide 5:** Titled "Step 2: The acyl-enzyme". Text: "The tetrahedral intermediate decomposes to an acyl-enzyme intermediate." Text: "The peptide bond is broken, and the N-terminal portion of the substrate diffuses away." Text: "The remaining substrate is temporarily covalently linked to the enzyme." The reaction coordinate diagram shows two energy barriers.
- Slide 6:** Titled "Step 2: The acyl-enzyme". Text: "The tetrahedral intermediate decomposes to an acyl-enzyme intermediate." Text: "The peptide bond is broken, and the N-terminal portion of the substrate diffuses away." Text: "The remaining substrate is temporarily covalently linked to the enzyme." The reaction coordinate diagram shows two energy barriers.
- Slide 7:** Titled "Step 3: Attack by water". Text: "A water molecule enters and attacks the ester bond linking the substrate and enzyme." Text: "A tetrahedral intermediate forms again as one of the water's hydrogens is passed to His 57." The reaction coordinate diagram shows two energy barriers.
- Slide 8:** Titled "Step 4: Hydrolysis". Text: "The tetrahedral intermediate decomposes to free the substrate." Text: "Ser 195 recovers its hydrogen from His 57." Text: "The C-terminal portion of the substrate diffuses out of the active site and the enzyme is restored to its initial state." The reaction coordinate diagram shows two energy barriers.

Ao mesmo tempo em que as imagens eram apresentadas, explicava-se o modo de atuação das enzimas, evidenciando as interações covalentes e intermoleculares envolvidas em cada uma das várias etapas da atuação da quimotripsina (CD Rom, LD6). Tais imagens foram apresentadas e discutidas de modo que os sujeitos participantes pudessem compreender e discutir obstáculos e limitações conceituais associadas a figuras e imagens presentes em LD de Biologia e Química do ensino médio.

Assim como na representação anterior (do LD5), a animação permite aos estudantes irem além da percepção de um mero encaixe físico entre enzima e substrato. Além disso, lhes possibilita romperem com visões estáticas de imagens relativas às representações de LD, em detrimento da ideia de movimento dos átomos e moléculas, da sua estrutura tridimensional e sequência de diversas etapas que evidenciam as interações químicas (intra e intermoleculares) presentes na animação. Nesse sentido, compreende-se que a animação qualifica a significação do modelo teórico da atuação das enzimas, em especial, da quimotripsina.

No entanto, Moreira e Borges (2007, p. 31, com base em LOWE, 2003) alertam para o fato de que as animações nem sempre contribuem para o processo de ensino e aprendizagem, podendo “resultar em uma sobrecarga cognitiva para o aprendiz”, que pode encontrar dificuldade na compreensão do modelo teórico em estudo. Nesse sentido, torna-se fundamental que o professor medeie informações ou aspectos conceituais importantes que estão sendo representados na mesma. Tal compreensão também se refere às figuras de LD ou aulas de CNT; afinal, “os alunos não se valem de toda informação apresentada nas ilustrações. Lewalter argumenta que figuras estáticas e animações não são mediações simples. Elas confrontam os estudantes com problemas específicos de interpretação” (MOREIRA; BORGES, 2007, p. 32). Isso remete à compreensão da importância do uso de diversificadas representações explicativas dos modelos teóricos, a começar por representações mais simples, que representem um menor número de variáveis/informações a serem interpretadas. No entanto, o modelo teórico, para ser melhor compreendido, demanda, também, representações mais complexas, com um maior número de variáveis/informações, a exemplo das imagens da animação recém referidas, ou da Figura do LD5, que representa as diversas etapas da catálise enzimática (página 82 deste trabalho).

Segue um episódio, expresso no módulo 10, em que as interlocuções remetiam para a possibilidade, ou não, do uso de animações (LD6) ou de figuras relativas a representações como as da catálise de proteínas pela quimotripsina (LD5), apresentadas anteriormente.

428: PEMB: [...] eu sou da seguinte opinião, que estes modelos, eles têm que vir pra nos ajudar. Agora, o que vai fazer com que meu aluno entenda mais ou menos, é o tipo da mediação, de interação que eu vou estabelecer com ele, a partir do modelo. Porque eu não

posso achar que eu vou “botar” a figurinha pra rodar, que eu vou pôr..., [...] vou deixar a animação “correndo”, e que meu aluno vai entender.

429: PU: Por conta, né?

430: PEMB: Isso.

[...]

434: PEMB: Eu acho que se eu conseguir entender ela, porque em primeiro lugar, eu tenho que sentar e estudar ela, daí eu consigo fazer a mediação. Eu não sei se a PEMQ concorda, mas eu...

435: PEMQ: Plenamente.

A expressão “*estes modelos, eles têm que vir pra nos ajudar*”, aliada às interlocuções que levam em conta a complexidade conceitual representada nas imagens quando PEMB fala sobre a necessidade de, primeiramente, “*conseguir entender*”, para, depois, desenvolver “*o tipo da mediação, de interação*” que estabelece com os estudantes, denota compreensões sobre o ensino de CNT que correspondem com discussões que vêm sendo defendidas neste trabalho, como a complexidade conceitual que envolve a explicação de um modelo teórico.

Nos *módulos*, explicações conceituais e discussões ajudavam a entender o modo de ação das enzimas, com atenção à essencialidade da compreensão das interações inter e intramoleculares envolvidas nas reações químicas, no entendimento do sítio ativo, da formação do complexo enzima-substrato, da reatividade química, da energia de ativação e outros aspectos. Seguem abaixo alguns exemplos de questionamentos expressos no *módulo 9*, em meio às explicações sobre o conteúdo enzimas, que se referiam a representações.

123: MPU: [...] Os LD trazem várias representações. Essas aqui ((referindo-se ao *slide* abaixo que foi apresentado))...

Representações da interação E-S em Livros Didáticos (sacarase) → Tais representações são suficientes para a compreensão bioquímica??

Modelo explicando a ação enzimática.

Enzima (Sacarase) Substrato: sacarose

Sítio ativo

Frutose

Glicose

Enzima com sítio ativo vazio

Os produtos são liberados

A reação acontece gerando os produtos que são liberados

H₂O

Substrato se “encaixa” no sítio ativo

Figura 3.29 • Modelo da chave-fechadura para a ação enzimática, aqui representando a enzima sacarase ou invertase. Ao se ligar à molécula de sacarose, a enzima facilita a quebra da ligação entre os monossacarídeos que a compõem, a glicose e a frutose, e é recuperada intacta ao final da reação, pronta para se associar a outros substratos.

LD1, p. 541. LD7, p. 75.

124: PU: Do ensino médio, né?

125: MPU: ... de Biologia, esse aqui é do LD1 ((p. 541)), esse aqui também é de Biologia, ((LD7, p. 75)), que são interações enzima-substrato. Será que tais representações são suficientes para a compreensão bioquímica? Agora que vocês têm um pouquinho mais de condições, e perceberam todas as etapas, as interações que acontecem. Será que elas são suficientes a nível de ensino médio?

[...]

138: MPU: Como os estudantes compreendem as interações em nível atômico-molecular envolvidas nas reações enzimáticas, pelo modelo chave-fechadura? Se compreendem. As analogias ou imagens ajudam ou atrapalham? Reduzem a complexidade conceitual? Será que é isso que se quer no ensino de Biologia ou Química? O que fazer? São questões que preocupam.

Sob o pretexto da facilitação, os LD, por si só, nem sempre privilegiam as linguagens necessárias aos processos de abstração e racionalização, fundamentais na construção de aprendizagens e pensamentos relativos a conceitos escolares (VIGOTSKI, 2001), a exemplo do modelo “chave-fechadura”, que representa de forma bem limitada as interações químicas entre a enzima e o substrato. Afinal, a compreensão conceitual da atuação enzimática vai muito além dos conteúdos escritos sob a forma de texto e/ou o que está representado nas figuras dos LD. Cabe aí o papel mediador do professor!

Lopes (2007, p. 143), embasada em Bachelard, ressalta a importância de afastar-se das imagens, pois elas são sedutoras, assim como as metáforas, que são traduções “pouco precisas do conhecimento científico: [pois] não racionalizam, mas produzem a crença de conhecimento, a impressão de que se compreende”. Tais reflexões, aliadas a discussões sobre obstáculos pedagógicos e epistemológicos relacionados ao processo de construção do conhecimento científico e escolar, demandam a atenção do professor a possíveis incompreensões e obstáculos relacionados aos aprendizados dos estudantes (mais bem discutido no próximo item). Afinal, as imagens expressas em LD são representações parciais do modelo teórico que permite, de fato, a compreensão do que está representado. Nesse sentido, representações demandam a mobilização de linguagens específicas às Ciências, para além das explicações e representações dos LD, a fim de permitir avançar e desconstruir imagens, metáforas ou analogias utilizadas em aulas de CNT.

Acredita-se que explicações conceituais sobre o modo de atuação das enzimas e a variedade de questionamentos ao longo das apresentações motivavam discussões sobre as representações de estruturas submicroscópicas, propiciando inquietações e questões que licenciandos e professores se faziam em relação às imagens referentes a representações presentes nos LD, bem como sobre possibilidades de significação por estudantes do ensino médio e da universidade.

Quanto a limites e potencialidades das representações mencionadas, a Figura do LD1 do episódio referido representa uma visão cíclica da atividade da enzima, segundo a qual, após

liberar o(s) produto(s), torna-se novamente livre para atuar com novos substratos. Essa propriedade das enzimas é importante de ser compreendida; no entanto, as figuras presentes no episódio, representam, também, uma ideia equivocada sobre a sua atuação, sendo entendida como se fosse um encaixe físico/mecânico entre a enzima e o substrato, diferente do que propõem as imagens dos LD de ensino superior. Nesse sentido, defende-se a importância de que professores de CNT em formação, entendam que imagens, como as apresentadas no episódio anterior, deixam a desejar quanto ao aspecto mais central do ensino: as interações químicas envolvidas na catálise enzimática, o que remete para explicações que vão para além do que está representado.

No episódio que segue, identificam-se algumas reflexões desenvolvidas no *módulo 9*:

160: PEMQ: [...] vocês vão ver o quanto essas imagens ou até modelos podem ajudar, ou podem atrapalhar. Eu, no meu conhecimento ingênuo, ignorante, que a gente diz, que acredito que tem que aprender muito nesta vida, eu acredito que as duas coisas ajudam. Você pode perfeitamente usar uma imagem, explorar bastante, ter uma boa representação daquilo, porque na Química, a gente sabe que muita coisa é modelo, então, imagina tirar todos aqueles modelos e representações visuais, a gente trabalharia só com a parte teórica ou dialógica. Isso tudo ajuda como instrumento.

[...]

252: PEMQ: [...] Chega o momento de a gente parar, refletir e pensar. O que esse modelo tá dizendo, o que vem por trás disso? Será que vai ajudar ou só tá atrapalhando? Bom, se não dá esse, vamos partir pro próximo, mas desde que isso sirva para uma reflexão. E o que tá por trás disso? Eu, pra mim, na Química, tudo é a base da energia. Eu, pra mim, no meu entendimento, um modelo pode até prejudicar, mas tem modelos que podem auxiliar na nossa imaginação entende? Pra algumas pessoas aquilo serve, para outras vai servir outro modelo. Mas precisa sim de alguém, de um colega ou um professor, para mostrar outros caminhos e dizer assim: “Não! Vamos por aqui, por ali, isso realmente não vai dar”, só que é difícil, e ninguém vai nos dizer a resposta, entenderam? [...].

253: PEMB: [...] Eu queria perguntar pra vocês, se tem como eu pensar o ensino de Química, ou o ensino de Biologia, que não por modelos?

254: L3: Olha. Eu só aprendi até hoje por modelos.

255: L7: Eu também, só por modelos.

256: PU: É possível você pensar quimicamente, ou, no pensamento da biologia, seja ensinando, seja aprendendo, sem o uso de modelos?

257: L2: É necessário, os modelos. ((cochichos))

258: PU: E o que é um modelo? O que é um modelo? Quem dá um exemplo?

259: L8: Imaginar um modelo, por exemplo, estou olhando para uma figura e você pode imaginar que por trás daquilo lá tem uma cadeia ((da estrutura química)), então pra mim ajuda. Tem que imaginar uma cadeia atrás de cada um daqueles...

Diversos questionamentos realizados articuladamente às explicações sobre o conteúdo enzimas direcionavam para discussões sobre o uso e a importância de representações de estruturas submicroscópicas. Isso pode ser percebido no depoimento de PEMQ, e após o turno 252, quando outros sujeitos (PEMB e licenciandos) posicionam-se sobre o uso de imagens e modelos no ensino e aprendizagem de Biologia e Química.

No episódio anterior, licenciandos assumem que é importante o uso de representações de modelos no ensino e aprendizagem de CNT. As reflexões emergiram a partir da pergunta provocadora de PEMB (que já havia participado de outros módulos de interação): se teria como “*pensar o ensino de Química, ou o ensino de Biologia, que não por modelos?*”. Assumir que modelos fazem parte dos processos de ensino e aprendizagem e que isso demanda mediações por parte dos docentes pode ser um indicador de que as interações e reflexões desenvolvidas nos módulos propiciam tomadas de consciência quanto à importância de usar imagens que, em muitos casos, como as interlocuções apontam, são instrumentos didático-pedagógicos necessários ao ensino de CNT.

Dessa forma, depoimentos como o de PEMQ, que decorrem da sua experiência profissional, contribuem na defesa do uso de imagens e modelos como instrumentos de ensino que podem dar suporte aos estudantes para desenvolver interpretações e imaginar como acontecem as interações que permeiam explicações de conhecimentos químicos que exigem elevado grau de abstração. Da mesma forma, L8 e PEMQ denotam compreensões sobre a necessidade de interpretar o que está representado nas estruturas submicroscópicas, para o que, há necessidade do papel mediador do professor ou de um colega sobre os conceitos e ‘entidades químicas’ relacionadas às representações de modelos explicativos (sejam científicos ou curriculares).

Tal como se concebe ao longo do desenvolvimento dos módulos, compreende-se que professores do ensino médio têm maior autoridade em relatar e argumentar sobre o contexto escolar; afinal, é este o âmbito cultural que representam. Os professores da universidade, ainda que alguns tenham tido (ou têm) experiência profissional ou contatos com a escola, interagem representando outro contexto cultural. Assim, a voz do professor da escola remete para a realidade da sala de aula, importante campo ainda a ser “desbravado” e melhor compreendido pelos licenciandos, a exemplo das atividades nas *Práticas Pedagógicas e Estágios Supervisionados* (CC dos cursos de licenciatura). Nos módulos de interação, entende-se que tais intervenções, nos CC específicos da graduação (como *Bioquímica I e II*), remetem a um (re)pensar sobre concepções epistemológicas e pedagógicas relacionadas aos conteúdos em estudo, quanto ao seu processo de mediação no ensino médio, problematizando visões simplistas e reduzindo as dificuldades de saber lidar com a complexidade dos processos de ensino e de aprendizagem na área.

As interações propiciavam que licenciandos se questionassem sobre possíveis formas de uso dos modelos, de modo a poderem proporcionar um ensino mais adequado às CNT. Um exemplo de tal preocupação está expresso num recorte do *módulo 9*, em que L4 traz um

depoimento, a partir da apresentação, no módulo, por parte de um grupo de licenciandos, de *slides* sobre a temática “enzimas: visão geral”, que envolveu um modelo elaborado com bolas de isopor, para representar a interação entre a enzima e o substrato:

276: L4: Eu posso apresentar para meus alunos, pensando nos meus alunos, enquanto professor e aluno, eu posso fazer como ela fez ((referindo-se ao modelo da chave-fechadura representado com bolas de isopor pelo grupo de licenciandas que apresentou um trabalho)). Pegar um isopor e fazer o modelo e mostrar pra eles, “ó, isso aqui eu posso mostrar pra vocês, é mais ou menos...”. Fazer um modelinho.

277: MPU: Vai depender do professor, e quantas vezes o professor explicou aquilo que tá lá representado no livro didático para vocês? Como modelo. Quantas vezes ele problematizou a questão limitada que está lá representada?

[...]

280: L11: No ensino médio, ou no ensino fundamental, foi em 1990, era bem diferente. O professor simplesmente, em Química, e na oitava série foi Física e Química, nós só aprendemos tabela periódica, e na Física dava alguns experimentos, e nada mais que isso, sem trazer modelo e sem dizer “isso aqui é um modelo, isso aqui é um exemplo”.

O questionamento de L4, quanto ao uso de modelos, evidencia a preocupação em propiciar um ensino mais apropriado aos estudantes da educação básica, e MPU enfatiza a importância da mediação do professor nesse processo de ensino. Defende-se que o professor desencadeie processos de mediação, por meio de explicações de linguagem verbal sobre o que são modelos e sobre o que está representado nas estruturas submicroscópicas. Infelizmente, isso não é muito comum na educação básica, como L11 dá a entender no seu depoimento (turno 280).

Para a compreensão do modo de atuação das enzimas, necessita-se do entendimento de uma variedade de conceitos bioquímicos que compõem o modelo teórico, impossíveis de serem percebidos de forma direta pelos estudantes do ensino médio ou universitário apenas pelas imagens dos LD. Nesse sentido, defende-se que, em alguns momentos das aulas, o professor necessita propiciar a mediação didática, através de explicações de nível conceitual aprofundado, de modo coerente com a complexidade teórica de conteúdos/conceitos em estudo. No caso do ensino do conteúdo ‘enzimas’, a complexidade teórica inclui a mobilização de saberes docentes diversificados sobre limites e potencialidades referentes às representações de estruturas submicroscópicas, de modo a desencadear aprendizagens mais significativas aos estudantes.

Numa das reuniões, realizada com dois licenciandos que participaram do *módulo 8*, registraram-se depoimentos sobre o uso de representações de estruturas submicroscópicas em aulas ou livros do ensino médio. Nas falas percebiam-se influências das suas participações no módulo, como segue:

288: L1: O pior da história, eu acho, é não deixar claro o que é uma proteína. Tipo isso aqui ((apontando para a figura que segue)). “Ó gente, isso aqui é uma proteína”. Essa figura: o que parece isso aqui? Parece um quadro abstrato...



<http://camilalemos.com/2008/12/13/enzimas/>

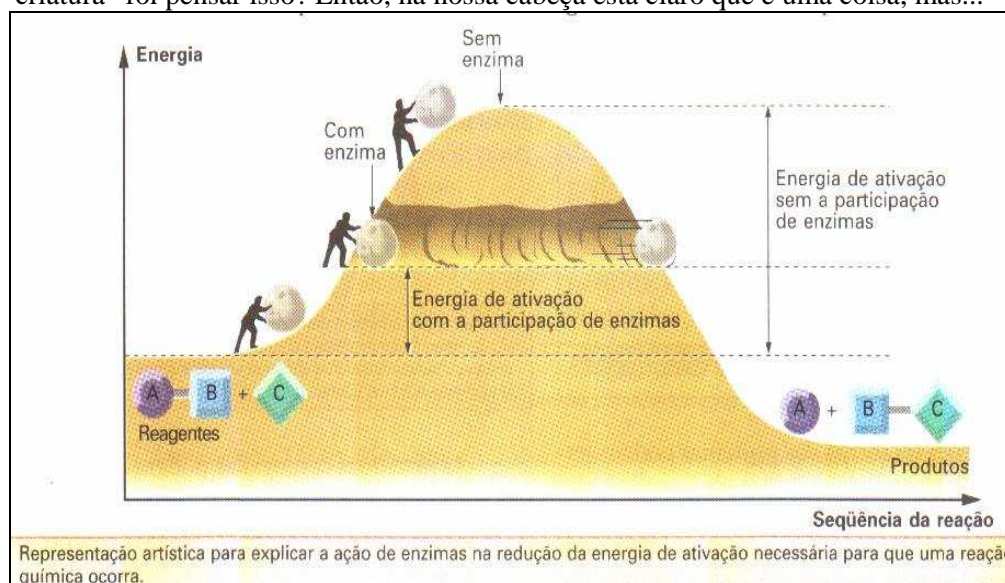
289: M1: Vocês falaram no questionário em “traduzir a figura” [...]. Fez uma comparação com um quadro ((de pintura)) que tinha que ser “interpretado”...

292: L1: Se tu não sabe química e não aprendeu as proteínas [...], que tem interação química, que aqui tem átomo... Eu escrevi isso ((no questionário)) justamente, porque se tu não sabe química, [...] vem uma professora [...] e mostra essa figura aqui, tu vai fazer ideia de que isso é uma proteína? Uma enzima? Essa dali ((figura anterior)) não diz nada, se não tiver a mediação do professor. Esse modelo, ele não diz nada mesmo! É um desenho colorido!

293: M1: E o que o professor vai fazer lá? Ele vai ficar atento ao quê? [...]

294: L1: Ao nível submicroscópico, que é o que a gente busca o tempo inteiro.

295: M1: Isso! E adianta o professor ficar lá, falando feito um papagaio sem saber o que o aluno está pensando? Aquela ideia que o PEMQ falou ((no módulo)), eu achei aquilo impressionante, quando ele disse o que os estudantes ((do ensino médio)) pensavam sobre aquilo lá ((referindo-se a Figura abaixo do LD8, p. 48, que se trata de uma representação da sequência de uma reação com/sem Enzima)), perguntando, “como é que pôs e empurrou a molécula para cima, lá?”, quando foi mostrado aquela representação da reação com enzima e sem enzima. Eu achei aquilo fantástico! E pensei, como que a “criatura” foi pensar isso? Então, na nossa cabeça está claro que é uma coisa, mas...



296: L1: Isso é outra história ...

298: L2: Isso é muito importante, porque tu só vai ver isso no momento em que você vai dar aula. A gente tem muito clara essa coisa, pra ti falar ((L1 indica gestualmente não ser tão claro)). Tem coisas que sim. Por exemplo, se você for falar em reação química, [...] às vezes a gente acaba se empolgando, falando coisas, e não se toca que eles não entenderam ‘patavina’ nenhuma. É a mesma coisa lá em sala de aula ((referindo-se ao estágio)). [...] Comecei a falar em íons, moléculas, elétrons, níveis de energia... Mas eles não entenderam nada. [...]

300: L1: É a importância de ter um aluno pensante [...], que não suporta palavras que ele não entenda, a importância do aluno perguntar: “ó, eu não entendi nada. O que você está falando?”.

No episódio, L1 refletia sobre o modelo das enzimas que foi representado como um “quadro abstrato” (turno 288). Segundo L1, a figura, por si só, “*não diz nada mesmo! É um desenho colorido!*” (turno 292), o que evidencia a importância de explicações sobre o que está representado. Em seguida, quando M1 questiona sobre o papel do professor ao mediar explicações sobre as figuras apresentadas, L1 logo responde que é “*ao nível submicroscópico, que é o que a gente busca o tempo inteiro*” (turno 294). Depoimentos de L1 demonstram importantes preocupações sobre os conhecimentos científicos/químicos a serem ensinados na escola, denotando a compreensão de um ensino que envolva o uso de linguagens e pensamentos em nível atômico-molecular.

Reflexões semelhantes às desenvolvidas na reunião eram realizadas explícita e implicitamente no *módulo 8* em que se discutia sobre a necessidade de o professor mediar explicações sobre figuras representativas de estruturas submicroscópicas, típicas de aulas e LD de Biologia e Química. Portanto, quando L1 ressalta a necessidade da “*mediação do professor*”, ele acaba corroborando com as importantes discussões desenvolvidas no módulo.

As interlocuções (nos turnos 298 e 300) denotam reflexões sobre vivências no módulo e em estágios realizados na licenciatura. L1 e L2 mostravam-se comprometidos com um ensino de Química que adquira significado conceitual pelos estudantes. Alertam, assim como no episódio apresentado anteriormente, para a importância da mediação didática do professor na construção de processos de construção de *ideias estruturadoras* do pensamento químico (LIMA; BARBOZA, 2005), como substância, elétron, reação e outros. Pode-se dizer que os sujeitos levam em conta a importância da participação, ao mesmo tempo *receptiva e ativa*, dos estudantes (GÓES, 1997) na significação conceitual, de modo a que o professor perceba o que eles estão pensando e lhes possibilite adequados processos de apropriação dos conceitos, em coerência com as Ciências.

Com base nas reflexões desenvolvidas até aqui, defende-se, seja no ensino médio ou superior, a necessidade de o professor mediar compreensões conceituais (mobilizando saberes docentes), sobre o que está representado em imagens referentes a estruturas submicroscópicas. Figuras, como as que acompanham explicações do conteúdo ‘enzimas e catálise enzimática’, exigem do professor compreensões e discussões quanto às suas propriedades (conceitos), como: a estrutura química (primária, secundária, terciária e quaternária) das proteínas/enzimas; a disposição no espaço; a estrutura globular (‘partes’ hidrofóbicas e hidrofílicas que possibilitam a atuação em meio aquoso); que são polímeros de aminoácidos, uma classe das proteínas que atuam como catalisadores biológicos; que têm pH e temperatura ótima para atuação, ou seja,

aumentando ou diminuindo temperatura e/ou pH, podem ser desnaturadas e/ou perderem a atividade biológica.

Também, outras explicações e problematizações quanto ao modelo explicativo das enzimas e imagens relativas a representações de estruturas submicroscópicas do mesmo, presentes em aulas e LD de CNT, são importantes de serem mediadas pelo professor. Afinal, como enzimas (a exemplo da quimotripsina) conseguem romper ligações covalentes (como a ligação C-N) nas condições celulares (pH neutro, temperatura de aproximadamente 37C)?

No corpo humano, a presença de enzimas é indispensável para que as transformações químicas ocorram, de modo a “obter” a energia suficiente para a manutenção da vida. Entender o modo de atuação das enzimas nos remete à compreensão sobre ligações/interações entre átomos e moléculas. Cada ligação tem uma energia de ativação e, para acontecer a transformação, há necessidade de a molécula do substrato sair da inércia química, possibilitando a sua transformação. “Tirar” a molécula da estabilidade implica entender a ação de grupos funcionais (resíduos de aminoácidos) no sítio catalítico da enzima, que desestabilizam a ligação a ser rompida no substrato (C-N). Tais grupos diminuem a energia necessária para formar o estágio intermediário de alta energia de ativação (representada pelo pico de alta energia da reação da Figura do episódio recém-mencionado), que é a diferença de energia entre o substrato e o complexo de estado transitório. Porém, para entender a diminuição da energia de ativação, há necessidade de se imaginar as estratégias catalíticas da enzima, a exemplo do que está representado nas etapas catalíticas (página 82) e animação (página 83 desta dissertação), referentes aos LD do ensino superior de Bioquímica.

Na atuação da enzima, os resíduos de aminoácidos (dos radicais) são responsáveis pela ação do sítio ativo (ou catalítico) que se modifica/reorganiza durante a sequência de reações com o substrato, formando ligações covalentes e interações mais fracas, como as hidrofóbicas, eletrostáticas e ligações de hidrogênio (intermoleculares). Após a transformação do substrato (reagente) em produto, o catalisador (enzima) retoma a sua forma original (como bem representa a Figura do LD1 da página 85, ou, ainda, as imagens dos LD do ensino superior presentes nas páginas 82 e 83). Cabe ressaltar, também, a especificidade de atuação das enzimas, que atuam sobre uma das ligações covalentes da molécula do substrato, que, no caso da quimotripsina, é na ligação C-N.

O estudo sobre enzimas ainda permitiria outros aprofundamentos importantes de serem mediados pelo professor, mas que não serão detalhados neste trabalho, como a existência de cofatores (componentes não proteicos) que auxiliam na catálise, a inibição ou ativação

(regulação alostérica) das enzimas pela presença de fármacos ou outras moléculas que alteram o sítio ativo da enzima.

Certamente, a forma linear e fragmentada, como muitas vezes são ensinados os conteúdos, não possibilita a compreensão da atuação das enzimas. Pergunta-se: por que não estudar um sistema complexo como a atuação enzimática, em vez de um amontoado de conteúdos que não se articulam? Cabe salientar, também, que tais abordagens não podem deixar de ser contextualizadas com a vida cotidiana do estudante, de modo que ele perceba que tais enzimas, bem como o processo catalítico, compõem um sistema conceitual que permite explicar situações de seu cotidiano, a exemplo da sua digestão/alimentação, respiração, fermentação e ação dos fármacos. Também se salienta a necessidade de “tratar” tais explicações como modelos explicativos que permitem interpretar fatos/fenômenos e, portanto, não correspondem diretamente à realidade. O mesmo vale para as representações de estruturas submicroscópicas que ajudam nas explicações de tais modelos teóricos: tratam-se de representações parciais criadas com o fim específico de explicação e interpretação de um fato/fenômeno.

Tantas discussões alertam para o pressuposto de que não existe uma representação ideal para um modelo ou explicação teórica, uma vez que sempre existirão limites, possibilidades ou riscos de incompreensão conceitual. Portanto, defende-se o uso de diversas representações parciais, de modo a desenvolver aprendizagens mais coerentes com modelos teóricos estudados em aulas e/ou LD de CNT.

Tais compreensões remetem ainda para a importância da vigilância do professor na mobilização de linguagens e pensamentos próprios à compreensão de conceitos estruturantes do conhecimento químico, mediante formas adequadas da interpretação de representações de estruturas submicroscópicas, em aulas e LD de CNT, assunto que é tratado no item que segue.

4.3 Vigilância Relativa a Obstáculos à Aprendizagem no Ensino com Uso de Representações de Estruturas Submicroscópicas

Explicações, significações e reflexões acerca de relações entre simbologias ou palavras representativas de estruturas submicroscópicas e de modelos teóricos que lhes são subjacentes são importantes e necessárias de fazerem parte do ensino e da formação de professores da área das CNT, para evitar o que Bachelard (1996) denominou de *obstáculos epistemológicos* à apropriação do conhecimento científico em sala de aula.

Nesta pesquisa, a atenção aos obstáculos partiu da consideração de que eles podem estar associados a problemas relacionados à explicação de modelos teóricos, mediante linguagens específicas usadas em LD e aulas de CNT. Os obstáculos em discussão neste item referem-se, particularmente, ao *realismo* e *verbalismo*, embora as interações nos módulos também pudessem ser analisadas quanto ao *animismo*, *substancialismo*, *senso comum* (BACHELARD, 1996). Tais obstáculos podem dificultar a promoção de um ensino que potencialize aprendizagens significativas dos estudantes, relativas à compreensão teórico-conceitual em nível submicroscópico das ‘entidades químicas’ representadas em figuras que permeiam aulas e LD de CNT.

Para discutir os obstáculos do verbalismo e do realismo, parte-se da visão de que muitos conteúdos/conceitos inerentes a aulas de CNT exigem abordagens e discussões inter-relacionadas entre explicações envolvendo linguagens escritas (e/ou verbalizadas) e linguagens visuais (imagens, como as representações de estruturas submicroscópicas). Porém, isso não impede o risco de se produzir obstáculos à apropriação/produção do conhecimento científico.

Por limitarem ou impedirem as aprendizagens, os obstáculos comprometem processos de significação teórico-conceitual (BACHELARD, 1996). Compreensões de abordagens e explicações que envolvem o uso de representações de estruturas submicroscópicas (de ‘entidades químicas’, como átomos, moléculas e supramoléculas) necessitam ser mediadas pelo professor, para que possam ser significadas em coerência com as Ciências, pelos estudantes.

Quanto ao *realismo*, a atenção volta-se para abordagens de imagens (figuras ou animações) relacionadas a representações de estruturas submicroscópicas usadas em aulas e LD que correm o risco de serem percebidas pelos estudantes, como objetos reais, como se fossem possíveis de serem visualizadas/observadas pelos sentidos, exatamente como elas estão representadas. Quanto ao *verbalismo*, ao contrário, expressões de cunho apenas formalístico, muitas vezes, não são adequadamente significadas pelos mesmos, a exemplo de ATP, DNA, NADH ou outras expressões presentes em LD ou pronunciadas por professores, que não passam de expressões sem significado conceitual das partículas submicroscópicas que representam. Há o risco, assim, de manter obstáculos que impedem o acesso aos conhecimentos escolares. No entanto, se as abordagens que geram tais obstáculos (realismo e verbalismo) forem trabalhadas de maneira inter-relacionada, pode-se superá-los, potencializando a aprendizagem dos estudantes.

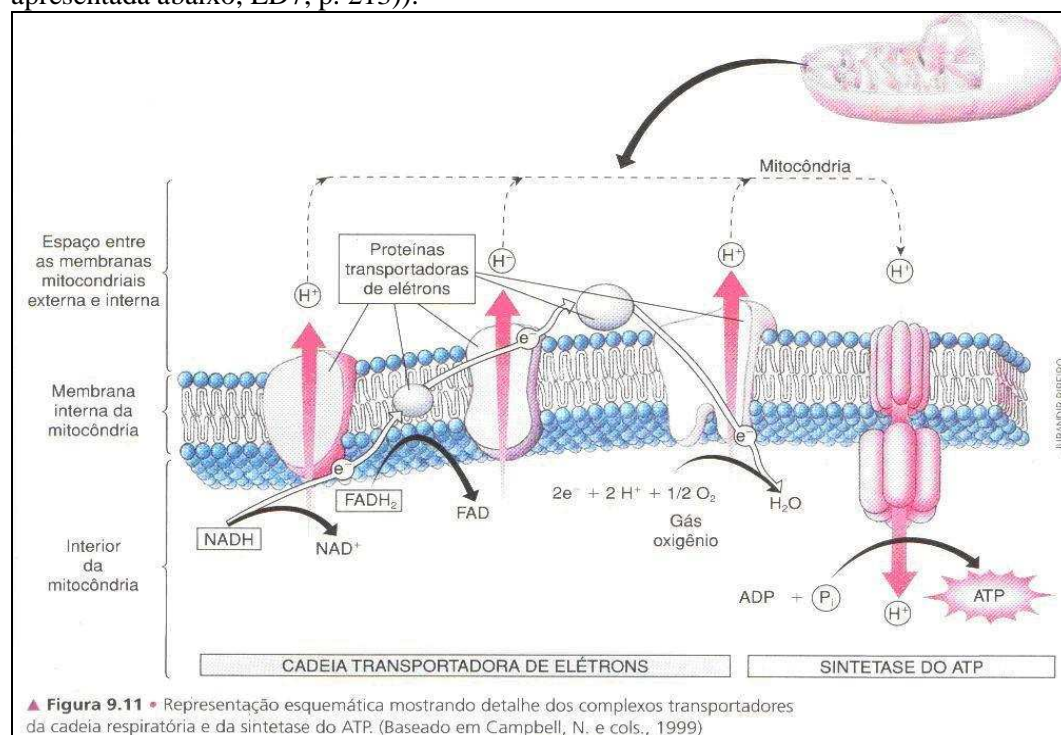
Nesse sentido, defende-se que reflexões didático-epistemológicas sobre modelos teóricos e imagens relativas a representações de estruturas submicroscópicas desenvolvam-se no ensino e formação para o ensino das áreas das CNT, de modo a propiciar aos estudantes (seja da

universidade ou do ensino médio) acesso a conhecimentos escolares mais adequados e coerentes com o conhecimento aceito pela comunidade científica.

A seguir são apresentados e analisados resultados referentes a interlocuções em que os sujeitos de pesquisa expressavam, de alguma forma, percepções relativas a obstáculos epistemológicos que impedem o acesso aos conhecimentos escolares, a exemplo dos obstáculos verbalistas e realistas, que se mostraram mais representativos nas interações analisadas. Também, apresentam-se e discutem-se episódios que sinalizam aspectos importantes de serem mobilizados pelos professores no ensino de conceitos e conteúdos de CNT, que envolvem o uso de imagens relativas a representações de estruturas submicroscópicas, como é o exemplo das reflexões desenvolvidas nos módulos sobre as ‘enzimas’. Afinal, nos módulos, apresentavam-se diversas imagens relativas a tais representações junto a explicações dos assuntos em estudo, também, discutia-se sobre cuidados importantes de serem considerados no ensino de CNT.

O episódio que segue foi registrado no *módulo 8*, lembrando que ele foi desenvolvido no CC de *Bioquímica II*. Nesse módulo, apresentaram-se *slides* contendo representações de estruturas submicroscópicas como ATP, NAD, membrana celular, enzimas, mecanismo de catálise enzimática, obtidos a partir de LD (do ensino médio e da universidade) e *sites* da Internet. Os questionamentos eram relativos a explicações sobre o assunto ‘enzimas e respiração’. O episódio que segue se refere a discussões realizadas sobre uma das Figuras do LD7, apresentadas:

283: PU: (...) Você não iria “enxergar” um fosfolipídio aqui, por exemplo ((apontando para a Figura da representação de fosfolipídios na membrana mitocondrial interna, apresentada abaixo, LD7, p. 213)).



- 284: PEMQ: Nem pensar!
- 285: PU: Nem pensar, né? ((risos))
- 286: PEMB: Eu fiz com meus alunos este ano a extração de ácidos nucleicos, aquela prática lá. E eu fiz exatamente para eles desmistificarem. Porque no livro didático tem a molécula de DNA, com as bases ‘pareadinhas’, com cor vermelha, amarelo, azul. Quando eu terminei de fazer ((o experimento)), eles olharam e disseram assim: “Esta remela?”. Esta remela! Quer dizer, tu também desmistifica um pouco...
- 287: PU: Eles esperavam aquela “coisa” colorida, bonita ...
- 288: PEMB: Eu tinha dito para eles: “Pessoal, se vocês querem, nós vamos fazer. Mas o que está no livro é um modelo. E o que nós vamos fazer vai ser real”. Eles diziam: “Não, nós queremos fazer” ((a extração)). Mas, no fundo, eles imaginavam que iam ver. Porque um aluno disse: “Bota no microscópio professora”. Eu disse: “Nós não vamos enxergar nada”. Ele repetiu: “Mas bota no microscópio”. Então, eu disse: “Tá bom, bota-se no microscópio”.
- 289: PU: Formam-se grumos, daquele tamanho, né?
- 290: PEMB: Eu acho que eles tinham a perspectiva de que iriam enxergar uma base nitrogenada, sabe? A noção de macro e micro, ela é muito complexa. O que eu acho é que tu tem que saber dosar em que nível você vai chegar, e o que você vai estar usando para discutir esses conceitos complexos. Eu concordo, em gênero, número e grau, com PU, quando ela diz: “O que adianta saber como você escreve NAD, ou como você escreve FAD”. Você pode saber escrever certo, mas não consegue dizer o que é.
- 291: PU: Transporta hidrogênios, tudo bem, mas...
- 292: PEMB: O que, na cabeça de um aluno de 1º ano de ensino médio, é um hidrogênio? O que é um elétron? O que é essa molécula de ATP?
- 293: M1: Outra coisa é como interpretar essas representações, tipo aquela membrana que está lá ((aponta para Figura anterior)). Trazer discussões sobre o caráter limitado daquela representação, o que significa aqueles pontinhos, porque está representada daquela forma.

A análise das interlocuções remete a atenção para a importância de discussões no ensino e na formação de professores, sobre o risco de incorrer no *realismo* ou no *verbalismo*, no sentido de que, para se entender uma representação de estrutura submicroscópica (como a apresentada no episódio), é preciso ir muito além da representação e descrição/escrito presente no LD. Discussões orientaram-se, por diversas vezes, ao longo dos módulos, para a importância do papel mediador do professor na vigilância pedagógica e epistemológica sobre as figuras que representam estruturas submicroscópicas, tipicamente presentes em aulas e LD de Biologia e Química da universidade e do ensino médio.

Os módulos, a exemplo do episódio acima, propiciam reflexões sobre o risco de os estudantes interpretarem imagens e representações como objetos reais, como se o representado no LD correspondesse a uma fotografia da realidade. Tal percepção corresponde ao obstáculo do *realismo*. Segundo o depoimento de PEMB, nos turnos 288 e 290, estudantes do ensino médio pensavam que poderiam “ver” as “bases nitrogenadas” do DNA no microscópio, tal como são representadas nos LD do ensino médio. Segundo Lopes, “o realista supervaloriza suas impressões tácteis e visuais” e, dessa forma, “resiste à abstração” (2007, p.149).

Depoimentos de PEMB evidenciam a relevância de reflexões sobre modelos e representações junto ao ensino de CNT; afinal, imagens representativas de estruturas

submicroscópicas tratam-se de representações parciais de um modelo teórico, nunca de uma relação de correspondência direta com a realidade, tal como sugere a palavra ‘modelo’. Entende-se que representações de estruturas submicroscópicas tendem a facilitar a compreensão sobre o fenômeno que está sendo explicado. No entanto, tais imagens necessitam de compreensões para as ‘entidades químicas’ nelas representadas, sobre suas limitações e potencialidades conceituais, de modo que a figura que tende a facilitar a imaginação do modelo teórico/explicativo não incorra em obstáculo que impeça a significação relacionada ao modelo conceitual.

“Na abordagem teórico-metodológica de Vigotski, o funcionamento psicológico tem, como gênese e processo, as interações sociais, o trabalho com os signos e os usos da linguagem” (ANDRADE; SMOLKA, 2009, p. 260). Nesse sentido, defende-se, junto ao ensino de CNT, o exercício de motivar os estudantes a utilizar pensamentos e linguagens (em nível atômico-molecular), que exigem elevados graus de abstração e que, diferentemente do conhecimento cotidiano, lhes possibilite utilizar novas formas de pensar e interagir no contexto escolar e extraescolar, típico ao necessário desenvolvimento das funções psicológicas superiores.

Depoimentos de PEMB permitem refletir sobre a importância de discussões sobre as dimensões (escala) de ‘entidades químicas’, ao dizer (turno 290) que os estudantes “*tinham a perspectiva de que iriam enxergar uma base nitrogenada*” e ao afirmar que “*a noção de macro e micro [...] é muito complexa*”. Isso ressalta a relevância de se utilizar, junto às aulas de CNT, escalas de medida, desde estruturas atômicas, moleculares, supramoleculares, seres microscópicos como vírus, bactérias, protozoários, até objetos visíveis a olho nu, de modo a ajudar na compreensão relacionada a figuras e imagens utilizadas em aulas de CNT.

PEMB (no turno 288) ressalta a distinção entre o real (factual/observável) e o criado (modelo/inobservável), ao dizer que a imagem do LD tratar-se de um modelo, enquanto que na prática de extração do DNA o que eles iriam fazer/ver seria real, ou seja, poderia ser perceptível pelos sentidos. Bulcão, com base em Bachelard, diz que o “objeto científico é um ‘artefato’, e só existe na medida em que o sujeito o constrói” (1981, p. 143). A compreensão, por parte do estudante, de que na Ciência se utilizam modelos, ou melhor, representações parciais de modelos explicativos/ modelos de entendimento, é uma tarefa importante do professor de CNT. Afinal, explicações de caráter científico tratam-se de racionalizações humanas sobre a realidade e não se referem à realidade em si. Nesse sentido, é importante que professores e estudantes saibam distinguir entre a realidade, uma fotografia ou partículas submicroscópicas de modo que tenham adequadas compreensões/visões sobre as Ciências.

Ao final do turno 290, quando PEMB diz “*você pode saber escrever certo, mas não consegue dizer o que é*”, ela se referia a entender conceitualmente, em detrimento de

verbalizações formalísticas que ainda não têm significado aos estudantes. Segundo Vigotski, o “verbalismo puro e simples que estimula e imita a existência dos respectivos conceitos”, na prática esconde o vazio, não assimila o conceito, mas a palavra, “pela apreensão de esquemas verbais mortos e vazios” (2001, p. 247). Nesse sentido, expressões de cunho formalístico em aulas do ensino médio, como “NAD”, “FAD”, “ATP”, “DNA”, por vezes não são adequadamente significadas pelos estudantes.

Assim, verbalização de palavras específicas ao campo da Ciência não assegura que já tenha ocorrido significação e aprendizagem conceitual de palavras pronunciadas em aulas de CNT, a exemplo do significado de enzima (amilase salivar, aldolase, quimotripsina) e substrato (glicose, proteínas, lipídios). Ou seja, a mera verbalização de palavras e sentidos nas aulas de CNT não garante que os processos de significação conceitual frente às mesmas já tenham ocorrido. Palavras, como as expressas acima, necessitam de compreensões químicas sobre suas estruturas, bem como a adequados processos de mediação que considerem, também, o uso de representações de estruturas submicroscópicas. A exemplo da compreensão da atuação enzimática, que se torna difícil (para não dizer impossível), sem o uso de algum tipo de recurso imagético, constituindo um obstáculo ao acesso do conhecimento científico e/ou escolar.

Tal discussão é destacada nos interlocuções registradas na reunião realizada com três licenciandos participantes do *módulo 9*, em que L2 acaba destacando a importância do uso de recursos imagéticos junto a palavras que acompanhavam explicações conceituais nas aulas de *Bioquímica I* e no módulo:

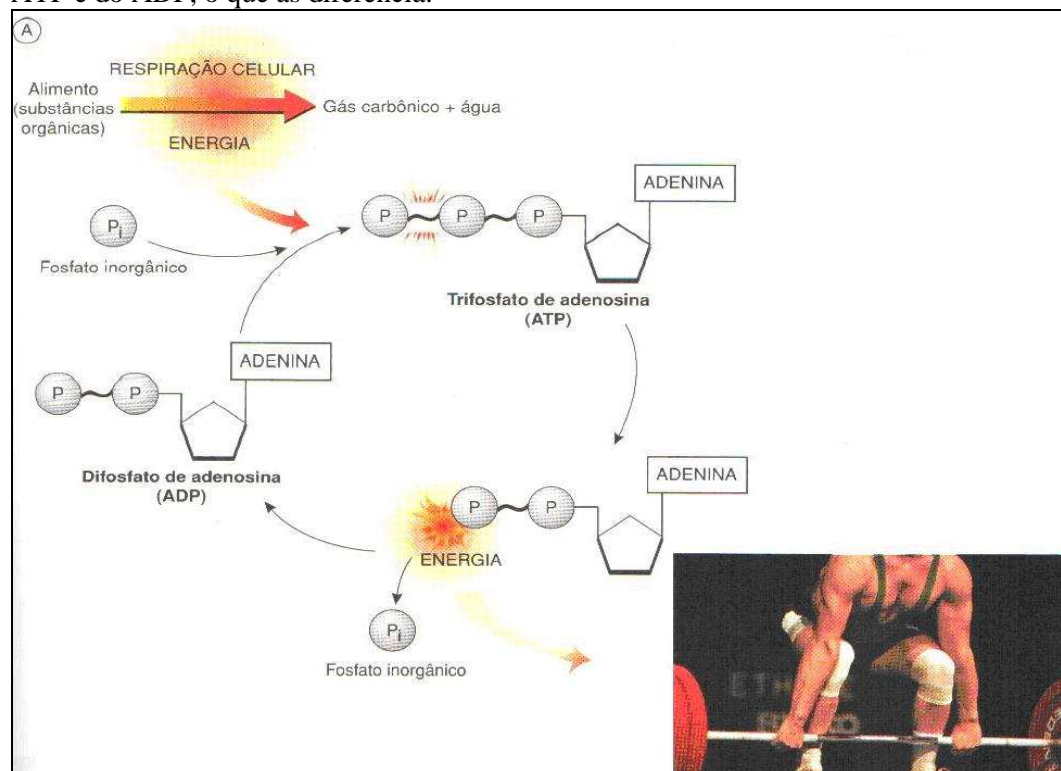
100: L2: [...] Muitas vezes, quando a professora coloca a explicação de enzimas, proteínas, aminoácidos, ela coloca a diferença de um e de outro e de sua fórmula estrutural. Como tu vai entender a diferença deles sem ter um modelo? Eu acho que o nível de abstração é maior ainda. Tipo, qual a diferença? “Ah esse, tal jeito”. Às vezes essa diferença fica difícil de tu entender e ter uma compreensão. E sem as fórmulas químicas não daria para ter.

Noutra reunião com licenciandos participantes do *módulo 8*, também se desenvolviam discussões e reflexões sobre o verbalismo, a exemplo do episódio abaixo, em que eles se referiam a figuras presentes em LD de Biologia, especificadamente, sobre respiração celular, glicólise, com estudos que envolvem entendimentos com grande número de substâncias, apenas nomeadas nos esquemas dos livros.

508: M2: Discutiui-se no módulo que, muitas vezes, nos livros didáticos ou em uma aula lá do ensino médio, estudantes deparam-se com palavras como ácido pirúvico, piruvato, ATP, ADP, NADH, sem dar atenção às fórmulas, figuras, imagens e modelos das moléculas ou das reações químicas. O que você diz sobre os entendimentos, compreensões e aprendizados dos estudantes sobre as partículas, e as interações, reações,

transformações envolvidas? Que dizer sobre livros ou aulas que não contemplam nem as fórmulas, nem mesmo as reações químicas?

509: L2: Aqui está o porquê eu usaria aquela figura ((apontando para a figura abaixo do LD7, p. 209, representativa do ciclo ATP-ADP)). Porque tu mostra o que é a estrutura do ATP e do ADP, o que as diferencia.



510: L1: Onde é que o Pi foi? É o fosfato? Não é o Pi. Fica simples, se tiver a equação. Se não é assim, fica complicado.

511: L2: [...] Ele vai decorar uma fórmula, vai decorar nome, mas não vai saber o que é.

512: M2: E é assim que aparece nos livros de Biologia ((sem as fórmulas)).

513: M1: Aparece “ácido pirúvico reage com... e forma ...”.

514: L2: Aí tu vai ver lá o ácido pirúvico, ... aí vai uma criatura e pergunta: “Profe o que é um ácido pirúvico?”. Eu digo: “É um ácido pirúvico”. E daí?

515: M1: O que adianta apenas falar ((sem a fórmula))?

516: L1: Não precisa mostrar tudo, toda vez. Mas põe o ADP ((a fórmula)). Põe o fosfato inorgânico, não só o Pi. Põe o ATP. Mostra de onde saiu o H₂ e o O: da água. E o mesmo para todos os outros. Mostrou? Pronto! Entendimento, beleza! Os átomos não aparecem de qualquer lugar. Os 3 fosfatos saíram desse. Beleza! Não é complicado! Tem que pensar desse jeito. Senão é complicado: é uma decoreba. Não faz sentido. Não tem lógica.

As reflexões desenvolvidas na reunião voltavam-se à função social do professor. Afinal, é ele quem controla a produção de sentido de palavras/signos proferidas em aula, à luz do significado aceito historicamente pela comunidade científica, no caso, sobre ‘entidades químicas’ envolvidas na respiração celular. Palavras explicativas, no contexto, funcionam como agentes mediadores do pensamento e do desenvolvimento humano. Em Química, como em qualquer Ciência, se não tenho as palavras específicas, “encharcadas” de significado conceitual, não tenho como pensar quimicamente (em nível atômico-molecular). Signos mobilizados em aulas necessitam de uma adequada significação conceitual, o que inclui compreensões sobre representações de estruturas/partículas químicas como ATP, ADP e Pi.

Isso situa e justifica a importância de prestar atenção ao desafio de assegurar que os estudantes signifiquem conceitos químicos em nível atômico-molecular, o que exige elevado grau de abstração e conhecimento teórico-conceitual. Nesse sentido, o ensino de enzimas e catálise enzimática exige explicações e significações conceituais quanto às estruturas químicas envolvidas na reação, o sítio ativo da enzima, as interações intermoleculares, as ligações químicas, a energia de ativação, a reatividade e outros conteúdos/conceitos que possibilitam a (re)construção das “ideias estruturadoras que potencializam nosso pensamento e nossa capacidade de relacionar, sintetizar, propor explicações a partir daquilo que já se conhece” (LIMA; BARBOZA, 2005, p. 40).

No entanto, tais compreensões vão além do que está representado nas figuras e modelos abordados em aulas e LD. Parafraseando Nogueira (1993, p. 17, 25, 33), pode-se dizer que os licenciandos ressaltavam que a significação conceitual efetiva necessita da mediação do *outro mais experiente*, o professor, que, através de “processos de negociação” e “decodificação dos signos”, permite ao estudante ir internalizando sentidos e significados às palavras proferidas em aula, sendo “constituído e transformado pelas interações e relações de ensino”. Segundo Maldaner e Zanon:

A interação com o outro permite a significação das palavras ou dos conceitos, que então evoluem, atingindo níveis sempre mais elevados em direção à abstração e a um pensamento sempre mais de acordo com o pensamento da Ciência que se deseja desenvolver. O uso inicial da palavra pelo aprendente significa, apenas, conforme Vigotski, que o conceito pode começar a evoluir, dependendo das interações que daí por diante acontecerem (2004, p. 56-7).

Assim, com apoio em Vigotski (2001), assume-se que, na medida em que o estudante se apropria e usa as palavras, significando-as conceitualmente, elas passam a fazer parte de sua estrutura de pensamento, desde que em contexto de significação contínua e continuada. Retomadas em outros momentos e contextos, as palavras propiciam novos sentidos que enriquecem os aprendizados e construções, ampliando o significado e potencializando o desenvolvimento conceitual, o que permite ao estudante novos níveis de abstração, tomadas de consciência, sistematizações e generalizações (SANGIOGO; ZANON, 2009b). São, principalmente, os conceitos científicos escolares, aliados aos cotidianos, que potencializam o desenvolvimento das *funções psicológicas superiores*, proporcionando novas relações e pensamentos que inquietam o senso comum dos indivíduos.

Durante os módulos, apresentavam-se e discutiam-se estruturas químicas das enzimas, adentrando nas explicações conceituais, a exemplo das diversas etapas catalíticas das mesmas, suas interações e transformações. Nesse sentido, explicações ultrapassavam o caráter formal das palavras como nomes de enzimas (aldolase, amilase salivar) e substratos (proteínas, lipídios,

carboidratos), que muitas vezes são usadas, sem que se tenham algum significado, fazendo-se de conta que se ensina e que se aprende, a exemplo de quando as palavras são transcritas do livro (ou caderno) para a prova, sem que as mesmas tenham algum significado ao estudante.

Defende-se, no âmbito desta pesquisa, que, para compreender certos modelos explicativos, como a ação enzimática, torna-se fundamental compreender representações de estruturas submicroscópicas que explicam as transformações de nível atômico-molecular; afinal, sem isso, torna-se difícil, para não dizer impossível, pensar quimicamente. Isso demanda o uso de linguagens específicas à cultura científica, significadas junto à cultura escolar, num processo constante de apropriação e ressignificação de conhecimentos científicos estudados na escola, o que inclui romper com os obstáculos do senso comum, as verdades (ou impressões) primeiras.

Durante as discussões no *módulo 9*, uma acadêmica questiona sobre o enfoque das aulas de *Bioquímica I* que, às vezes, se direcionavam para questões de ensino e educação. No entanto, desdobramentos das interlocuções apontam para a importância, também, de tais discussões, nos cursos de Bacharelado, como segue:

293: L3: Eu não sei por que tão dando tanto enfoque em cima da Licenciatura [...].

294: PU: Eu diria que, tanto da Licenciatura quanto do Bacharelado, nos dois cursos... Escutem aqui, se nós fossemos chamar o pessoal da indústria, tá, lá vamos trabalhar mais a pesquisa em Biologia, mas talvez lá seja tão importante, ou mais, que vocês compreendam, também, os significados desses modelos. Não é uma questão só da Licenciatura.

[...]

296: PU: [...] Eu acho que talvez é por aí né, que a gente pensasse que modelos, animações, ilustrações, tudo pode ajudar, desde que a gente nunca pense que isso daí vai substituir a necessidade de abstrair, de sair do nível de pensar numa coisa real. E isso é importante para o Bacharelado também. O modelo às vezes é aprendido como fosse cópia da realidade. Como se fosse uma fotografia.

297: L3: Assim como a célula, a gente imagina ela daquele jeito. E assim como o DNA, a gente imagina a dupla hélice colorida!

298: PU: [...] Na Química, quando nós chegamos na molécula, por favor, sempre nós temos que imaginar que nada que está explicado quimicamente vem de algum tipo de relação desse tipo. Nada, por aí. Embora que o cromossomo, como nós dizíamos antes, ele pode ser visualizado no microscópio. Afinal a meiose e a mitose já se vê nas células, né? Aí tudo bem. Eu posso fazer um modelo que é um pouco mais próximo. Mas ainda é um modelo, não é fotografia. Mas é mais próximo do que imaginar, por exemplo, as moléculas de DNA. Diga PEMB.

299: PEMB: Uma vez eu fiz uma atividade, com o primeiro ano, de extração do DNA, aquela clássica. Eu emocionadíssima com a minha atividade, né? E quando mostrei pra eles que aquilo eram os ácido nucleicos, eles disseram: “profe, bota no microscópio”. Ta, mas na cabeça dos meus alunos, se eu colocasse no microscópio, ia parecer...

300: L3: E aqui ((na licenciatura)) é a mesma coisa.

301: PEMB: ... Eles ficaram decepcionadíssimos e perguntaram: “esses ‘ranhos’ são os ácidos nucleicos?” Pra eles, não precisava ter feito. Então, se cria exatamente essa expectativa de que ele vai ver as bases pareadas, coloridas...

302: L3: ... coloridas e em dupla hélice. Nós na graduação tivemos a mesma decepção em Genética II, há três, quatro anos atrás.

303: PU: Aqui na universidade, né? Então, por isso é importante a gente estar em alerta, nessa vigilância.

A mesma acadêmica que questionou sobre o enfoque que PU e MPU traziam sobre questões relacionadas ao ensino, como a discussão da importância e limitações dos modelos e o papel mediador do professor, evidencia, posteriormente às interlocuções de PU (turno 294 e 296), a importância de tais discussões, para além dos cursos de formação de professores. As representações de estruturas submicroscópicas podem ser entendidas como a realidade, como expressa L3 (acadêmica que faz Bacharelado e Licenciatura em Ciências Biológicas), no turno 297. Diferentemente de imagens em fotografias ou micrografias, estruturas (partículas) submicroscópicas dos LD são representações de ‘entidades’ que não podem ser visualizadas, nem pelo uso de microscópios. Sendo representações do real (de fatos observáveis), tais modelos “foram criados e aceitos historicamente pela comunidade científica e/ou por uma finalidade didática, para o ensino, compreensão e interpretação de fenômenos que ocorrem em nível submicroscópico” (SANGIOGO; ZANON, 2009a, p. 8).

PEMB, que participou dos *módulos 8 e 9*, relatava sobre a compreensão errônea dos estudantes do ensino médio sobre a representação do modelo da macromolécula de DNA. A visão *realista* do DNA, relatada por PEMB (turnos 299 e 301), também se apresenta no depoimento de L3 (turno 302) quando, em nome dos seus colegas de turma, diz que “*na graduação tivemos a mesma decepção em Genética II*”, por não ter visto (referindo-se ao DNA extraído) no microscópio “*as bases pareadas, coloridas e em dupla hélice*”, como estava representado no modelo de DNA do LD. Provavelmente, se a PEMB ou a professora de *Genética II* não tivesse realizado a extração do DNA, os estudantes continuariam com a visão ingênua de que a representação do LD corresponde a uma fotografia ou micrografia da macromolécula. Do mesmo modo, estudantes que teriam tais visões deturpadas sobre as Ciências (como o realismo relacionado ao DNA), também imaginariam poder ver, com o auxílio do microscópio, as enzimas, tal como estão representadas nos LD. Compreende-se ser importante que aconteça a “*decepção*” apontada por L3, o que remete para uma ideia mais adequada de Ciência, de que figuras como a do DNA e da enzima se referem a uma representação ou modelo de explicação/ de entendimento e não a uma correspondência direta com a realidade.

Baseando-se em discussões como as desenvolvidas no episódio anterior, defende-se, em aulas de CNT, a necessidade de abordagens mediadas sobre representações de estruturas submicroscópicas, que contemplem relações dialéticas entre conceitos cotidianos e científicos e, também, tomando cuidado para não recair em explicações de cunho verbalístico ou realístico, possibilitando aos estudantes níveis mais adequados de abstração e generalização.

Por exemplo, o modelo da macromolécula de DNA, mencionado por PEMB, representado nos LD com traços e bolas coloridas, ‘visto’ do ponto de vista dos conhecimentos cotidianos, nada teria a ver com a compreensão teórica da estrutura molecular representada, cabendo ao professor propiciar processos adequados de mediação didática, o que implicaria disponibilizar o acesso a linguagens e significados conceituais bastante específicos, criados, pelo uso da razão. Isso, ressaltando inclusive a necessidade do cuidado, por parte do estudante, para que, frente a um modelo de alguma representação de estrutura submicroscópica, ele não venha a incorrer em simplificações ou deturpações da compreensão teórica, relativamente à significação escolar.

Nos módulos, muitas discussões também trataram do uso de analogias no ensino de CNT, até pelo fato de que as abordagens do conteúdo “enzima” (articulado aos estudos sobre respiração, digestão, ação de fármacos e outros) apresentam, nos LD, figuras representativas da interação entre enzima-substrato, por meio da analogia “chave-fechadura”. Amplamente conhecida por professores que ensinam tal conteúdo, tal analogia diz respeito a representações de estruturas submicroscópicas e de interações entre partículas, cujos significados conceituais muitas vezes não são adequadamente ensinados por parte do professor, nem compreendidos por parte dos estudantes, em especial no ensino médio.

A Figura 04 deste trabalho (página 75) apresenta a analogia da chave-fechadura para explicar a atuação das enzimas. A figura representa adequadamente a especificidade da enzima, que só atua com o seu substrato, assim como cada chave só abre a sua respectiva fechadura. No entanto, deixa a desejar quanto à compreensão de outras variáveis, como as interações químicas, essenciais para a compreensão do mecanismo de ação de uma enzima. Num dos episódios apresentados anteriormente, nas páginas 85/86 deste trabalho (turno 138, *módulo 9*), MPU questionou sobre compreensões relacionadas a “*interações em nível atômico-molecular envolvidas nas reações enzimáticas, pelo ((uso do)) modelo chave-fechadura*”, no que se refere a possíveis entendimentos por parte de estudantes do ensino médio ou da universidade. MPU questionava se “*as analogias ou imagens ajudam ou atrapalham*”, ou “*reduzem a complexidade conceitual*” do aprendizado sobre as enzimas. Lopes, com base em Bachelard, chama a atenção ao processo de significação do conhecimento, ao dizer:

A razão acomodada ao que já se 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 (LOPES, 2007, p. 45).

Para além da analogia da chave-fechadura, problematizava-se (nos módulos e reunião) a analogia do “*morro energético*” (Figura apresentada na página 90 deste trabalho). Segundo Bachelard, tais analogias podem gerar obstáculos ao acesso do conhecimento científico, ficando-se preso ao senso comum. Assim, estudantes podem ficar “presos” ao análogo, sem direcionar o pensamento para a devida compreensão teórico-conceitual, desejada de ser ensinada e entendida pelos estudantes na escola. Com base em Lopes (1990, p. 196), pode-se compreender o gráfico do “morro” como uma *analogia realista*, podendo o estudante entender a “energia de ativação como uma montanha de energia” em que a molécula tem que subir para ocorrer a transformação, como expresso no módulo 8 e comentado durante a reunião realizada com licenciandos participantes da mesma (página 90, turno 295). Segundo Lopes, mesmo que o livro envolva, junto à figura, explicações teórico-conceituais, “a força da imagem se sobrepõe a qualquer abstração” (1990, p. 197), podendo impedir o acesso a conhecimentos que são desejados à aprendizagem dos estudantes.

Lopes (1990) apresenta e discute obstáculos epistemológicos que permeavam LD de Química de 1931 a 1990. Ao comparar a forma de apresentação visual daqueles LD (que foram expressos pela autora) com a apresentação visual dos LD analisados nesta pesquisa, percebe-se certa preocupação dos autores dos LD de Química, quanto à forma de apresentar conteúdos que demandam o uso de representações de estruturas submicroscópicas, evitando obstáculos como os animistas e realistas, que eram mais recorrentes nos LD analisados por Lopes.

No entanto, salienta-se que algumas das representações presentes nos LD de Biologia e Química do ensino médio são demasiadamente simplificadas para possibilitar compreensões teóricas relacionadas às interações de nível submicroscópico, a exemplo das representações da interação entre enzima e substrato apresentadas pelos LD4, LD1 e LD7 (páginas 75 e 85 deste trabalho), que pouco auxiliam para imaginar como se dá a catálise enzimática, em termos de interações químicas (como já foi discutido no item 4.2).

Nessa linha de discussão, mediações analisadas denotam um importante foco de problematização de concepções simplistas sobre representações de partículas e interações em nível atômico-molecular, que não levam em conta os riscos de incorrer em obstáculos na apropriação dos conhecimentos escolares. Isso tem suscitado reflexões consideradas de grande valor no ensino e na formação de professores de CNT (SANGIOGO; ZANON, 2009a, b e c), em especial no que se refere a evitar a tendência de manter a razão acomodada às imagens ou ao que já se conhece (LOPES, 2007).

No item que segue são apresentadas algumas considerações sobre o conjunto dos dados discutidos neste capítulo enfocando aspectos das interações consideradas relevantes, acompanhados de alguns novos resultados de pesquisa.

4.4 Reflexões sobre as Interações na Formação para o Ensino de Ciências da Natureza

A análise de abordagens mediante o uso de figuras em LD de Biologia e Química, articulada a manifestações dos sujeitos de pesquisa, desencadeou reflexões importantes de serem consideradas na mediação didática de conteúdos que envolvem o uso de representações de estruturas submicroscópicas. Afinal, tais discussões podem proporcionar processos de construção de conhecimentos escolares mais coerentes com os conhecimentos científicos, a exemplo de uma melhor compreensão sobre figuras que representam estruturas submicroscópicas que permeiam aulas e LD de nível médio e superior, compreendendo sua importância na Ciência e ensino de CNT, seus limites e potencialidades conceituais.

Dessa forma, módulos desenvolvidos e analisados permitiram abordagens e reflexões diversificadas sobre imagens representativas de estruturas submicroscópicas: objeto de análise e reflexão nesta pesquisa. Falas dos sujeitos corroboram o entendimento de que ‘modelo’ não pode ser estudado como um conteúdo dado de uma só vez, no ensino médio ou universidade. Por ser um instrumento didático-pedagógico que permeia as aulas e LD de Ciências/Química, precisa ser constantemente rediscutido e repensado, de modo que o estudante consiga perceber os limites conceituais das representações de estruturas submicroscópicas, a serem significadas (SANGIOGO; ZANON, 2009b).

Abordagens e explicações sobre situações vivenciais como as desenvolvidas nos módulos, para além do uso de conhecimentos cotidianos, envolvem um diversificado número de instrumentos e recursos didáticos em aulas de CNT. Não necessariamente seu uso implica um ensino e uma aprendizagem fáceis, ou ainda, relativos, somente ao uso de conhecimentos cotidianos. Com Lopes (1997, p. 53, baseada em BACHELARD), entende-se que “a perspectiva facilitadora do conhecimento científico não permite o questionamento sobre o conhecimento cotidiano”. Processos de apropriação e (re)construção de conhecimentos científicos e escolares não se estabelecem numa simples “continuidade entre o senso comum e o conhecimento científico”, como “ações mais banais do dia-a-dia” (idem). Tal perspectiva cria obstáculos que impedem o acesso a conhecimentos que a escola tem a pretensão de ensinar.

Assim, com base na análise dos resultados apresentados nesta pesquisa, pode-se dizer que há indícios que sinalizam o desenvolvimento de abordagens e reflexões, nos módulos, sobre a importância da vigilância epistemológica por parte do professor, no ensino de conteúdos que envolvem o uso de representações de estruturas submicroscópicas, as quais propiciam processos de apropriação e (re)construção de conhecimentos científicos escolares significativos à promoção do desenvolvimento humano e relevantes ao ensino de CNT.

Nesse sentido, o ensino e a aprendizagem de conteúdos da área das CNT que incluem, ou não, figuras relativas a representações de estruturas submicroscópicas, demandam processos dialéticos (de inter-relação) entre conhecimentos cotidianos e científicos, ou seja, explicações de situações vivenciais, pelo uso de linguagens específicas à cultura científica. Isso de modo a romper com visões simplistas baseadas no conhecimento do senso comum, ou, ainda, na visão de que o conhecimento científico, por si só, é capaz de proporcionar ao estudante uma melhor percepção sobre o mundo. Nesse sentido, necessita-se de processos dinâmicos de ruptura com a linearidade em que os conhecimentos são apropriados, tanto com o senso comum (cotidiano) (BACHELARD, 1996), quanto com o conhecimento científico (SOUZA SANTOS, 2003). Defende-se que seja no contexto escolar que tais rupturas e articulações possam melhor desenvolver-se, entrecruzando e inter-relacionando conhecimentos cotidianos e científicos, de modo a produzir conhecimentos escolares importantes ao contexto extraescolar dos estudantes.

Na tentativa de exemplificar uma situação em que, no módulo, se articulavam situações da vivência com a compreensão científica da situação em estudo, apresenta-se um trecho de um episódio (módulo 8), em que se problematizava a temática da “respiração” e seu ensino em CNT:

12: PU: [...] Combinamos que falaríamos [...] sobre respiração que já é um assunto bastante complexo. Eu queria contar rapidinho e relembrar um pouco com a turma, que, para nós, respiração é um conteúdo lá da respiração celular, que é estudado bastante, mas nas aulas de Biologia e um pouco na Química. Mas, que, para nós, também é um assunto da vivência, a gente respira, não aguenta sem respirar. [...]

13: LQ2: Isso é verdade!

14: PU: Essa temática nós queríamos focalizar ela em dois momentos. Uma, algumas coisas ligadas em termos de compreensão a bioenergética celular. A gente respira. Então tem ATP, energia, enfim, então tem alguma coisa ali. Uma outra questão que nos interessa é sobre enzimas. A gente tem falado aqui ((nas aulas de *Bioquímica II*)), várias vezes, como é que a gente pensa que são as enzimas, sobre a importância delas, [...] de admitir a existência delas e o modo como elas atuam. E nós temos essa preocupação. O grau de complexidade da compreensão está aqui. Não é tão fácil pra gente entender [...] e, também, como é que isso está lá nos livros do ensino médio. Só para ter uma visão genérica, então os alimentos são metabolizados, tá?, e, nessa metabolização, lá pelas tantas, entram a coenzima, o NAD, NADH, FAD, FADH₂, o consumo de oxigênio, produção de gás carbônico e, finalmente, então, essa produção de ATP, de energia. Esse é o panorama geral. Essa ideia que os nutrientes são ricos em energia, por exemplo a glicose, né? Na respiração celular, enfim, pelo catabolismo, esses nutrientes são transformados em produtos, agora mais pobres em energia, e essa diferença então é

aproveitada para formar intermediários. Mas como se compreende essa transformação energética? [...]

O episódio evidencia articulações dinâmicas entre conhecimentos cotidianos e científicos, que vêm sendo defendidos, no âmbito deste trabalho, por serem considerados elementos fundamentais de conhecimentos escolares a serem apropriados pelos estudantes.

No que tange a contribuições das interações propiciadas pelos módulos analisados para a formação no ensino de CNT, no âmbito do objeto de estudo deste trabalho, qual seja, abordagens relativas a representações de estruturas submicroscópicas em LD e no ensino de conteúdos/conceitos da área de CNT, depoimentos como o apresentado a seguir (registrado na reunião realizada após o *módulo 8*) evidenciam a importância das discussões sobre modelos.

584: L1: Realmente, eu não dava tanta importância de esclarecer os modelos, assim, esclarecer o que é um modelo, antes de nós ter... A PU que começou a desbloquear essa coisa, eu não tinha pensado nisso.

Na reunião realizada após o *módulo 9*, licenciandos também se pronunciaram sobre a relevância de espaços de interação como os desenvolvidos, expressando-se sobre a importância da vinda e participação dos professores do ensino médio em aulas da licenciatura.

32: L2: [...] A vinda de professores ((do ensino médio)), de depoimentos ((dos mesmos)) podem ajudar também assim na parte de tu acordar pra ver, que tu tem que saber aquilo, que aquilo tu vai ter que explicar um dia, tu tem que saber.

33: L1: Tu tem que aprender pra ensinar, né?

34: M1: E tu vê que até a professora da universidade [...] disse que não tem autoridade pra falar: “ah, vocês tem que ensinar desse jeito no ensino médio”.

Tais depoimentos permitem evidenciar a importância da coparticipação dos professores do ensino médio em aulas da licenciatura, propiciando discussões que levem os estudantes a darem-se conta de que estão num curso de licenciatura. Portanto, para além de aprender os conteúdos/conceitos, precisam compreender como desencadear uma aprendizagem significativa aos estudantes do ensino médio que, muitas vezes, como ressalta M1, um(a) professor(a) da universidade não tem ciência de como esse processo desenvolve-se no âmbito do ensino médio. Nesse sentido, depoimentos como os apresentados e discutidos acima (e durante todo este capítulo) remetem para a defesa de espaços interativos como os desenvolvidos, cientes de que proporcionam um (re)pensar sobre os processos de ensino e aprendizagem de conteúdos/conceitos da área das CNT.

A *análise microgenética* dá indícios de que as interações assimetricamente estabelecidas nos módulos enriquecem os espaços formativos, mediante reflexões sobre percepções da importância de mobilizar e expandir saberes docentes necessários ao ensino de

conteúdos/conceitos que envolvem representações de estruturas submicroscópicas. Pode-se perceber em diversos momentos, durante a análise dos depoimentos expressos pelos sujeitos de pesquisa, influências das interações (pelos questionamentos, reflexões ou discussões).

Ainda que incipientes, mudanças de sentido atribuídas a representações e modelos no ensino de CNT podem ser percebidas em manifestações, principalmente, nas falas dos licenciandos. Um exemplo é a mudança de sentido expressa por L3 num dos episódios anteriormente mencionados (página 101 deste trabalho, turnos 293 e 297). De início, L3 questiona a importância de discussões sobre ensino e educação, em aulas de Bioquímica, mas, logo após as interlocuções de PU, acaba contradizendo-se, evidenciando a importância de tais discussões em aulas e na formação de professores de CNT.

Os sujeitos participantes das reuniões também denotaram ter-se apropriado de um discurso desenvolvido nos *módulos de interação*, como se pode perceber em diversas falas registradas durante as reuniões. Tais percepções foram possibilitadas pela gravação, transcrição e análise minuciosa dos depoimentos dos sujeitos nos módulos, questionários e reuniões.

Imaginar e entender interações e reações metabólicas, com ou sem representações de estruturas submicroscópicas, exige elevados graus de abstração e generalização conceitual. Demanda o uso da racionalidade humana, que vai para além das impressões primeiras. Quando se pensa no ensino do metabolismo celular ou em outros assuntos que envolvem transformações químicas, faz-se necessário compreender que, a todo o momento, ‘estruturas químicas’ se fazem e refazem. A ‘entidade’ representada não é algo estático e colorido, como consta em figuras de LD. Os átomos, ligações químicas e moléculas representadas em LD não podem ser visualizados, nem com o auxílio de microscópicos. Têm estrutura tridimensional. Movimentam-se. Organizam-se e reorganizam-se mediante interações intramoleculares e intermoleculares, a todo momento. Nesse sentido, cabe ao professor ficar vigilante para as limitações das representações de modelos expressos nos LD (SANGIOGO; ZANON, 2009b).

Acredita-se que o uso diversificado de representações sobre o mesmo conteúdo/conceito, nas aulas, articulado a mediações relativas a modelos explicativos, pode ajudar a evitar obstáculos como o realismo. Assim, supõe-se que ao usar apenas uma figura representativa do modelo teórico de uma molécula, os estudantes, tendem a limitar ou impossibilitar a sua compreensão conceitual. É importante que o professor leve em conta que as representações, por si só, podem obstacularizar o acesso ao pensamento conceitual em Química/Ciências. Os estudantes podem ficar presos àquela imagem, tomando-a por real, ou com percepções de que uma imagem ou representação refere-se ao único modo de explicar um fato ou fenômeno, o que não passa de uma visão ingênua.

Cabe destacar a importância de discussões, como as apresentadas e analisadas, que envolveram diferentes sujeitos (licenciandos, mestrandos, professores do ensino médio e da universidade). Depoimentos e argumentos expressos pelos sujeitos de pesquisa reafirmam a relevância de tais espaços de interação, cientes de que podem contribuir no enriquecimento de saberes docentes a serem mobilizados no ensino de conteúdos/conceitos que envolvem imagens relativas a representações de estruturas submicroscópicas, típicas a aulas de CNT.

Nos espaços de interação investigados, saberes docentes, produzidos em âmbito escolar, entrecruzam-se com saberes produzidos em âmbito universitário. Assim, valoriza-se

[...] a visão de que, ao invés de dicotomizar as relações entre ciência e cotidiano, entre pesquisa e prática, interessa, mais, instituir e investigar processos de diálogo entre culturas que, sendo socialmente diferenciadas, são capazes de realimentarem-se entre si, enriquecendo os processos de formação (ZANON *et al.*, 2007, p. 11).

Assim como em módulos que antecederam a pesquisa, as mediações de sujeitos, assimetricamente estabelecidas, denotavam reflexões de cunho pedagógico e epistemológico, quanto à mediação de abordagens de conteúdos que envolvem representações de estruturas submicroscópicas e que integram os processos de apropriação e significação de conhecimentos escolares típicos ao contexto escolar. Um sujeito contribuía para a formação do ‘outro’, a partir de questionamentos e depoimentos relativos às práticas escolares. Acredita-se que a articulação entre Biologia e Química, entre conhecimento conceitual e contextual sobre o verbalismo e realismo, como se buscava desenvolver nos módulos, possa promover processos de reflexão e conceitualização mais significativos, no ensino e na formação para o ensino de CNT (SANGIOGO; ZANON, 2009b).

Refletia-se sobre a necessidade da mobilização de saberes docentes importantes no ensino de CNT, como, por exemplo, o uso de linguagens adequadas à compreensão de conceitos estruturantes do pensamento científico/químico e à vigilância aos obstáculos que impedem o acesso a conceitos científicos escolares. Com base, principalmente, em Vigotski (2001) e Bachelard (1996), compreende-se que, sem uma devida discussão teórica, imagens e representações correm o risco de assumir apenas um caráter ilustrativo e de mera facilitação, sem privilegiar a racionalização e a abstração, sem a qual não é possível (re)construir conceitos científicos/químicos significativos e relevantes à vida dos estudantes.

Nesse sentido, considera-se importante que reflexões como as desenvolvidas sejam inseridas em cursos de formação de professores, para que eles sejam mais bem capacitados e comprometidos com o ensino e a aprendizagem dos conteúdos/conceitos de CNT. Isso mediante a inclusão e/ou ampliação de reflexões fundamentadas sobre o caráter limitado de representações

de estruturas submicroscópicas, ou outras imagens e explicações de modelos teóricos que permeiam LD e aulas de ensino médio e da universidade (SANGIOGO; ZANON, 2009b).

5 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

A partir da análise da amostra de LD de Biologia e Química, pode-se inferir que nem todos os LD apresentam abordagens que favorecem, potencialmente, reflexões sobre o uso de representações de estruturas submicroscópicas ou sobre concepções/conhecimentos subjacentes ao ensino de CNT que envolve representações. Nem todos os LD contemplam abordagens sobre ‘modelo’ como sendo um conteúdo do ensino escolar e nem todos mencionam, junto a figuras relativas a representações de estruturas submicroscópicas, que as mesmas dizem respeito a um modelo teórico, constituindo-se numa representação parcial do mesmo, dentre várias outras possíveis. Resultados indicam, ainda, que é possível encontrar LD que denotam a intencionalidade de suscitar reflexões sobre representações de estruturas submicroscópicas, por exemplo, apresentando abordagens sobre as mesmas, acompanhadas de questionamentos e explicações que remetem para discussões em sala de aula relativas a concepções de ‘modelo’ na Ciência e no ensino de CNT, além de relacionar a importante noção de escala.

Tal constatação situa a percepção da relevância da mediação de abordagens/discussões sobre modelo e representação de estruturas submicroscópicas no ensino e na formação para o ensino de CNT, de modo a evitar incompreensões ou compreensões conceituais inadequadas relativamente às concepções aceitas nos contextos científico e escolar.

Interações entre licenciandos, mestrandos, professores da universidade e professores do ensino médio, desenvolvidas no âmbito do Gipec-Unijuí, são espaços privilegiados que enriquecem saberes docentes diversificados, ao proporcionar problematizações e reflexões sobre vivências, concepções e práticas docentes relativas a representações de estruturas submicroscópicas. Um sujeito contribui na formação do outro a partir de depoimentos e questionamentos diversos, potencializando melhorias junto aos processos de mediação didática concernentes a conteúdos/conceitos em aulas de CNT. A partir de resultados analisados, pode-se inferir que, dessa forma, os módulos interativos propiciam abordagens e reflexões que contribuem, potencialmente, para a melhoria da formação para o ensino de CNT.

A análise de abordagens e discussões importantes de serem consideradas na mediação didática de conteúdos/conceitos que envolve o uso de representações de estruturas submicroscópicas (como no conteúdo ‘enzimas e catálise enzimática’ nos módulos de interação

analisados) alerta para o fato de que os processos de apropriação e (re)significação de saberes científicos escolares (em nível atômico-molecular) dependem da mobilização de saberes docentes diversificados relativos à visão de relações entre sistemas conceituais complexos envolvidos na compreensão dos modelos teóricos em estudo. As representações usadas nem sempre são adequadas para orientar o conhecimento na direção do pensamento teórico/abstrato típico às compreensões conceituais.

Resultados apontam para a relevância de compreender a importância, os limites e as potencialidades de imagens/figuras representativas de estruturas submicroscópicas, de modo que os professores aprendam a lidar com obstáculos (como o realismo e verbalismo) que dificultam o pensar coerentemente, com pressupostos que regem a Ciência. Isso implica romper com visões dogmáticas de Ciência e evitar incorrer em obstáculos pedagógicos e epistemológicos que impedem os estudantes de terem acesso aos “verdadeiros” significados conceituais, que direcionam o pensamento a compreensões de nível submicroscópico de forma mais coerente com os modelos teóricos e suas representações, como é típico às Ciências.

Nesse sentido, além de prestar atenção às formas de representação de estruturas submicroscópicas, o professor necessita ficar vigilante ao uso de palavras e sentidos expressos nos LD e em aulas de CNT. Isso tudo demanda, por parte do professor, a produção e mobilização de saberes diversificados: afinal, eles são os principais agentes responsáveis pela socialização de conhecimentos científicos junto aos estudantes, proporcionando-lhes condições para entenderem e participarem de forma mais consciente e responsável da/na sociedade.

Assim, levando-se em conta a constatação de que as representações de estruturas submicroscópicas são inerentes ao ensino de conteúdos/conceitos da área das CNT, pode-se dizer que os resultados de pesquisa construídos apontam para a relevância da contribuição de espaços de interação e formação como os analisados no âmbito desta pesquisa. Tais interações podem possibilitar rupturas com formas tradicionais de ensino, assentadas nos continuísmos entre conhecimento cotidiano e científico, promovendo o desenvolvimento de processos interativos com potencialidade para promover saberes docentes dinamicamente constituídos, importantes de serem inseridos e discutidos na formação docente. Ou seja, defende-se a inserção de reflexões, como as analisadas neste trabalho, em espaços de ensino e de formação de professores da área das CNT, “constituindo” sujeitos mais capacitados e comprometidos com o ensino e a aprendizagem de CNT.

Ao final desta pesquisa, corrobora-se a importância de levar em conta referenciais teóricos, como os de Vigotski e Bachelard, que se mostraram importantes para a análise e discussão dos processos de construção dos conhecimentos escolares, na medida em que os

referidos autores entendem o sistema cognitivo humano como um processo sempre inacabado, de retificação, de construção/reconstrução de conceitos e conhecimentos. Tal entendimento leva em conta a especificidade dos processos de conhecimento configurados em diferentes contextos socioculturais – no cotidiano, na escola, na comunidade científica. Compreende-se que seja nas inter-relações entre tais contextos, possibilitadas nas interações intersubjetivas, com atenção à vigilância nos processos de ensino e de aprendizagem, que os sujeitos se desenvolvem, constituindo suas *funções psicológicas superiores*, que podem ser, de alguma forma, reportadas à visão do desenvolvimento de um *novo espírito científico*, como (re)construção histórico-cultural permanente, enquanto ser humano/social.

Resumidamente, podem-se destacar alguns pontos defendidos no decorrer desta pesquisa, importantes de serem considerados no processo de mediação didática de conteúdos ou conceitos que apresentam algum tipo de representação de estruturas submicroscópicas, em LD ou em aulas de CNT, quais sejam:

- tratar de ‘modelo’ como conteúdo do ensino de CNT, sua importância tanto na Ciência quanto no ensino de CNT;
- ressaltar que representações de estruturas submicroscópicas que permeiam aulas e LD de CNT são representações parciais de modelos teóricos (de explicação), criados a partir do conhecimento científico;
- discutir os limites e as potencialidades de compreensão conceitual do que está representado em imagens relativas a estruturas submicroscópicas que permeiam aulas e LD de CNT;
- utilizar linguagens adequadas (signos e significados) relativamente às Ciências, mediando compreensões de ‘entidades’ de nível atômico-molecular (átomos, íons, moléculas, interações intra e intermoleculares, etc.), de modo que estudantes possam ir significando-as mediante pensamentos abstratos, indo além do que está representado e, assim, possibilitar compreensões coerentes com a complexidade conceitual relativa às representações;
- ficar vigilante ao uso de palavras e sentidos expressos pelos estudantes, evitando incompreensões conceituais e obstáculos que impedem o desenvolvimento do pensamento teórico-conceitual e, assim, o acesso aos conhecimentos científicos em estudo; e
- possibilitar movimentos dialéticos de “ir e vir” entre os níveis macro, micro e submicroscópico, inclusive ressaltando, nos processos de ensino, inter-relações entre conhecimentos cotidianos e científicos, considerados essenciais aos processos de construção de conhecimentos tipicamente escolares.

Outras considerações referentes ao objeto de estudo deste trabalho poderiam ser apresentadas, mas cabe interromper este processo de escrita.

Seguindo as perspectivas de Bachelard, entende-se que o mérito não está em encontrar as respostas, mas em saber levantar e explicitar problemas. Algumas questões podem ainda ser apresentadas, que poderão orientar novos estudos: de que forma processos de mediação didática e discussões como as referidas neste trabalho contribuem no ensino e na aprendizagem de conhecimentos escolares pelos estudantes em aulas de CNT (na educação básica ou superior)? Que significados conceituais seriam construídos a partir de imagens relativas a representações de estruturas submicroscópicas? Quais mediações potencializariam a capacidade de entendê-las e de (re)criar seus próprios modelos? De que forma as abordagens e compreensões mediante o uso de representações de estruturas submicroscópicas contemplariam articulações entre os conhecimentos aprendidos na escola e os desenvolvidos no contexto extraescolar?

Essas e outras questões permanecem em aberto e demandam novas pesquisas, não na tentativa de encontrar respostas definitivas, mas de contribuir na melhoria do ensino e da formação para o ensino, na área das CNT, bem como ao avanço do conhecimento na área de Educação em CNT, de modo a proporcionar processos de (re)construção de conhecimentos escolares mais significativos e relevantes à vida dos estudantes.

LIVROS DIDÁTICOS

- AMABIS, José M.; MARTHO, Gilberto R. *Biologia*. Vol. 1, 2, ed., São Paulo: Moderna, 2004.
- BELTRAN, Nelson O.; LIEGEL, Rodrigo M. *Química: Ensino Médio*. Vol. 1, Brasília: CIB – CisBrasil, (Coleção SER), 2004.
- CARVALHO, Wanderley. *Biologia em foco*. Vol. único. São Paulo: FTD, 2002.
- CÉSAR, S. J.; SEZAR, S. *Biologia*. Vol. único. São Paulo: Saraiva, 1998.
- CHEIDA, Luiz Eduardo. *Biologia integrada*. Vol. único. São Paulo: FTD, 2003.
- FELTRE, Ricardo. *Química*. Vol. 1, 5. ed., São Paulo: Moderna, 2000.
- LAURENCE J. *Biologia: Ensino Médio*. Vol. único, São Paulo: Nova Geração, 2005.
- LINHARES, Sérgio; GEWANDSZAJDER, Fernando. *Biologia: Ensino Médio*. Vol. único, São Paulo: Ática, 2007.
- LOPES, Sonia. *Biologia*. Vol. único, São Paulo: Saraiva, 1999.
- LOPES, Sonia. *Bio*. Vol. único, 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2007.
- LOPES, Sonia. *Bio*. Vol. único. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2008.
- PEQUIS (Projeto de Ensino de Química e Sociedade). SANTOS, Wildson L. P.; MÓL, Gerson S. (Orgs.). *Química e Sociedade: Ensino Médio*. Vol. único, São Paulo: Nova Geração, 2005.
- PERUZO, Francisco M; CANTO, Eduardo L. *Química na abordagem do cotidiano*. Vol. 3, 2 ed., São Paulo: Moderna, 1998.
- SMITH, Colleen; MARKS, Allan; LIEBERMAN, Michael. *Bioquímica Médica Básica de Marks*. Tradução de Ângela de Mattos Dutra ... [et al.]. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.
- VOET D.; VOET J. *Bioquímica: CD-ROM*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Joana J.; SMOLKA, Ana Luiza B. A construção do conhecimento em diferentes perspectivas: contribuições de um diálogo entre Bachelard e Vigotski. *Ciência & Educação*. v. 15, n. 2, p. 254-68, 2009.

ANGOTTI, José A. *Fragmentos e totalidades no conhecimento científico e no ensino de Ciências*. São Paulo: FEUSP, 1991. Tese de doutorado.

BACHELARD, Gaston. *O novo espírito científico*. Tradução de Remberto Francisco Kuhnen. São Paulo: Abril Cultural, 1978a, p. 89-180. (Coleção “Os Pensadores”).

_____. *A filosofia do não*. Tradução de Joaquim José Moura Ramos. São Paulo: Abril Cultural, 1978b, p. 1-88. (Coleção “Os Pensadores”).

_____. *Epistemologia - trechos escolhidos por Dominique Lecourt*. Tradução de Nathanael C. Caixeiro. Rio de Janeiro: Zahar, 1983.

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

BORGES, Antonio T. Como evoluem os modelos mentais. *Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 1, n. 1, set. 1999. Disponível em: <http://www.fae.ufmg.br/ensaio/v1_n1/1_5.pdf>. Acesso em: 15 set. 2009.

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

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

_____. *Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias/ Secretaria de Educação Básica*. V. 2, Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006.

_____. *Química: catálogo do Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio: PNLEM/2008/ Secretaria de Educação Básica, Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação*. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2007.

_____. *Biologia: catálogo do Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio: PNLEM/2009/ Secretaria de Educação Básica, Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação*. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2008.

BULCÃO, Marly. *O racionalismo da Ciência contemporânea: uma análise da epistemologia de Gaston Bachelard*. Rio de Janeiro: Antares, 1981.

CARVALHO, Anna Maria P. Uma metodologia de pesquisa para estudar os processos de ensino e aprendizagem em salas de aula. In. SANTOS, Flávia M. T.; GRECA, Ileana, M (Orgs.). *A pesquisa em ensino de Ciências no Brasil e suas metodologias*. Ijuí: UNIJUÍ, p. 13-48, 2007.

CHAGAS, Aécio P. *Como se faz Química: Uma reflexão sobre a química e a atividade do químico*. Campinas: UNICAMP, 1989.

FERREIRA, Poliana F. M. *Modelagem e suas contribuições para o ensino de Ciências: uma análise no estudo de equilíbrio químico*. Belo Horizonte: FE/UFMG. 2006. Dissertação de Mestrado em Educação.

_____; JUSTI, Rosália S. Modelagem e o “fazer Ciência”. *Química Nova na Escola*. N. 28, p. 32-36, 2008.

GEHLEN, Simoni T. *A função do problema no processo ensino - aprendizagem de Ciências: contribuições de Freire e Vygotsky*. Florianópolis: UFSC, 2009. Tese de Doutorado em Educação Científica e Tecnológica.

GÓES, Maria C. R. As relações intersubjetivas na construção de conhecimentos. In.: GÓES, Maria C. R.; SMOLKA, Ana Luiza B. (Orgs.). *A significação nos espaços educacionais: interação social e subjetivação*. Campinas: Papirus, 1997, p. 11-28.

_____. A abordagem microgenética na matriz histórico-cultural: uma perspectiva para o estudo da constituição da subjetividade. *Cadernos Cedes*. ano XX, n. 50, p. 9-25, 2000.

HALL, Stuart. *A identidade cultural na pós-modernidade*. Tradução de Tomaz Tadeu da Silva e Guacira L. Louro. Rio de Janeiro: DP&A, 1997.

JUSTI, Rosária S. Proposição de um modelo para análise do desenvolvimento do conhecimento de professores de Ciências sobre modelos. In. *Anais do IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Bauru/SP, 2003.

_____. La enseñanza de Ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*. v. 24, n. 2, p. 173-184, 2006.

LEHN, Jean-Marie; BALL, Philip. Química supramolecular. In. HALL, Nina e cols. (trad. SANTOS, S. S. e cols.). *Neoquímica – a química moderna e suas aplicações*. Porto Alegre: Bookman, p. 241-282, 2004.

LIMA, Maria E. C.; BARBOZA, Luciana C. Ideias estruturadoras do pensamento químico: uma contribuição ao debate. *Química Nova na Escola*. n. 21, p. 39-43, maio 2005.

LOPES, Alice R. C. *Livros didáticos: obstáculos ao aprendizado da Ciência Química*. Rio de Janeiro: IESAE, 1990. Dissertação de Mestrado em Educação.

_____. Bachelard: O filósofo da desilusão. *Cadernos Catarinenses de Ensino de Física*. Florianópolis, v. 13, n. 3, p. 248-276, 1996.

_____. Conhecimento escolar: inter-relações com conhecimentos científicos e cotidianos. *Contexto e Educação*. Ijuí: UNIJUÍ. n. 45, p. 40-59, 1997.

_____. *Conhecimento escolar: ciência e cotidiano*. Rio de Janeiro: UERJ, 1999.

_____. *Currículo e epistemologia*. Ijuí: UNIJUÍ, 2007.

LÜDKE, Menga; ANDRÉ, M. *Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: EPU, 1986.

MALDANER, Otavio A.; ZANON, Lenir. 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: UNIJUÍ, p. 43-64, 2004.

MARQUES, Mario O. *Conhecimento e modernidade em reconstrução*. Ijuí: UNIJUÍ, 1993.

MARTINS, André Ferrer P. Sobre rupturas (e continuidades). In. MARTINS, André Ferrer P. (Org.). *Física: ainda é cultura?* São Paulo: Livraria de Física, p. 259-280, 2009.

McLAREN, Peter. *A vida nas escolas: uma introdução à pedagogia crítica nos fundamentos da educação*. Porto Alegre: Artes médicas, 1997.

MELEIRO, Alessandra; GIORDAN, Marcelo. Hipermídia no ensino de modelos atômicos. Conectividade. LAPEQ: USP/FE. Jun. 2003. Disponível em: <<http://www.lapeq.fe.usp.br/textos/educ/pdf/quimica-multimidia.pdf>>. Acesso em: 23 nov. 2009.

MENEZES, Anna Paula A. B. *Contrato didático e transposição didática: inter-relações ente os fenômenos didáticos na iniciação à álgebra na 6ª série do ensino fundamental*. Recife/PE: UFPE, 2006. Tese de doutorado em Educação.

MOREIRA, Marco A. Modelos mentais. *Revista Investigações em Ensino de Ciências*. V. 1, n. 3, p. 193-232, 1996.

MOREIRA, Adelson F.; BORGES, Oto. Ambiente de aprendizagem de Física mediado por animações. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*. Belo Horizonte: ABRAPEC, V. 7, n. 1, p. 29-50, 2007.

MORTIMER, Eduardo F.; MACHADO, Andréa H.; ROMANELLI, Lilavate I. A proposta curricular de química do Estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. *Química Nova*. V. 23, n. 2, p. 273-283, 2000.

NOGUEIRA, Ana Lúcia H. Eu leio, ele lê, nós lemos: processos de negociação na construção da leitura. SMOLKA, Ana L. B.; GÓES, Maria C. R. (Orgs.). *A linguagem e o outro no espaço escolar: Vygotsky e a construção do conhecimento*. Campinas: Papirus, 1993, p. 15-34.

OLIVEIRA, Vera Lúcia B. *et al.* Cadeia alimentar: modelos e modelizações no ensino de Ciências Naturais. In. *Anais do IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Bauru/SP, 2003.

PADILHA, Paulo R. *Currículo intertranscultural: novos itinerários para a educação*. V. 9. São Paulo: Cortez, 2004.

PINO, Angel. O conceito de mediação semiótica em Vygotsky e seu papel na explicação do psiquismo humano. *Cadernos Cedes*. ano XX, n. 24, p. 32-43, 2000.

REGO, Teresa C. *Vygotsky: uma perspectiva histórico-cultural da Educação*. 15. ed., Petrópolis: Vozes, 2003.

SACRISTÁN, José Gimeno. O currículo e diversidade cultural. In. SILVA, Tomaz T.; MOREIRA, Antonio F. *Territórios contestados: o currículo e os novos mapas políticos e culturais*. Petrópolis/RJ: Vozes, p. 82-113, 1995.

SANGIOGO, Fábio A.; ZANON, Lenir B. Relações de diálogo entre conhecimentos de nível contextual e conceitual na produção do conhecimento químico escolar. *Revista Encontros de Investigação na Escola*. 2006. Disponível em: <<http://www.ceamecim.furg.br/revistainvestigacao/index.php/investigacao/article/view/60/39>>. Acesso em 20 mar. 2009.

_____; ZANON, Lenir B. *A Química como Ciência e suas relações na produção do conhecimento escolar*. Trabalho de Sistematização de Curso. Ijuí: UNIJUÍ, 2007.

_____; ZANON, Lenir B. Reflexões sobre a formação docente referentes a abordagens de estruturas submicroscópicas em livros didáticos de ensino médio. In.: *Anais do VI Congresso Internacional de Educação*. São Leopoldo: UNISINOS, 2009a.

_____; ZANON, Lenir B. Mobilização de linguagens e pensamentos necessários à compreensão de modelos de estruturas submicroscópicas em aulas de Ciências. In. *Anais do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Florianópolis, 2009b.

_____; ZANON, Lenir B. Reflexões sobre o uso de modelos de estruturas submicroscópicas em aulas de bioquímica da universidade. In. *Anais do 29º Encontro de Debates sobre Ensino de Química*. Santa Maria: UNIFRA, 2009c.

SANTOS, Wildson L. P.; SCHNETZLER, Roseli P. *Educação em Química: compromisso com a cidadania*. Ijuí: UNIJUÍ, 1997.

SANTOS FILHO, Pedro Faria. *Estrutura atômica & ligação química*. 2. ed., Campinas: UNICAMP, 2007.

SILVA, Henrique C. *et al.* Cautela ao usar imagens em aulas de Ciências. *Ciência & Educação*, V. 12, n. 2, p. 219-233, 2006.

SILVA, Ilton Benoni. *Inter-relação: a pedagogia da ciência - uma leitura do discurso epistemológico de Gaston Bachelard*. 2. ed., Ijuí: UNIJUÍ, 2007.

SILVA, Suzeley Leite A.; VIANA, Marcelo Machado; MOHALLEM, Nelcy Della S. Afinal, o que é nanociência e nanotecnologia? uma abordagem para o ensino médio. *Química Nova na Escola*. V. 31, n. 3, p. 172-178, 2009.

SOUZA SANTOS, Boaventura. *Um discurso sobre as Ciências*. São Paulo: Cortez, 2003.

SOUZA, Vinícius C. de Assis. *O desafio da energia no contexto da termoquímica: modelando uma nova ideia para aquecer o ensino de Química*. Belo Horizonte: FE/UFMG, 2007. Dissertação de Mestrado em Educação.

TARDIF, Maurice. *Saberes docentes & formação profissional*. 8. ed. Rio de Janeiro: Vozes, 2007.

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

ZANON, Lenir B. *Interações de licenciandos, formadores e professores na elaboração conceitual de prática docente: módulos triádicos na licenciatura de química*. Piracicaba/SP: Universidade Metodista de Piracicaba. 2003. Tese de Doutorado em Educação.

ZANON, Lenir B. *et al.* A contextualização como perspectiva na formação para o ensino em Ciências Naturais. *Anais do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Florianópolis: UFSC, 2007.

ZANON, Lenir B. *et al.* Recontextualização pedagógica de conceitos/conteúdos em Ciências em uma prática interdisciplinar e contextualizada no ensino médio. In.: GALIAZZI, Maria do C. *et al.* *Aprender em rede na Educação em Ciências*. Ijuí: UNIJUÍ, p. 35-56, 2008.

ZANON, Lenir B.; HAMES, Clarinês; SANGIOGO, Fábio A. A inserção de reflexões sobre concepções de prática docente em espaços de *interação triádica* na formação para o ensino de Ciências. In.: *Anais do XIV Encontro Nacional de Didática e Prática de Ensino*. Porto Alegre: ediPUCRS, 2008.

_____; SANGIOGO, Fábio A. A apropriação do pensamento químico por parte de estudantes na fase inicial da formação em um curso de graduação em Química. In.: *Anais do XIII Encontro Nacional de Ensino de Química*. Campinas: UNICAMP, 2006.

_____; SANGIOGO, Fábio A.; BECKER, Raquel W. Interações de licenciandos, professores do ensino médio e da universidade em aulas de um curso de Licenciatura em Química In.: *Anais do XIV Encontro Nacional de Didática e Prática de Ensino*. Porto Alegre: ediPUCRS, 2008a.

_____; SANGIOGO, Fábio A., BECKER, Raquel W. A inserção de abordagens sobre Química supramolecular em espaços interativos desenvolvidos em aulas da Licenciatura. In.: *Anais da 31ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*. Águas de Lindóia: SBQ/Adaltech, 2008b.

ANEXO E APÊNDICES

ANEXO 01



UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
Reconhecida pela Portaria Ministerial nº 497 de 28/06/85 - D.O.U 01/07/85, Regionalizada pelas Portarias
Ministeriais nº 1626 de 10/11/93 - D.O.U 11/11/93 e nº 818 de 27/05/94 - D.O.U 30/05/94

VICE-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO, PESQUISA E EXTENSÃO



PARECER CONSUBSTANCIADO Nº. 191/2008

Protocolo de Pesquisa nº. 0110/2008 de 11/09/2008

Projeto: “*Modelos Representativos de Estruturas Moleculares e Supramoleculares em Abordagens Contextualizadas de Teorias Científicas: Processos de Construção do Conhecimento Escolar na Formação para o Ensino de Biologia e Química*”.

Projeto de Dissertação – Mestrado em Educação nas Ciências

Pesquisador Responsável : Fábio André Sangiogo

Orientador(a): Profª. Lenir Basso Zanon

Instituição Responsável: UNIJUI / Departamento de Pedagogia

Área do Conhecimento: Ciências Humanas - Educação

Avaliação do Protocolo de Pesquisa, segundo orientações da Resolução CNS nº. 196/1996

Documentos apresentados: Folha de Rosto, Projeto de Pesquisa, Orçamento, Cronograma, Currículos *Lattes* da Orientadora e do Orientando e Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

DESCRIÇÃO E ANÁLISE DO PROJETO DE PESQUISA

Trata-se de Projeto de Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação (*Stricto Sensu*) em Educação nas Ciências.

O projeto de pesquisa apresenta em sua introdução os motivos do estudo e a sustentação de sua importância e justificativa.

Assim diz o autor: “No âmbito deste Projeto, tenho por interesse investigar processos de ensino e aprendizagem relacionados à compreensão e uso de modelos representativos de estruturas moleculares e supramoleculares que integram processos de construção e reconstrução de conhecimentos escolares característicos a aulas de cursos de licenciatura em Biologia e Química.”



Como relevância do estudo traz o autor que “O interesse na abordagem do assunto partiu de estudos desenvolvidos durante a atuação como licenciando em Química e bolsista de iniciação científica em Subprojetos de pesquisa (FAPERGS e CNPq), desenvolvidos junto ao Gipec-Unijuí (Grupo Interdepartamental de Pesquisa sobre Educação em Ciências).”

O objetivo geral do estudo é descrito: “Identificar e analisar abordagens concernentes a modelos representativos de estruturas moleculares e supramoleculares em aulas de componentes curriculares das Licenciaturas de Biologia e/ou Química, focalizando o uso de recursos imagéticos (gravuras, esquemas, imagens representativas) e em livros didáticos de Biologia e Química do ensino médio.”

Propósitos e Hipóteses a serem testados

As questões de pesquisa são identificadas. Ainda o autor descreve que a pesquisa “envolve o planejamento e análise de *módulos de interação triádica* entre licenciandos, professores da universidade e do ensino médio (ZANON; SCHNETZLER, 2001) em aulas dos cursos de licenciatura em Biologia e/ou Química da universidade, com a análise das interações dos sujeitos, quanto ao comparecimento de processos de significação e (re)significação de modelos representativos de estruturas moleculares e supramoleculares, característicos das explicações de fenômenos e situações vivenciais. Análise de respostas de estudantes da universidade, quanto à interpretação de questões vivenciais que envolvem modelos cotidianamente apresentados pelos livros didáticos e aulas de Biologia e Química da universidade e do ensino médio; além, da análise quanto ao comparecimento e abordagem dos modelos em livros didáticos de Biologia e Química do ensino médio.”

As hipóteses de pesquisa são sustentadas e aparecem de forma clara.

Fundamentação Teórica

Está adequada ao tratamento do objeto, e desenvolvida suficientemente.

Metodologia

Esta pesquisa se classifica como “natureza qualitativa”.

São descritos nesse item os procedimentos metodológicos escolhidos pelo autor do estudo.

“- Análise de alguns livros didáticos de Biologia e Química aprovados no Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio (PNLEM), quanto a presença de abordagens e explicações dos modelos. Seguido da análise quanto a qualidade do comparecimento das representações de modelos que envolvem estruturas moleculares e supramoleculares;

- Planejamento e desenvolvimento de pelo menos quatro *módulos de interação triádica* (de licenciandos, professores do ensino médio e professores da universidade) em aulas do curso de licenciatura em Biologia e/ou Química da Unijuí. Os módulos envolverão a abordagem de situações vivenciais articulados aos conhecimentos científicos (que incluem abordagens sobre modelos) sobre os assuntos selecionados (transformações químicas e seus efeitos energéticos e nanomateriais). O planejamento de cada módulo contemplará atividades de interação em contexto escolar envolvendo conversas, entrevistas, observações e registros relativos aos planejamentos e as práticas de sala de aula, por parte do professor convidado, com atenção focalizada no comparecimento de abordagens sobre modelos representativos de estruturas moleculares e supramoleculares.



- Registros das interações dos sujeitos nos módulos em aulas (em áudio e/ou vídeo e em agenda de campo). Transcrição das fitas com identificação e análise minuciosa das falas dos sujeitos, para a construção de categorias e episódios representativos;

- Elaboração e aplicação de questionários junto a professores e estudantes envolvidos nos módulos, com vistas à análise quanto a percepções de conhecimentos químicos envolvidos na interpretação e significação conceitual dos modelos representativos presentes em livros didáticos e/ou explicações que envolvam o uso de modelos e sua relação com a explicação teórico/conceitual sobre situações propostas;

- A partir da análise dos módulos e respostas dos questionários, elaborar e realizar entrevistas semi-estruturadas com sujeitos (escolhidos por critérios a ser definidos pela pesquisa);

- Análise de materiais empíricos, contando com apoios de referenciais teóricos relacionados às questões e objetivos da pesquisa.

Estão previstas as participações dos seguintes sujeitos conforme descrito neste item:

“A população abrangida no estudo é constituída de:

- aproximadamente 60 licenciandos (4 Módulos, cada um em uma turma da Licenciatura, com aproximadamente 15 licenciandos, sendo que, em alguns, poderá tratar-se dos mesmos indivíduos, considerando-se que estarão cursando componentes curriculares diferentes).

- aproximadamente 6 professores da universidade (um ou dois em cada Módulo, sendo que, em alguns, poderá tratar-se dos mesmos indivíduos, considerando-se que um mesmo docente poderá estar ministrando aulas em componentes curriculares diferentes).

- aproximadamente 8 professores da Educação Básica (cerca de dois em cada um dos quatro Módulos junto à Licenciatura). “

Análise crítica de Riscos e Benefícios

O autor da pesquisa apresenta de forma adequada os aspectos referentes à ética em pesquisa com seres humanos. Refere que o instrumento de pesquisa será elaborado a partir das análises dos livros didáticos e das aulas desenvolvidas não sendo apresentado como anexo ao projeto, neste momento.

Duração total da pesquisa

Adequada conforme o apresentado no cronograma.

Explicitação dos critérios para suspender ou encerrar a pesquisa

Mencionado no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Explicitação das responsabilidades do pesquisador, da instituição, do promotor e do patrocinador

Contemplado o necessário.

Local da pesquisa

Descrito de forma adequada.



Cronograma e Orçamento financeiro.
Adequado.

Demonstrativo da existência de infra-estrutura necessária.
Suficiente para o tipo de estudo proposto.

Explicitação de acordo preexistente quanto à propriedade das informações geradas, demonstrando a inexistência de qualquer cláusula restritiva quanto à divulgação pública dos resultados.

Mencionado no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Declaração sobre o uso e destinação do material e/ou dados coletados.
Mencionado no projeto.

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Apresenta redação em linguagem acessível contemplando as informações necessárias ao tipo de estudo proposto.

PARECER DO COMITÊ

O parecer final deste Comitê é de **APROVAÇÃO** do protocolo de pesquisa.

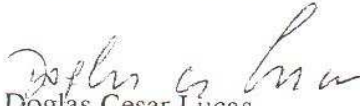
O sujeito da pesquisa tem a liberdade de recusar-se a participar ou de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado (Res. CNS 196/96 - Item IV. 1. f) e deve receber uma cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, na íntegra, por ele assinado (Item IV. 2. d).

As pesquisadoras devem desenvolver a pesquisa conforme delineada no protocolo aprovado e descontinuar o estudo somente após análise das razões da descontinuidade pelo CEP (Res. CNS Item III. 3. z), aguardando seu parecer, exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao sujeito participante.

O CEP deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo (Res. CNS Item V.4). É papel do pesquisador, assegurar medidas imediatas adequadas frente a evento adverso grave ocorrido e enviar notificação ao CEP junto com seu posicionamento.

O Relatório final deve ser apresentado ao CEP, ao término do estudo.

Ijuí, 10 de outubro de 2008


Douglas Cesar Lucas
Coordenador do CEP/UNIJUI





Título do Projeto de Pesquisa

Modelos Representativos de Estruturas Moleculares e Supramoleculares em Abordagens Contextualizadas de Teorias Científicas: Processos de Construção do Conhecimento Escolar na Formação para o Ensino de Biologia e Química

Situação	Data Inicial no CEP	Data Final no CEP	Data Inicial na CONEP	Data Final na CONEP
Aprovado no CEP	11/09/2008 16:42:12	19/12/2008 11:01:01		

Descrição	Data	Documento	Nº do Doc	Origem
1 - Envio da Folha de Rosto pela Internet	08/09/2008 14:11:57	Folha de Rosto	FR217722	Pesquisador
2 - Recebimento de Protocolo pelo CEP (Check-List)	11/09/2008 16:42:12	Folha de Rosto	0110.0.122.000-08	CEP
3 - Protocolo Aprovado no CEP	19/12/2008 11:00:57	Folha de Rosto	191/2008	CEP

[Voltar](#)



Título do Projeto de Pesquisa

Interações Triádicas de Licenciandos, Professores da Educação Básica e da Universidade em Espaços de Formação para o Ensino em Ciências Naturais

Situação	Data Inicial no CEP	Data Final no CEP	Data Inicial na CONEP	Data Final na CONEP
Aprovado no CEP	10/07/2007 16:57:15	25/04/2008 08:25:15		

Descrição	Data	Documento	Nº do Doc	Origem
1 - Envio da Folha de Rosto pela Internet	05/07/2007 17:31:18	Folha de Rosto	FR146375	Pesquisador
2 - Recebimento de Protocolo pelo CEP (Check-List)	10/07/2007 16:57:15	Folha de Rosto	0066.0.122.000-07	CEP
3 - Protocolo Pendente no CEP	01/10/2007 08:19:14	Folha de Rosto	125/2007	CEP
4 - Protocolo Aprovado no CEP	25/04/2008 08:25:15	Folha de Rosto	038/2008	CEP

[Voltar](#)

APÊNDICE I

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezado(a) Senhor(a)

Este Termo refere-se ao Projeto de Pesquisa “Interações Triádicas de Licenciandos, Professores da Educação Básica e da Universidade em Espaços de Formação para o Ensino em Ciências Naturais”, no qual estão inseridos os Subprojetos: “Modelos Representativos de Estruturas Moleculares e Supramoleculares em Abordagens Contextualizadas de Teorias Científicas na Formação para o Ensino de Biologia e Química” e “Contribuições de Abordagens Contextuais e Interdisciplinares do Conceito Energia em Ações de Formação Docente Inicial em Biologia”, desenvolvidos no âmbito do Gipec-Unijuí e do Programa de Pós-Graduação em Educação nas Ciências da UNIJUI.

Busca-se desenvolver e investigar interações, simultaneamente, de professores da educação básica com licenciandos e professores da universidade, focalizando práticas de formação para o ensino na área de Ciências Naturais. Contribuições da pesquisa referem-se à perspectiva da contextualização e interdisciplinaridade no desenvolvimento do conceito **energia** em aulas ou livros didáticos de Biologia e Química do ensino médio, incluindo análises de gravuras/imagens representativas de **modelos** de estruturas moleculares e supramoleculares, com atenção à construção de conhecimentos escolares.

Trata-se de uma pesquisa de natureza qualitativa que abrange análise de livros didáticos, realização e análise de *Módulos de interação triádica* (entre professores do ensino médio, da universidade e licenciandos), com registros (gravação) de falas dos sujeitos em aulas da Licenciatura. Poderão ser aplicados questionários e/ou realizadas entrevistas com alguns sujeitos da pesquisa a partir da análise dos Módulos.

Fica assegurado que os sujeitos envolvidos não incorrerão em nenhum risco advindo de sua participação e que poderão obter benefícios através do acesso aos resultados da pesquisa, no que tange a avanços do conhecimento sobre espaços alternativos de formação investigados.

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, livros e dissertação), sendo que os depoentes terão acesso às mesmas através da disponibilização pelo Gipec-Unijuí (55-3332-0266, gipec@unijui.edu.br). Está garantido que a participação dos sujeitos estará isenta de qualquer despesa financeira, como também, de qualquer tipo de constrangimento ético/moral.

Nós (pesquisadores) Fábio André Sangiogo, Lenir Basso Zanon e Sandra Maria Wirzbicki assumimos toda e qualquer responsabilidade no decorrer da investigação e garantimos que as informações registradas somente serão utilizadas para estas pesquisas, podendo os resultados virem a ser publicados. Possíveis dúvidas quanto a sua participação poderão ser esclarecidas por qualquer um de nós, nos endereços, telefones e e-mails abaixo:

Fábio André Sangiogo, Rua Peri da Rosa, 66 Bairro São Geraldo, Ijuí/RS, CEP 9700-000. E-mail: fabiosangiogo@yahoo.com.br. Fone: (55)-9907-7064; Sandra Maria Wirzbicki, Rua Simão Hickembick, 813, Bairro Elizabeth, Ijuí/RS, CEP 98700-000. E-mail: swirzbicki@yahoo.com.br. Fone: (55)9135-5403; Lenir Basso Zanon, Rua Dom Antônio Reis, nº 58, Bairro Elizabeth, Ijuí/RS, CEP 98700-000. E-mail bzanon@unijui.edu.br. Fones: (55)3332-4466 e (55)9978-0081.

Os membros do Comitê de Ética em Pesquisa da UNIJUI – Rua do Comércio, 3000 – Bairro Universitário, Ijuí/RS, CEP 98700-000. Fone/fax (55) 3332-0301 – também poderão esclarecer possíveis dúvidas.

Frente ao acima exposto, considerando-me devidamente esclarecido sobre a pesquisa, eu _____ RG: _____, autorizo a equipe de pesquisadores a utilizar, divulgar e publicar, para fins científicos e culturais, depoimentos registrados que contaram a minha participação, no todo ou em parte, editado ou não, nos termos acima firmados, ciente de que, a qualquer momento, poderei solicitar novas informações ou modificar minha decisão, caso assim o desejar.

Ijuí, ____ de _____ de 200__.

Nome legível do depoente

Assinatura do depoente

Assinatura do pesquisador
Fábio André Sangiogo

Assinatura da pesquisadora
Sandra Maria Wirzbicki

Assinatura da pesquisadora
Lenir Basso Zanon



APÊNDICE II

Ijuí, aos 20 de outubro de 2008.

Prezado(a) Professor(a),

Saudações Cordiais!

Com satisfação, vimos convidá-lo(a) a participar de uma atividade formativa, junto a uma turma do Curso de *Ciências Biológicas e Química* da Unijuí que cursa, neste semestre, o componente curricular *Bioquímica II*, na perspectiva de promover melhorias na formação para o ensino de Ciências, Biologia e Química.

A referida atividade será realizada no dia 20 de novembro (quinta-feira), das 19h e 30 min às 21h, no Laboratório 3 da UNIJUI (próxima ao Laboratório de Solos, no Campus Ijuí). Na oportunidade, estaremos discutindo com os licenciandos aspectos do ensino de conteúdos/conceitos bastante específicos, relacionados com o assunto *Respiração*, na perspectiva de valorizar a exploração de situações reais trazidas das vivências dos estudantes.

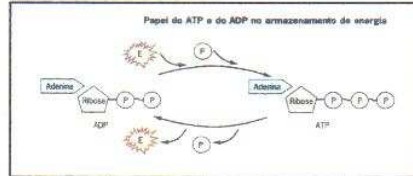
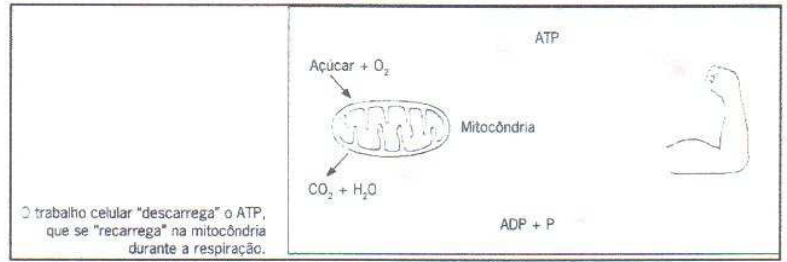
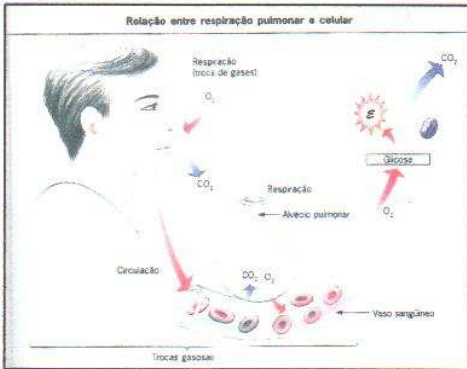
Reflexões poderão ser dirigidas para relações e entendimentos, em aulas do Ensino Médio, sobre assuntos como bioenergética celular, enzimas e outros, considerando-se condições reais do ensino em contexto escolar. Alguns subsídios, em anexo, foram extraídos de livros didáticos de Ensino Médio e referem-se à temática em questão.

Agradecemos desde já pela atenção e disponibilidade, na expectativa de podermos contar com sua importante presença. Cientes de que os depoimentos e discussões poderão contribuir para a formação dos futuros professores da área de Ciências Naturais, colocamo-nos à disposição para responder a eventuais solicitações.

Respeitosamente,

Profª. Dra. Lenir Basso Zanon
Docente no Componente Curricular

LD12. p. x

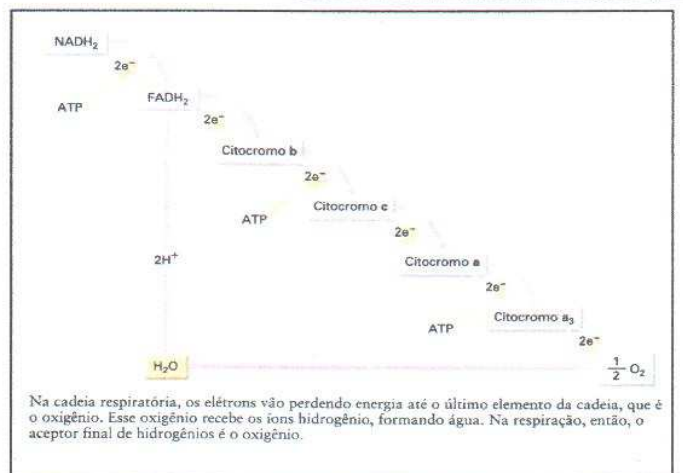
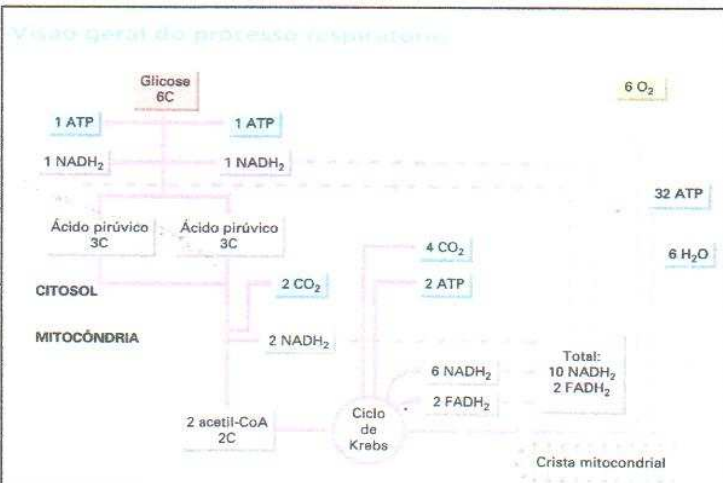
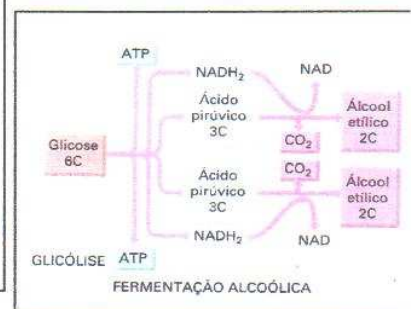
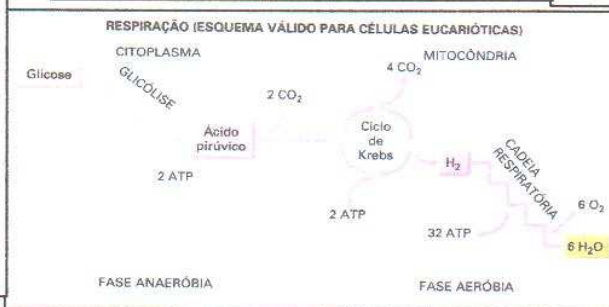
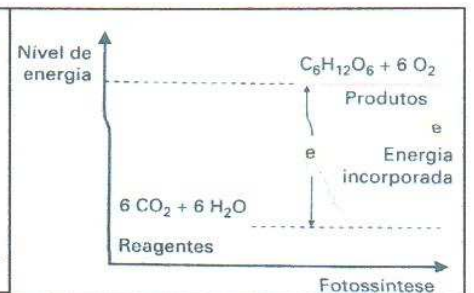
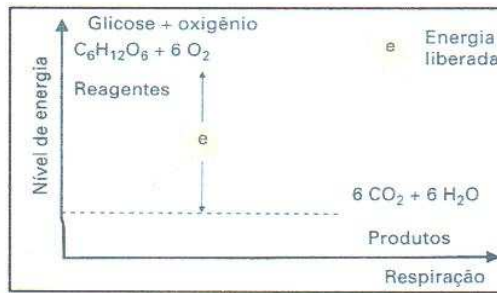
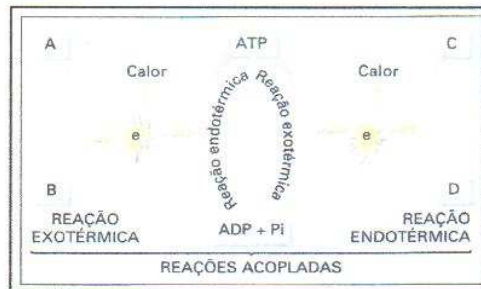
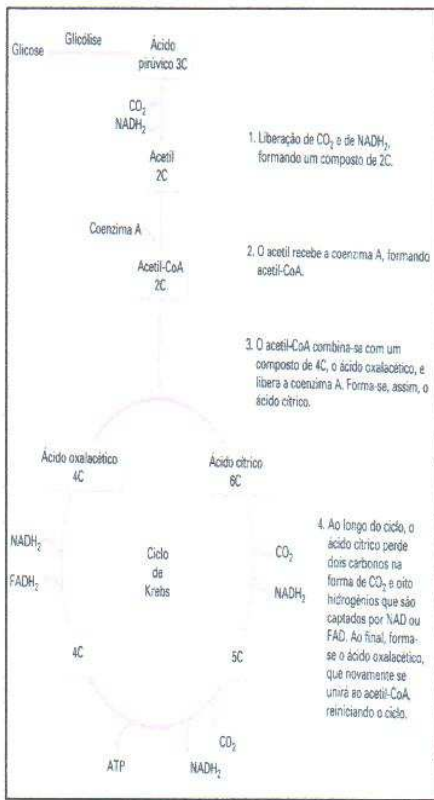


LD 13. p. x

Glicólise:		
2 NADH ₂ × 3 ATP	=	6 ATP
	+	2 ATP
	=	8 ATP
Ácido pirúvico → acetil-CoA:		
2 NADH ₂ × 3 ATP	=	6 ATP
Ciclo de Krebs:		
6 NADH ₂ × 3 ATP	=	18 ATP
2 FADH ₂ × 2 ATP	=	4 ATP
	+	2 ATP
	=	24 ATP
Total geral líquido		38 ATP*

93

LD14. p.



Na cadeia respiratória, os elétrons vão perdendo energia até o último elemento da cadeia, que é o oxigênio. Esse oxigênio recebe os íons hidrogênio, formando água. Na respiração, então, o aceptor final de hidrogênios é o oxigênio.

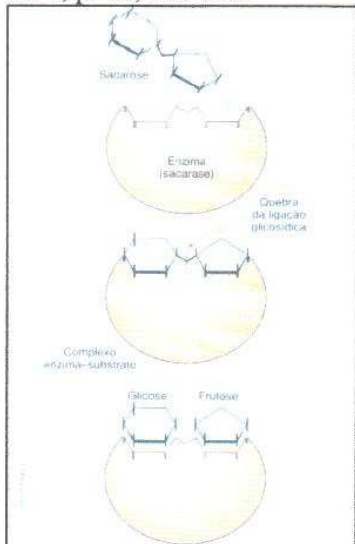


Figura 3.29 • Modelo da chave-fechadura para a ação enzimática, aqui representando a enzima sacarase ou invertase. Ao se ligar a molécula de sacarose, a enzima facilita a quebra da ligação entre os dois açúcares, que a compõem, a glicose e a frutose, e é liberada a lactação final (produto), pronta para ser usada em outros substratos.

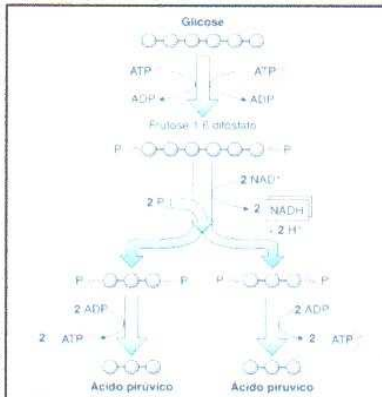


Figura 9.8 • Representação esquemática das etapas da glicólise. Para iniciar o processo são necessários 2 moléculas de ATP, como se formam 4 moléculas de ATP no final, o rendimento líquido de glicólise é de 2 ATP por glicose. Cada molécula metabolizada no processo também produziram 2 moléculas de NADH, cada uma delas captura 2 elétrons energizados e um íon H⁺ provenientes na glicose, formando-se 2 moléculas de NADH. Além disso, são produzidos mais dois 2 H⁺, liberados para o citosol.

Figura 9.13 • Representação esquemática das etapas do metabolismo aeróbio de glicose com produção de ATP. A glicólise ocorre no citosol, enquanto o ciclo de Krebs e a cadeia respiratória ocorrem no interior da mitocôndria. Cada molécula de glicose metabolizada pode produzir até 30 ATP.

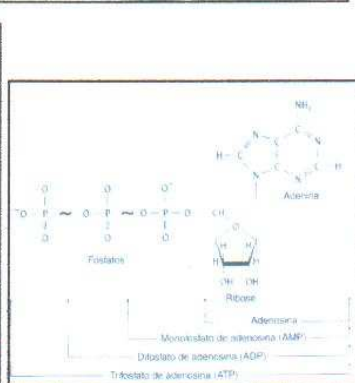
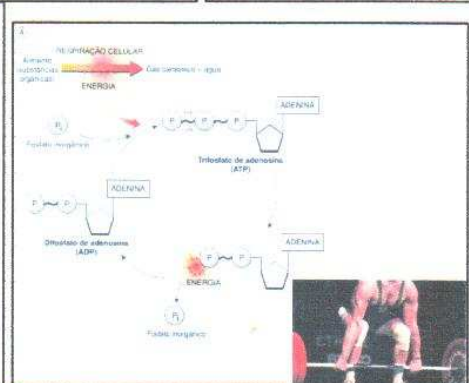
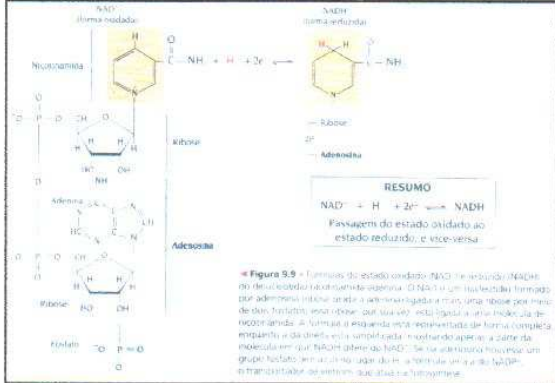
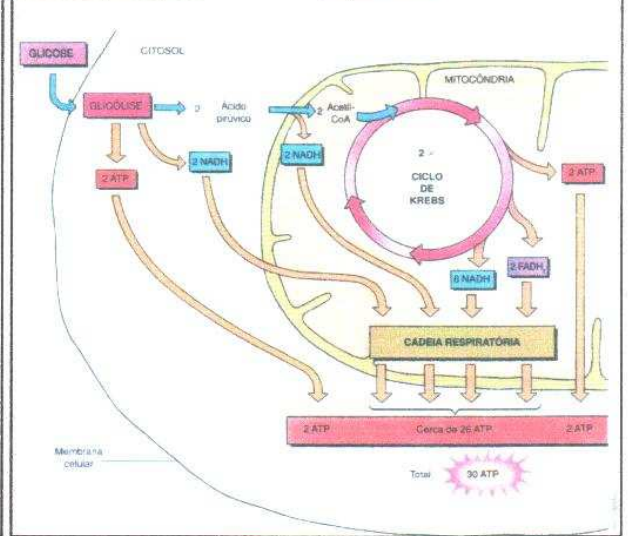


Figura 9.7 • A estrutura que representa o capô do ATP (ou seja, "moeda energética" do metabolismo) é o Adenosina Triphosphate (ATP), que é formado a partir de Adenosina Diphosphate (ADP) e um íon de fosfato (P_i). Essa reação requer energia para a síntese de moléculas de ATP. Essa reação é catalisada por enzimas chamadas de ATP sintase.

Figura 9.12 • Representação esquemática das etapas que ocorrem no interior da mitocôndria. Cada molécula de glicose metabolizada produz 2 moléculas de Acetil-CoA, que entram no ciclo de Krebs. No momento em que entram no ciclo de Krebs, cada molécula de Acetil-CoA produz 2 moléculas de ATP.

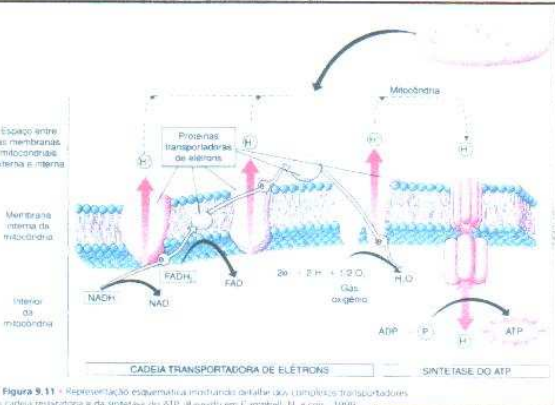


Figura 9.11 • Representação esquemática mostrando detalhes do complexo transportador de elétrons e da síntese de ATP. (Adaptado de Campbell, M., e Reece, J., 2002).

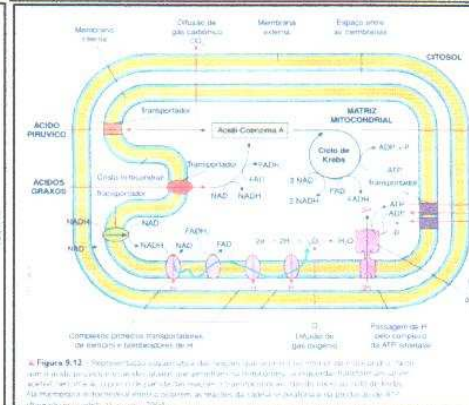


Figura 9.12 • Representação esquemática das etapas que ocorrem no interior da mitocôndria. Cada molécula de glicose metabolizada produz 2 moléculas de Acetil-CoA, que entram no ciclo de Krebs. No momento em que entram no ciclo de Krebs, cada molécula de Acetil-CoA produz 2 moléculas de ATP.

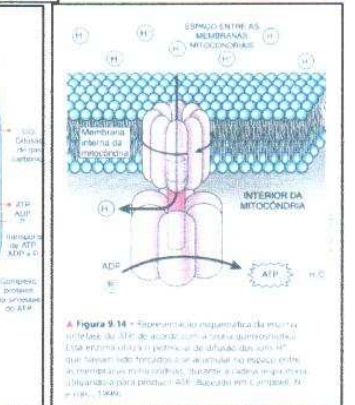


Figura 9.14 • Representação esquemática de como os prótons do ATP de acordo com a teoria quimiosmótica. Essa enzima utiliza o potencial de elétrons que é gerado durante a cadeia respiratória para produzir ATP. (Adaptado de Campbell, M., e Reece, J., 2002).



Representação gráfica para explicar a ação de enzimas na redução da energia de ativação necessária para que uma reação química ocorra.



Modelo ilustrando a ação enzimática. A reação acontece graças ao fato de que o substrato se liga ao sítio ativo da enzima.



APÊNDICE III

Ijuí, aos 22 de abril de 2009.

Prezado(a) Professor(a),

Saudações Cordiais!

Com satisfação, vimos convidá-lo(a) a participar de uma atividade formativa, junto a uma turma do Curso de Licenciatura em *Ciências Biológicas* e *Química* da Unijuí que cursa, neste semestre, o componente curricular *Bioquímica I*. Tal atividade é desenvolvida na perspectiva de promover melhorias na formação de professores de Ciências, Biologia e Química e, conseqüentemente, do ensino dessas disciplinas na educação básica.

A atividade será realizada no dia 15 de maio (sexta-feira), das 19h e 30min às 21h, no Anfiteatro 2 do Campus da UNIJUI (próximo ao Laboratório de Bioquímica e ao DBQ). Na oportunidade, estaremos discutindo com os licenciandos aspectos do ensino de conteúdos/conceitos relacionados ao estudo de *Enzimas e Catálise Enzimática*.

Consideramos importante desenvolver interações e reflexões, na formação de professores, relacionadas com entendimentos sobre modelos representativos de estruturas submicroscópicas e sobre variações energéticas associadas ao metabolismo celular, particularmente, no que se refere ao mecanismo de ação de enzimas. Articuladamente a conhecimentos teórico/conceituais, imagens, representações, simbologias, esquemas, figuras, ilustrações permeiam abordagens em aulas e/ou livros didáticos de Biologia e Química em contexto escolar, seja no ensino básico ou universitário. Por isso, é importante compreender como seu uso no ensino favorece ou obstaculiza os aprendizados conceituais, o que será buscado mediante as interações na aula para a qual estamos convidando-o/a.

Agradecemos, antecipadamente, pela sua atenção e disponibilidade, na expectativa de podermos contar com sua importante presença e participação. Cientes de que as discussões poderão contribuir para a formação dos futuros professores da área de Ciências Naturais, colocamo-nos à disposição para atender a eventuais solicitações.

Respeitosamente,

Profª. Dra. Lenir Basso Zanon

Docente no Componente Curricular



APÊNDICE IV

Ijuí, aos 29 de junho de 2009.

Prezado(a) Professor(a),

Saudações Cordiais!

Com satisfação, vimos convidá-lo(a) a participar de uma atividade formativa, junto a uma turma da Licenciatura da Unijuí que cursa, neste semestre, o componente curricular *Seminário V*, no qual, os estudos tratam de *Enzimas e Catálise Enzimática*. Trata-se de um espaço formativo que conta com a importante participação de professores do Ensino Médio, em aulas da Licenciatura, em busca de promover melhorias na formação de professores de Ciências, Biologia e Química e, conseqüentemente, do ensino dessas disciplinas na educação básica.

A referida atividade será realizada no dia 11 de julho (sábado), das 9h e 30 min às 11h da manhã, na sala BIO 22-3 do Campus da UNIJUI (nas antigas salas “DS”, proximamente ao Departamento de Biologia e Química). Na oportunidade, estaremos discutindo com os licenciandos aspectos do ensino de conteúdos/conceitos relacionados com o estudo de *Enzimas e Catálise Enzimática*, com base, também, em livros didáticos do EM.

Consideramos importante desenvolver interações e reflexões, na formação de professores, relacionadas com entendimentos sobre modelos representativos de estruturas submicroscópicas, a exemplo das Enzimas. Também, sobre variações energéticas associadas a reações químicas que acontecem nos seres vivos, como o mecanismo de ação das enzimas. Articuladamente a conhecimentos teórico/conceituais, imagens, representações, simbologias, esquemas, figuras, ilustrações permeiam abordagens em aulas e/ou livros didáticos de Biologia e Química, no ensino básico ou universitário, sendo importante compreender como o uso de tais recursos, no ensino, favorece ou obstaculiza os aprendizados conceituais. Isso será discutido na referida aula, para o que contamos com a sua importante presença.

Agradecemos, antecipadamente, pela sua atenção e disponibilidade, na expectativa de podermos contar com sua importante participação. Cientes de que as discussões poderão contribuir para a formação dos professores da área de Ciências Naturais, colocamos-nos à disposição para eventuais solicitações. Respeitosamente,

Profa. Dra. Lenir Basso Zanon
Docente no Componente Curricular

APÊNDICE V

Questionário aos Acadêmicos de Bioquímica II

Curso:

Data: 04/12/2008

Procure expressar respostas às questões que seguem, a partir do componente curricular Bioquímica II cursado.

1) Refletindo sobre o que você aprendeu no seu Ensino Médio (EM) sobre **ATP (energia)** e considerando, também, o que consta hoje em livros didáticos do EM, o que você, como futuro(a) professor(a) faria diferente do ensino que vivenciou? Por quê?

2) Como seria a compreensão (em nível atômico-molecular) de transformações químicas como $\text{ATP} \rightleftharpoons \text{ADP}$, $\text{NAD}^+ \rightleftharpoons \text{NADH.H}^+$, $\text{FAD} \rightleftharpoons \text{FADH}_2$ ou outras que constam em livros didáticos do EM, caso o professor não usasse **formas de representação** (fórmulas, figuras, modelos) de estruturas moleculares ou supramoleculares? Por quê?

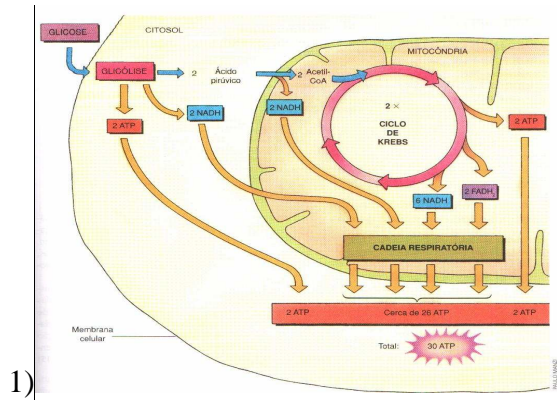
3) Lembrando possíveis representações (fórmulas, figuras, modelos) referentes a **Enzimas** em livros do EM ou em *slides* apresentados em aula, expresse seu entendimento (concepção) sobre **o papel de tais representações** no ensino e na aprendizagem do assunto.

4) Ao atuar como futuro professor do EM:

a) você usaria as figuras _____ e não usaria as figuras _____.

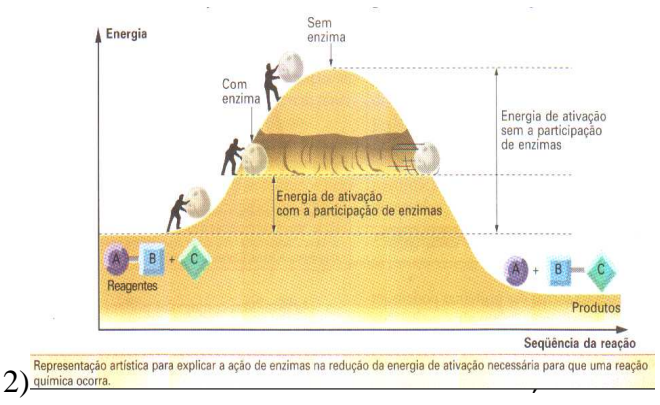
b) Procure expressar possíveis motivos/critérios que considerou (em geral) ao decidir se usaria ou não as figuras.

c) Que cuidados você tomaria ao usá-la(s) em sala de aula?



1)

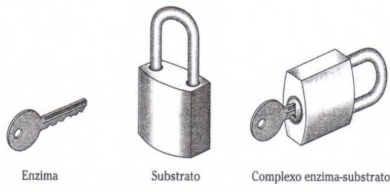
Fig. 1: LD7, p. 215.



2)

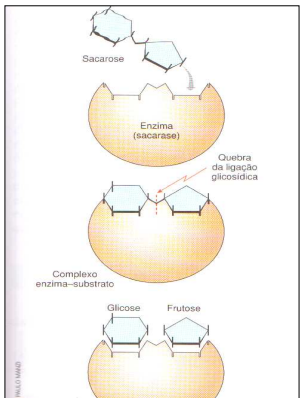
Fig. 2: LD8, p. 48.

O modelo de chave e fechadura permite entender por que as enzimas são tão específicas. É porque sua atuação depende do formato da molécula do substrato. Apenas as enzimas com formato adequado conseguem ligar-se a um determinado substrato e acelerar a reação da qual ele toma parte. Apenas a chave certa é capaz de abrir uma fechadura.



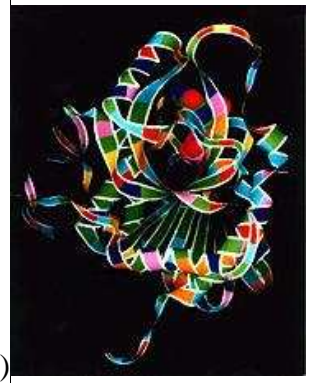
3)

Fig. 3: LD9: p. 424.



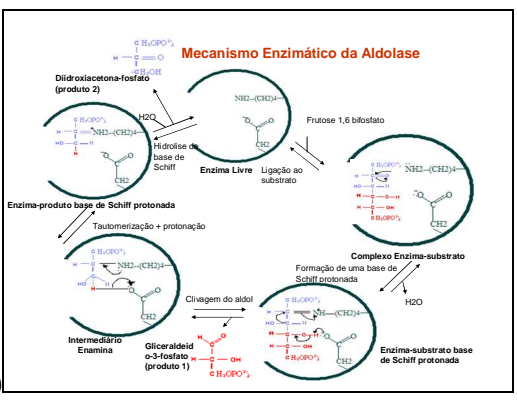
4)

Fig. 4: LD&, p. 75.



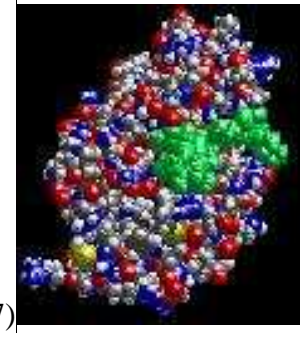
5)

Fig. 5: <http://camilalemos.com/2008/12/18/enzimas/>



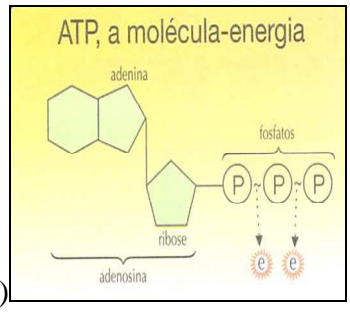
6)

Fig. 6: Sem fonte (usado nas aulas de Bioquímica pela PU).



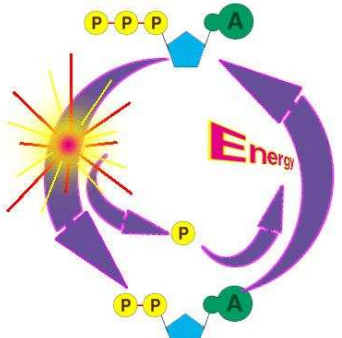
7)

Fig. 7: http://www.ufpe.br/projeto_biológico/biochemistry/problem_sets/energy_enzymes_catalysis/10t.html



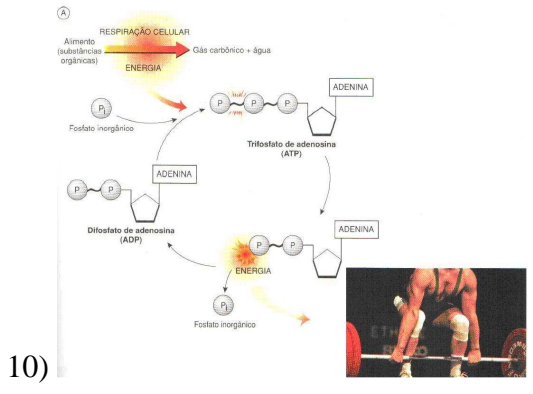
8)

Fig. 8: LD10, p. 72.



9)

Fig. 9: Sem fonte (usada nas aulas de PU)



10)

Fig. 10: LD7, p. 209.

→ Obrigado pela sua colaboração!

APÊNDICE VI

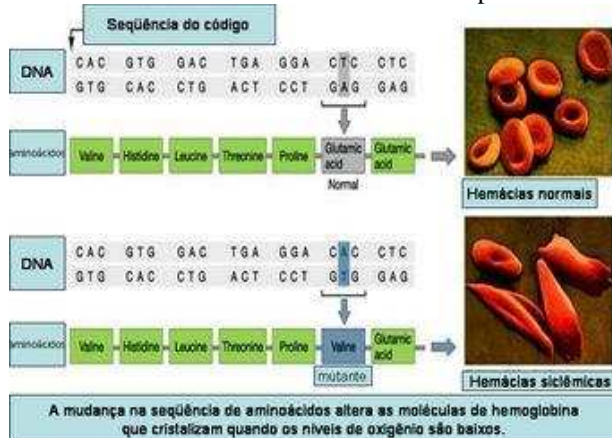
Questionário aos Acadêmicos de Bioquímica I – 1º Sem/2009

Nomes (duplas):

Curso:

Data: 08/05/2009

- 1) Exercício: a) Representar a estrutura molecular do fragmento da cadeia polipeptídica da molécula da Hemoglobina referente à figura abaixo: Valina-Histidina-Leucina-Treonina-Prolina-Glutamato-Glutamato
 b) Explicar a causa da Anemia Falsiforme, expressando sua compreensão bioquímica, fundamentada principalmente no entendimento de como a estrutura terciária de uma proteína é dependente da respectiva estrutura primária.



- 2) Como você percebe a participação/uso de **figuras, ilustrações, imagens** ou **modelos** representativos de estruturas moleculares e/ou supramoleculares nos estudos (em aulas, em livros) de Bioquímica I? Você considera importante o uso das mesmas nas abordagens dos conteúdos de Bioquímica? Eles contribuem na significação e compreensão dos conceitos/conteúdos de Bioquímica?
- 3) Exemplificar e justificar suas respostas à questão 2.

Exemplos de figuras, imagens, ilustrações e modelos de estruturas moleculares e supramoleculares ((usadas nas aulas da Professora de Bioquímica I)):

Histidina

Myoglobina, uma proteína globular

(A) purified protein isolated from cells → EXPOSE TO A HIGH CONCENTRATION OF UREA → denatured protein → REMOVE UREA → original conformation of protein re-forms

Figura 2.10 Denaturação de proteínas

Figura 2.9 Clonagem de titulação da alanina

Hierarquia estrutural na organização molecular das células

Nível 4: Célula e organelas	Nível 3: Complexos Supramoleculares	Nível 2: Macromoléculas	Nível 1: Unidades Monoméricas
---------------------------------------	-----------------------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------------

Membrana Plasmática, **Cromossomos**, **DNA**, **Nucleotídeos**, **Aminoácidos**, **Proteínas**, **Lipídeos**, **Cellulose**, **Glicídeos**, **Parede Celular**

Primary structure: Lys, Lys, Gly, Gly, Leu, Val, Ala, His (amino acid residues)

Secondary structure: α Helix

Tertiary structure: Polypeptide chain

Quaternary structure: Assembled subunits

pH 1: Forma Catiónica

pH 7: Isoelétrica (neuro)

pH 13: Forma Aniónica

APÊNDICE VII

Questionário aos Acadêmicos de Bioquímica I – 1º Sem/2009

Nome:

Curso:

Data: 22/05/2009

Em aulas de Bioquímica, incluindo a parte ministrada pelo estagiário, têm-se discutido sobre o uso de ilustrações, figuras ou modelos representativos (em aulas ou livros didáticos), como os abaixo:

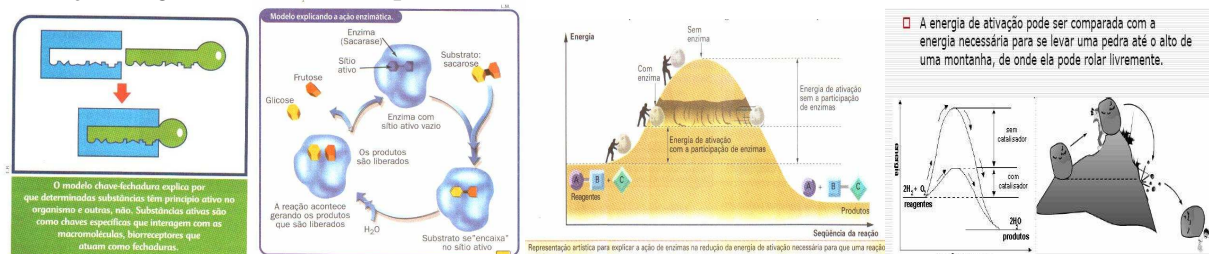


Fig. 1: LD4, p. 552. Fig. 2: LD1, p. 541. Fig. 3: LD8, p. 48. Fig. 4: <http://www.facmais.com.br/disciplinas/enzimas.pdf>.

1) Levando em conta os seus conhecimentos bioquímicos, quais entendimentos conceituais estão “por detrás” das Figuras 1 e 2? Você considera que elas são adequadas para a compreensão bioquímica? Por quê?

2) Como você explicaria a ação das “enzimas” no ensino médio? Você usaria as Figuras 1 e 2 em suas aulas, ao ensinar esse assunto (“enzimas”)? Que ‘cuidados’ você tomaria ao usá-las? Por quê?

3) Quais os conhecimentos bioquímicos (entendimentos conceituais) que estão “por detrás” das Figuras 3 e 4? Você considera que elas são adequadas para a compreensão bioquímica ao explicar a “energia de ativação” envolvida na catálise enzimática? Por quê?

4) O que seria importante (de ser explicado) ao ensinar o conceito ‘energia de ativação’, no âmbito dos estudos sobre enzimas e catálise enzimática no ensino médio?

5) Você usaria as Figuras 3 e 4 em suas aulas, ao ensinar sobre “enzimas”? Que ‘cuidados’ você tomaria ao usá-las (ao ensinar ou ao estudar)? Por quê?

6) Citar assunto(s) tratado(s) com as professoras de Ensino Médio (na aula de Bioquímica I) que considerou importante(s) para a sua formação? Por quê?