



Reflexões sobre Modelos e Representações na Formação de Professores com Foco na Compreensão Conceitual da Catálise Enzimática¹

Fábio André Sangiogo e Lenir Basso Zanon

Este artigo analisa interações entre professores em formação inicial e continuada desenvolvidas em aulas de licenciatura dos cursos de Ciências Biológicas e Química, com atenção direcionada para limites e potencialidades do uso de modelos e representações no ensino do conteúdo enzimas e catálise enzimática. A análise das interações denota a importância de mobilizar saberes docentes que potencializam processos de ensino e aprendizagem de temas ou conteúdos que envolvem o uso de representações de partículas submicroscópicas. Alerta para a vigilância no sentido de se evitar incorrer em simplificações ou deturpações conceituais relacionadas à interpretação de modelos explicativos e suas representações, tais como os envolvidos na compreensão da atividade enzimática.

► modelos e representações, enzimas e catálise enzimática, formação de professores ◀

26

Recebido em 29/01/2011, aceito em 05/01/2012

Nos últimos anos, houve um aumento considerável no uso de figuras e ilustrações em abordagens de conteúdos e conceitos escolares na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CNT), tanto em livros didáticos (LD) do ensino médio (EM) quanto em salas de aula. Animações também passaram a fazer parte de abordagens nas aulas de CNT. Para além da função instrucional, tais representações consistem em formas de expressão da linguagem constitutiva do pensamento científico a ser mediado na escola, associadas intrinsecamente à natureza e ao lugar das ciências no ensino escolar.

Este artigo discute o uso de imagens representativas de estruturas submicroscópicas² da matéria em abordagens sobre *enzimas e catálise enzimática*. O ensino que envolve esse conteúdo tem abarcado níveis crescentes de complexidade no EM, principalmente em biologia, com ampliação de compreensões conceituais que requerem noções sobre partículas e interações interpartículas em dimensão submicroscópica. Considerando-se que as abordagens envolvem graus elevados de abstração, discutem-se aspectos importantes de serem compreendidos por parte de professores em formação para o ensino de CNT.

Representações de entidades químicas como átomos, íons, moléculas, agregados de moléculas fazem parte de formas variadas de explicação de fatos e fenômenos, seja em contextos educativos em diversos níveis do ensino, seja em contextos de produção científica.

Representações de entidades químicas como átomos, íons, moléculas, agregados de moléculas fazem parte de formas variadas de explicação de fatos e fenômenos, seja em contextos educativos em diversos níveis do ensino, seja em contextos de produção científica. Em explicações de fenômenos ou situações e em contextos diversificados, é perceptível o crescente uso de noções relativas a estruturas complexas da matéria como DNA, proteínas, membranas celulares, micelas, nanopartículas, enzimas, entre outras.

Com base principalmente em Vigotski (2001), assumimos que as representações de estruturas submicroscópicas são constituídas por meio do pensamento e compõem o pensamento, pelo uso de linguagens e simbologias específicas, de signos provenientes da cultura científica mediada no contexto escolar, sem desconsiderar, no entanto, que tais construções são provenientes da relação com um objeto que se pretende conhecer. Cabe à escola propiciar processos de apropriação e (re)construção de linguagens e pensamentos específicos, mediante processos assimétricos de interação entre estudantes e professores.

Átomos, íons ou outras partículas e interações intra e/ou intermoleculares são objetos teóricos criados que, aceitos historicamente na comunidade científica, têm uma contribuição pedagógica essencial à compreensão teórica dos fatos em nível atômico-molecular. No entanto, na área de

A seção "Conceitos científicos em destaque" tem por objetivo abordar, de maneira crítica e/ou inovadora, conceitos científicos de interesse dos professores de Química.

Educação em Ciências, as pesquisas e discussões sobre o uso de imagens e modelos de entidades químicas no ensino e na aprendizagem de conteúdos/conceitos são ainda incipientes. Este trabalho discute essa problemática, assumindo o entendimento de que, na ciência e no ensino de CNT, qualquer imagem usada para representar uma entidade química sempre é uma tentativa de representação parcial de teorias/conceitos científicos.

Por se tratar de uma representação parcial de um modelo teórico, ela nunca corresponde à totalidade da compreensão do modelo científico em questão. Como sugerem as palavras modelo e representação, diferentemente de fotografias ou micrografias, trata-se de imagens que ilustram noções teóricas sobre entidades que não podem ser visualizadas nem mesmo por meio de microscópios de alta resolução. Trata-se, pois, de uma representação da realidade, nunca numa relação de correspondência direta com a realidade nem como compreensão da noção científica em sua totalidade (Sangiogo e Zanon, 2009). O conhecimento, o modelo ou a representação não são a realidade, muito embora possibilitem interagir e compreendê-la.

Segundo Oliveira (2010, p. 229), “as diferenças entre o real e o conceitual não são trabalhadas no ensino médio, seja porque os professores não lhes atribuem relevância, seja porque ainda são bastante influenciados pelo realismo da ciência moderna”, dificultando a distinção, por parte dos estudantes, entre modelo e realidade, “entre o que é pensado e o próprio existente”. Imagens representativas de estruturas submicroscópicas, como as de um átomo ou molécula, passam a ser vistas como descrições fidedignas da realidade.

De acordo com Silva et al. (2006, p. 219), “a leitura de imagens precisa ser ensinada” para a qual o professor tem papel mediador fundamental na respectiva significação conceitual, seja na interpretação de uma imagem de LD, de um *software* educacional, de um artigo de revista, de um texto disponibilizado na Internet ou outros. Isso situa a importância de se discutir condições com as quais professores e estudantes vivenciam espaços de ensino e formação docente, quanto a significações conceituais associadas ao uso de imagens que permeiam LD, artigos de revistas, jornais, reportagens e documentários na televisão ou em outros meios de informação e comunicação.

Sem uma devida discussão teórico-conceitual, imagens e representações podem assumir apenas um caráter ilustrativo e de facilitação aparente ao estudante. Dessa forma, o uso de imagens representativas dos modelos teóricos produzidos pelas ciências acarreta dificuldades nas elaborações conceituais, incorrendo em obstáculos epistemológicos ao aprendizado escolar (Bachelard, 1996; Lopes, 1999). Baseando-se em Bachelard, os autores Sangiogo e Zanon (2009) afirmam que o uso de qualquer

tipo de recurso didático, por parte de LD ou de professores, não reduzirá a complexidade nem a dificuldade de compreensão conceitual dos modelos teóricos e suas representações em nível atômico-molecular. Criados pela ciência, oriundos de pensamento, abstrações, eles são linguagens e significados conceituais bastante específicos, por isso, a aprendizagem escolar requer a sua apropriação como forma outra de pensamento e de interação no mundo (Vigotski, 2001).

Modelos explicativos e representações de entidades químicas nem sempre são adequadamente mediados no ensino de CNT. Neste artigo, focos potencializadores de processos de formação docente em abordagens e reflexões sobre o uso de imagens no ensino são discutidos, tais como os limites, as potencialidades e os obstáculos associados ao uso de representações especificamente em estudos sobre a atividade enzimática. Avanços no conhecimento sobre as elaborações conceituais permitem uma melhor percepção sobre condições e implicações do que é representado, ante aos desafios associados à apropriação, pelos estudantes, dos modelos teóricos das ciências.

Percurso metodológico dos processos de interação e reflexão

Frente ao objetivo de compreender e refletir sobre limites e potencialidades do uso de imagens representativas de entidades químicas no ensino do conteúdo *enzimas e catálise enzimática*, foram analisadas interações de sujeitos em aulas de componentes curriculares (CC) de cursos de formação inicial de professores de CNT.

Trata-se de uma pesquisa de caráter qualitativo e interpretativo, com produção de dados a partir de depoimentos expressos pelos sujeitos interativos. Há um caráter de pesquisa participante, devido ao contato direto e prolongado dos pesquisadores no ambiente e na situação que está sendo investigada, participando de espaços interativos em que os sujeitos se manifestam acerca do objeto em estudo. Na condição de observadores e participantes, vivenciamos e analisamos interações das quais também fazemos parte como sujeitos de pesquisa (Lüdke e André, 1986).

Este artigo refere-se a um recorte da dissertação produzida pelo seu primeiro autor, inserida num projeto de pesquisa mais amplo, em que são desenvolvidos e analisados *módulos de interação* (Zanon,

2003) que contribuem potencialmente para superar dicotomias historicamente existentes entre teorias e práticas educativas em espaços de formação para a docência. Os módulos³ foram desenvolvidos em aulas de CC dos cursos de Ciências Biológicas e Química da Unijuí, com a participação simultânea de professores do EM de Biologia (PEMB) e de Química (PEMQ), licenciandos (L1, L2...), professores da universidade (PU) e mestrands (M1, M2...).

Resultados apresentados neste artigo se referem aos

Sem uma devida discussão teórico-conceitual, imagens e representações podem assumir apenas um caráter ilustrativo e de facilitação aparente ao estudante. Dessa forma, o uso de imagens representativas dos modelos teóricos produzidos pelas ciências acarreta dificuldades nas elaborações conceituais, incorrendo em obstáculos epistemológicos ao aprendizado escolar (Bachelard, 1996; Lopes, 1999).

módulos 8, 9 e 10, que envolveram uma diversidade de representações de entidades químicas em estudos sobre o conteúdo *enzimas e catálise enzimática* em estudos sobre a respiração celular e a digestão. O módulo 8 foi desenvolvido em 2008, no CC de *Bioquímica II*, e contou com a participação de 1 PU, 1 PEMQ, 1 PEMB, 2 M e 24 L. O módulo 9 foi desenvolvido em 2009, no CC *Bioquímica I*, e contou com a participação de 1 PEMB, 1 PEMQ, 1 PU, 2 M e 45 L. Nesse módulo, um mestrando que atuou na condição de professor do CC, como estagiário da pós-graduação, foi designado por MPU. O módulo 10 se desenvolveu em 2009, no CC *Seminário V*, e contou com a participação de 1 PEMQ, 1 PEMB, 1 PU, 2 M e 8L.

Anteriormente aos módulos, os licenciandos realizaram pesquisas sobre o conteúdo *enzimas e catálise enzimática*, analisaram LD de biologia e química do EM e elaboraram subsídios, *slides* e questões. Imagens de LD são referenciadas por códigos (LD1, LD2...), seguidos pelo ano e pela página do livro, evitando juízos de valor, cientes do propósito de promover melhorias no ensino do conteúdo no que se refere ao uso de imagens representativas.

Cada módulo foi anteriormente planejado com a professora do CC e com os licenciandos. Da mesma forma, houve contato prévio com os PEM, havendo boa receptividade por parte dos diferentes grupos de sujeitos. Um ou outro PEM convidado, apesar de demonstrar interesse, não podia participar pelo fato de seus trabalhos na escola coincidirem com o horário dos módulos. As interações têm sido de grande contribuição para enriquecer a formação inicial e continuada dos sujeitos participantes, pelos nexos de relação entre teorias e práticas docentes, o que os motiva na participação dos módulos de forma ativa, reflexiva e compromissada.

Nos módulos, compreensões teóricas partiram da exploração de experiências vivenciadas dentro e fora da escola como a alimentação e a digestão. Também se considerou a complexidade dos entendimentos e tematizações sob a ótica das ciências. Assim, defende-se que os estudos sobre as estruturas submicroscópicas sejam articulados pela problematização de situações vivenciais, corroborando a visão de que, em sistemáticos estudos sobre a realidade, os estudantes têm oportunidade de (re) significar conceitos estruturantes do pensamento escolar. São exemplos os conceitos de átomo, molécula, ligação química, energia de ligação e outros que perpassam explicações de fenômenos e que podem ser usados na interpretação de situações do cotidiano (Lima e Barboza, 2005). No caso dos estudos sobre a atividade enzimática; temáticas vivenciais como respiração; fermentação; ação de fármacos; alimentos; nutrição; digestão; entre outras, são exemplos que servem como focos de problematização e ressignificação de conhecimentos.

As interações desenvolvidas nos módulos foram registradas em vídeo. Após, foi realizada a transcrição das manifestações dos sujeitos da pesquisa, identificadas por turnos de fala, com indicação de cada sujeito, utilizando-se a codificação já mencionada. Sempre que se repetia a fala de um mesmo sujeito, repetia(m)-se a(s) letra(s) e o(s)

número(s). Posteriormente, com a análise minuciosa das transcrições, foram identificados episódios que abrangiam reflexões consideradas relevantes para a formação para o ensino de CNT, a exemplo dos que são apresentados e analisados a seguir.

Interlocuções sobre imagens representativas da atividade enzimática

Durante os módulos 8, 9 e 10, abordagens e explicações alertavam para a visão da complexidade conceitual envolvida na compreensão da estrutura e do modo de ação das enzimas. Ressaltou-se diversas vezes, durante as interlocuções, a essencialidade do papel mediador do professor, no sentido de explicitar conhecimentos teóricos necessários à compreensão conceitual das representações de estruturas submicroscópicas de forma coerente com modelos explicativos oriundos das ciências.

No módulo 9, o MPU, ao tratar da digestão e do mecanismo de ação enzimática, ressaltava a necessidade do uso de modelos explicativos, como segue:

27: MPU: [...] então, as explicações envolvem modelos. Como os vemos [sinaliza aspas com as mãos]? 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 e vocês viram isso lá no experimento [realizado na aula do CC]. Fatos observáveis, a mudança de cor, são explicados por ideias, através de modelos, que são inobserváveis, são criados. Ambos se relacionam. Um implica no outro. Fazer essas relações é pensar quimicamente. Isso foi adaptado de um livro do ensino médio [...].

É perceptível a intencionalidade do MPU de, ao explicar o conteúdo, suscitar reflexões sobre o uso de modelos teóricos propostos pela comunidade científica. Enfatizava a importância dos modelos teoricamente criados para a explicação de fatos observáveis. A menção a um LD de Química (LD3, p. 3) e as atividades práticas que estudantes haviam desenvolvido em aulas anteriores ao módulo, como o caso da amilase salivar⁴, enriqueciam as discussões. Defende-se que abordagens e reflexões sobre modelos, como essas, sejam inseridas em cursos de formação de professores e em aulas do EM, por potencializarem avanços nas concepções epistemológicas articuladamente aos processos de ensino de temáticas, conceitos e conteúdos da área de CNT.

No turno apresentado, apesar do avanço na ideia de

modelo, pode-se dizer que o MPU deu margem a uma concepção realista ao dizer: “você viram isso lá no experimento”, referindo-se ao modelo explicativo da atividade da enzima na transformação do amido em açúcar redutor. Isso remete ao cuidado pedagógico e epistemológico, importante de ser considerado na mediação de linguagens em sala de aula para evitar expressões que restrinjam o pensamento dos estudantes, incorrendo no obstáculo do realismo (Bachelard, 1996), visto que estes poderiam tomar as representações da enzima, do amido e do açúcar redutor como entidades físicas reais, em detrimento da visão de um modelo explicativo, como o próprio MPU deixava claro ao dizer, em seguida, que se tratava de modelos “inobserváveis” ou “criados”. Justi (2010, p. 211) diz que o fato de os “modelos serem representações parciais significa que eles (i) não são a realidade; (ii) não são cópias da realidade; e (iii) têm limitações”.

Nesse sentido, palavras/conceitos como *modelo* ou *representação* são importantes de serem usadas e significadas em aulas ou LD de CNT e, principalmente, que sejam objeto de amplas discussões na formação dos professores. No entanto, o uso da palavra necessita ser amplamente problematizado para uma compreensão não simplista sobre as teorias representadas por uma ou outra

figura que expressa conceitos historicamente aceitos na comunidade científica, abstratos e descontextualizados por natureza. Há necessidade, em algum momento, da mediação de tais palavras, a exemplo do turno 27. Segundo Vigotski (2001), a verbalização de palavras específicas ao campo da Ciência é necessária para o processo de sua significação, ainda que seja usada com uma compreensão inicial. Nas interações com o outro, as retomadas possibilitam processos de (re)significação conceitual, com ampliação dos níveis de abstração e generalização.

Nos três módulos mencionados, foram apresentados slides contendo uma variedade de figuras representativas de entidades químicas, a maior parte delas oriundas de LD do EM e do ensino superior. Articuladamente aos questionamentos sobre imagens, modelos representativos e sua importância no ensino das temáticas em estudo, nos módulos 9 e 10, discutiu-se, por exemplo, sobre um slide (Figura 01) referente a um dos livros de bioquímica do ensino superior usado no CC, que representa as etapas do mecanismo da catálise enzimática da quimotripsina (enzima da digestão) numa sequência de nove etapas.

Nos módulos, explicações eram enfatizadas com vistas a compreender teoricamente a diversidade de interações químicas envolvidas na atividade catalítica responsável

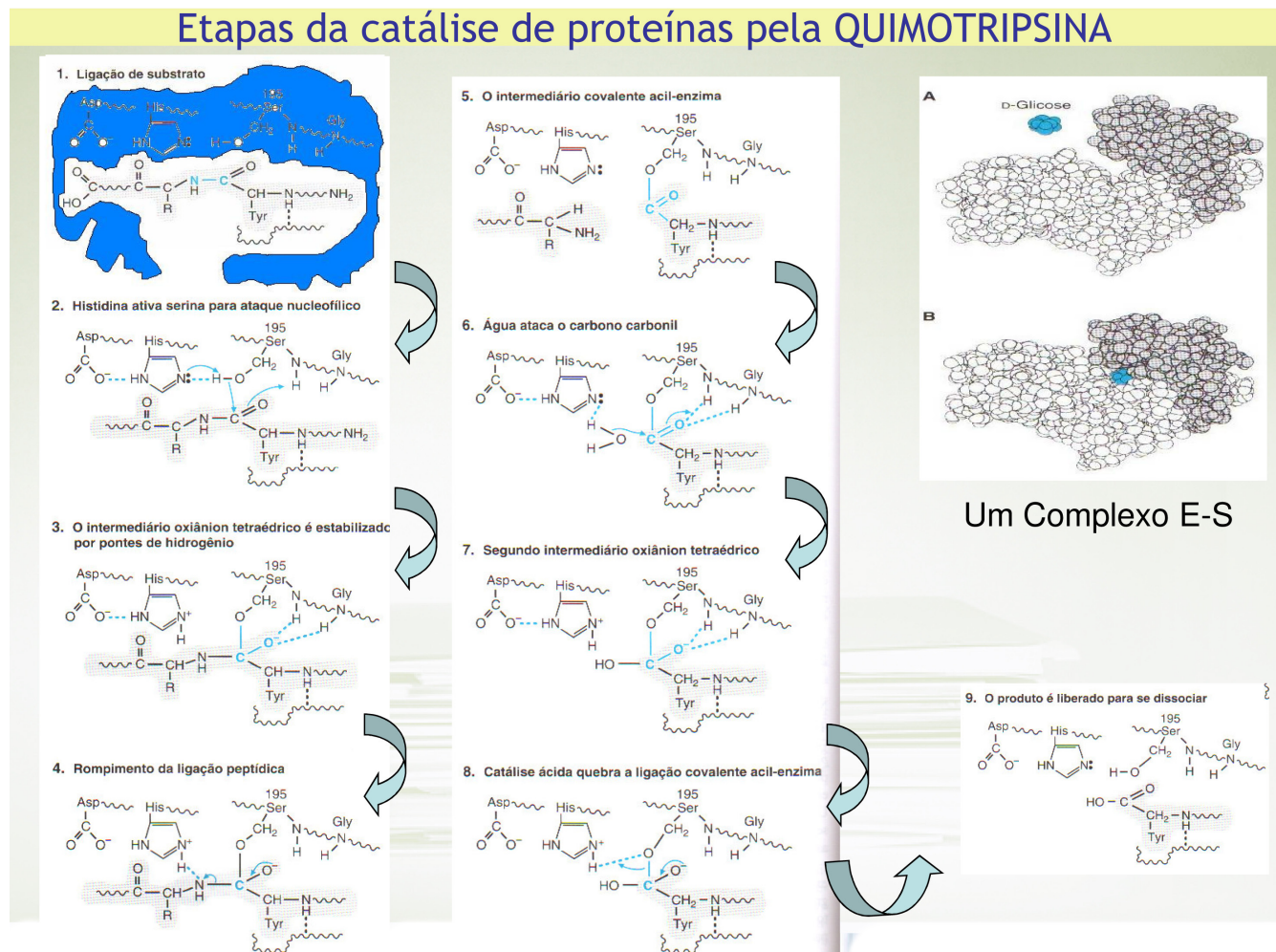


Figura 01: Slide apresentado nos Módulos, com representações extraídas e adaptadas do LD5 (p. 119-122) de um mecanismo de ação enzimática.

pelo rompimento das ligações covalentes (C–N) durante o processo de digestão das proteínas.

Nos módulos 9 e 10, articuladamente a abordagens sobre a composição química e propriedades das enzimas, após as explicações da Figura 01, apresentou-se uma animação (anexa a um LD usado no CC) que representa o referido mecanismo de ação da quimotripsina. Algumas partes da animação constam na Figura 02 na mesma sequência da animação.

Ao mesmo tempo em que a animação era apresentada, explicava-se cada etapa do mecanismo de ação da quimotripsina, com foco nas interações intra e intermoleculares..

Percebiam-se potencialidades da animação como recurso didático que contribuía para a ruptura de visões estáticas sobre a atividade enzimática, em detrimento da ideia de movimento e interação entre átomos e moléculas. Isso era possibilitado pela representação das transformações que se sucediam na explicação teórica sobre como a estrutura tridimensional da enzima oferecia condições para que se tornasse possível cada etapa da reação representada pela animação. Nesse sentido, a animação, ainda que continue sendo uma representação parcial do objeto em estudo, qualifica a significação do modelo teórico explicativo da atividade enzimática, sendo necessárias noções sobre interações químicas (intra e intermoleculares) específicas, a exemplo do mecanismo de ação da quimotripsina.

Baseando-se em Lowe, os autores Moreira e Borges (2007) 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. Isso referenda o papel fundamental do professor de mediar explicações que favoreçam a compreensão dos aspectos conceituais representados. 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 e Borges, 2007, p. 32). Isso remete à compreensão dos limites do uso de apenas uma representação de um modelo teórico. Defendemos o uso, nas salas de aula, de diversas representações de um mesmo modelo teórico, a começar por aquelas mais simples, referentes a um menor número de variáveis/informações. No entanto, a compreensão do modelo teórico demanda o uso também de representações mais complexas, que contemplem um maior número de variáveis/informações, a exemplo das imagens expressas nas Figuras 01 e 02.

Interlocuções no módulo 10 diziam respeito a possibilidades de uso de animações ou figuras em aulas de CNT.

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 [sinaliza aspas com as mãos] a figurinha pra rodar, que eu vou pôr [...], vou deixar a animação correndo [sinaliza aspas com as mãos] e que meu aluno vai entender.

429: PU: Por conta, né?

430: PEMB: Isso. [...]

434: PEMB: Eu acho que [isso só vai acontecer] se eu conseguir entender ela, porque em primeiro lugar, eu tenho que sentar e estudar ela. Daí eu

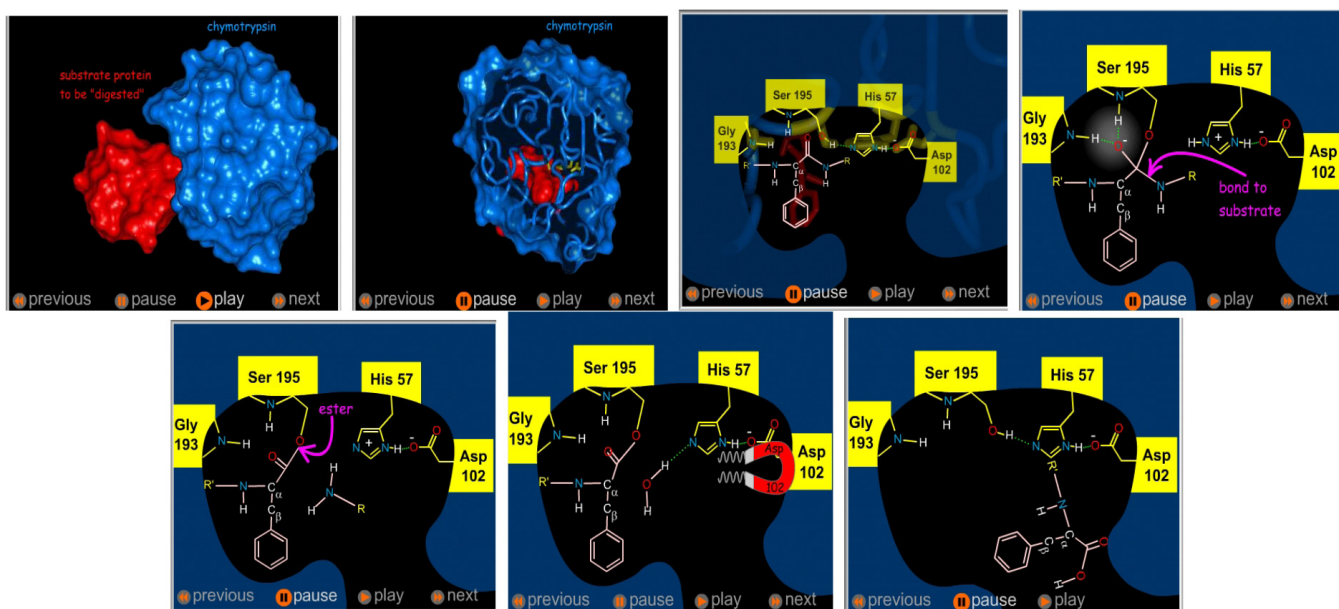


Figura 02: Imagens extraídas de uma animação apresentada no Módulo (CD-ROM anexo ao LD6), que representa o mecanismo de ação da quimotripsina.

consegro fazer a mediação. Eu não sei se a PEMQ concorda, mas eu...

435: PEMQ: Plenamente.

A afirmativa "estes modelos, eles têm que vir pra nos ajudar", aliada às interlocuções que consideram 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 importantes sobre o ensino de CNT, como a necessidade de explicações que considerem a complexidade conceitual que envolve os modelos explicativos como da atividade enzimática.

Imagens apresentadas foram problematizadas e discutidas de modo que os sujeitos participantes percebessem e refletissem sobre potencialidades e limitações conceituais associadas ao uso de figuras presentes em LD de biologia e química do EM. No módulo 9, por exemplo, MPU suscitava reflexões e questionamentos à medida que apresentava, em forma de slides, representações da atividade enzimática de LD do EM (Figuras 03 e 04).

125: MPU: [...] 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 em nível de ensino médio [referindo-se às Figuras 03 e 04]? [...]

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.

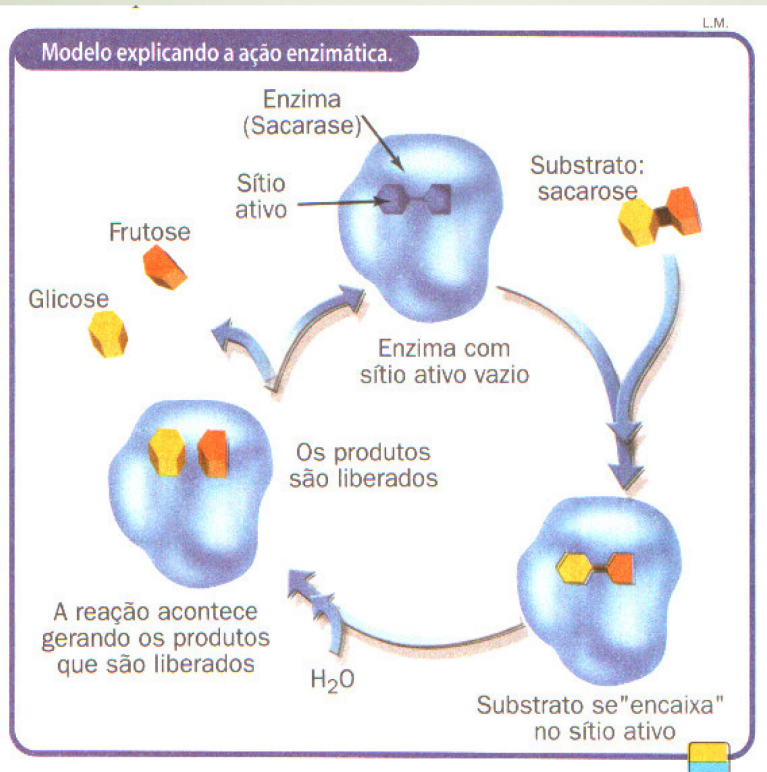
Explicações conceituais sobre o modo de ação das enzimas e a variedade de questionamentos motivaram discussões, inquietações e contestações em relação a figuras presentes em LD, bem como sobre possibilidades de significação por parte de estudantes do EM e da universidade.

Sob o pretexto da facilitação, os LD nem sempre privilegiam as linguagens necessárias aos processos de abstração e generalização requeridos para a construção de aprendizagens e pensamentos relativos a conceitos

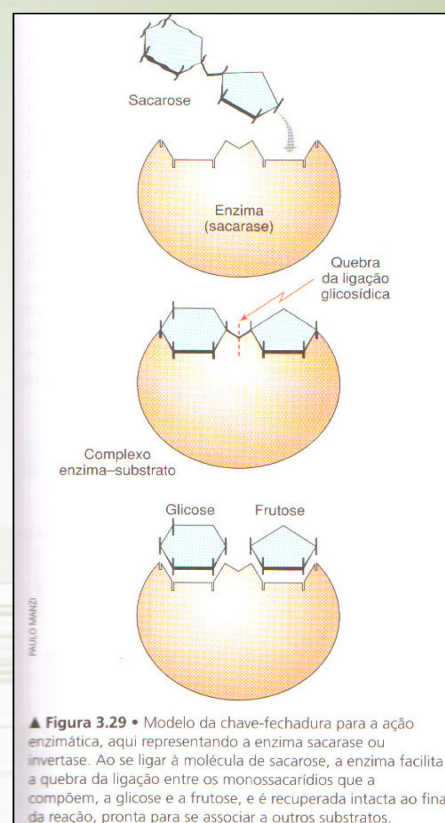
Representações da interação E-S em Livros Didáticos (sacarase)



Tais representações são suficientes para a compreensão bioquímica??

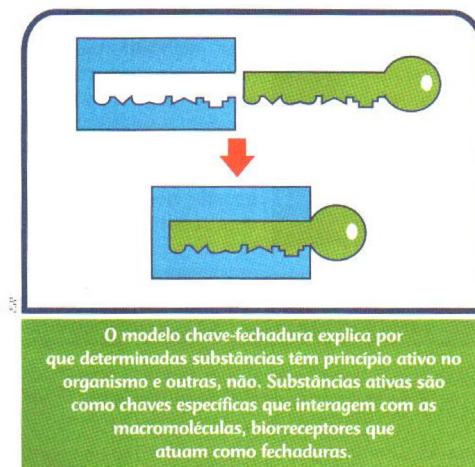
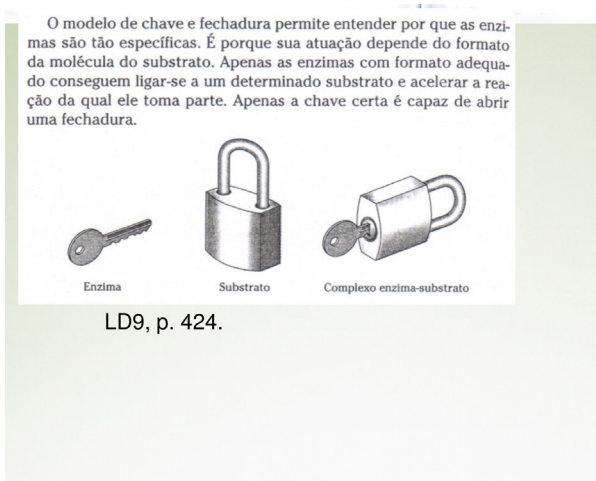


LD1, p. 541.



LD7, p. 75.

Figura 03: Slide apresentado no Módulo, com duas representações da interação enzima-substrato, uma extraída do LD1 (p. 541) e outra do LD7 (p. 75).



- como os estudantes compreendem as interações em nível atômico-molecular envolvidas nas reações enzimáticas (pelo modelo chave-fechadura)?
- analogias/imagens ajudam ou atrapalham?
- reduzem a complexidade conceitual?
- é isso que se quer em aulas de Biologia e Química?
- O que você faria?

Figura 04: Slide apresentado no Módulo, com representações do modelo chave-fechadura uma extraída do LD9 (p. 424) e outra do LD4 (p. 552).

escolares (Vigotski, 2001), a exemplo do modelo chave-fechadura (Figura 04), que representa de forma problemática as interações químicas entre a enzima e o substrato. Afinal, a compreensão conceitual da ação 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 imprescindível do professor.

Lopes (2007, p. 143), embasada em Bachelard, ressalta a importância de se afastar 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 escolar, demandam a atenção do professor a possíveis incompreensões e deturpações relacionadas aos aprendizados dos estudantes. Como as imagens expressas em LD são representações parciais do modelo teórico, elas demandam a mobilização de linguagens e formas de pensamento específicas às ciências, para além das explicações e representações dos LD, a fim de permitir desconstruções e avanços conceituais relacionados a imagens ou analogias utilizadas em aulas de CNT.

Nos módulos, discutiu-se bastante sobre o uso da analogia da chave-fechadura no ensino de CNT. Compreende-se que a figura representa 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 conceitual das interações químicas.

Lopes (2007, p. 45), 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.

Segundo Bachelard (1996), analogias podem gerar obstáculos ao acesso do conhecimento científico, ficando-se vinculado ao senso comum (ao análogo), sem direcionar o pensamento para a devida compreensão teórico-conceitual, desejada de ser aprendida pelos estudantes na escola.

Também se discutia sobre outros limites conceituais de representações de LD do EM, a exemplo da figura do LD1 (Figura 03), que 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, o que é importante de ser compreendido. No entanto, essa e outras figuras referidas no episódio representam uma ideia equivocada sobre a interação enzima-substrato, por estar representada como um encaixe físico/mecânico entre enzima e substrato, diferentemente da compreensão conceitual mediante as interações químicas. Nesse sentido, defende-se a importância de que professores de CNT entendam e reflitam sobre a visão de 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.

Segundo Silva et al. (2006), o que é expresso numa imagem representa certas variáveis do modelo científico ou curricular. Explicações sobre 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.

Figuras, como as que acompanham explicações do conteúdo *enzimas e catálise enzimática*, exigem do professor compreensões e discussões quanto às significações em nível teórico-conceitual. Com base em tal perspectiva, defende-se a importância do uso e entendimento de uma diversidade de conceitos envolvidos na explicação da temática em estudo, tal como foi discutida nos módulos. São exemplos: a estrutura química das proteínas/enzimas (primária, secundária, terciária e quaternária); as interações hidrofóbicas e hidrofílicas, que possibilitam a atividade em meio aquoso; o conceito das enzimas como polímeros de aminoácidos, como uma classe de proteínas que atuam como catalisadores biológicos; influências de fatores como pH e temperatura, pois cada enzima tem um pH ótimo e uma temperatura ótima para atuar, ou seja, aumentando ou diminuindo temperatura e/ou pH, pode ser desnaturada, perdendo sua atividade biológica.

Outro aspecto central para entendimento da atividade enzimática deriva do questionamento sobre a compreensão teórica de como as enzimas (a exemplo da quimotripsina) atuam para romper ligações covalentes (como a ligação C–N) nas condições celulares (pH neutro, temperatura de aproximadamente 37 °C). Interlocuções enfatizavam que no corpo humano a presença de enzimas é indispensável para que as transformações químicas ocorram e, por outro lado, explicações sobre o mecanismo de ação da quimotripsina permitiam compreender as interações entre a enzima e o substrato com amplas reflexões sobre a compreensão conceitual. Radicais de resíduos de aminoácidos são responsáveis pela reação no âmbito do *sítio ativo* (ou catalítico) da enzima, em cada etapa da reação, com formação e ruptura de ligações covalentes, interações hidrofóbicas, de hidrogênio, entre outras. A partir de dados referentes à energia de ligação e à estabilidade da ligação covalente a ser rompida na molécula de substrato, discutia-se teoricamente como a interação entre enzima e substrato permitia a ruptura da ligação.

Provavelmente, a forma linear e fragmentada como muitas vezes são ensinados os conteúdos, como os que envolvem a atividade enzimática, impossibilita que estudantes desenvolvam entendimentos e relações entre conceitos básicos, como os de átomo, molécula, interação intra e intermolecular, energia de ligação, reação química, energia de ativação e outros. Também se reafirma o argumento de que não existe uma única representação ou uma ideal que represente o modelo científico, uma vez

que sempre existirão limites, possibilidades ou riscos de incompreensão conceitual.

Defende-se um ensino mediante o uso de imagens e representações que permita desenvolver processos de significação conceitual capazes de mobilizar compreensões aprofundadas dos assuntos em estudo, nunca levando os estudantes a acomodarem o seu pensamento nas simplificações conceituais quando são usadas analogias ou imagens. Também cabe ressaltar que se discutiu que os estudantes do EM dificilmente compreenderiam todos os conceitos e as relações conceituais aqui expressos. Entretanto, discussões e reflexões como as vivenciadas nos módulos podem vir a subsidiar abordagens fundamentadas sobre aulas de CNT que envolvam algum tipo de imagem ou representação.

Algumas considerações

A discussão sobre os módulos de interação, neste artigo, indica possibilidades de inserção de mediações referentes a modelos e representações de estruturas submicroscópicas em espaços de formação de professores de CNT, com potencialidade de contribuir para superar visões simplistas sobre estas e o seu uso no ensino. No que se refere às abordagens sobre a atividade enzimática e as interações entre enzima e substrato, discussões enfatizaram a percepção de que representações, em LD, pouco contribuem para o pensar conceitualmente, a exemplo do modelo chave-fechadura. Para a compreensão da catálise enzimática, são necessários cuidados, por parte do professor, ao usar representações de modelos teóricos em aulas de biologia e química, considerando que elas sempre são parciais e requererem devidas explicações em nível teórico-conceitual.

Os processos de apropriação e ressignificação dos conhecimentos escolares mediante representações de partículas submicroscópicas dependem da mobilização de saberes docentes específicos, que não negligenciem a visão dos sistemas conceituais complexos envolvidos nas compreensões (Vigotski, 2001). Reflexões sobre a especificidade de tais saberes remetem para a compreensão da complexidade das próprias teorias produzidas pelas ciências e dos processos da sua recontextualização pedagógica na esfera escolar. Quando tais processos não são adequados para orientar o pensamento na direção dos conhecimentos teórico-conceituais, acarretam incompreensões e/ou obstáculos à aprendizagem, a exemplo do realismo bachelardiano, no qual os modelos e as representações são tomados como objetos reais.

Assim como as imagens representativas de estruturas submicroscópicas, discutidas neste artigo, necessitam ser problematizadas e ressignificadas de modo que o professor possa cumprir o papel essencial de mediar explicações escolares, quando se usa recursos instrucionais, em geral, é necessário que sejam considerados limites e obstáculos aos aprendizados conceituais. Isso se considerando que nenhum recurso instrucional reduz a complexidade da compreensão conceitual dos conteúdos escolares, nem do ato pedagógico nem da formação dos educadores.

Reafirma-se a importância de discussões e reflexões, no ensino e na formação de professores, sobre as distinções entre modelo e realidade, entre o real e o conceitual, de modo a “estimular a capacidade de problematização do sujeito que se propõe a conhecer o mundo” (Oliveira, 2010, p. 229), tornando o ensino de CNT uma atividade mais relevante, inteligente e criativa, diferentemente de abordagens simplistas que, ao invés de potencializar o desenvolvimento da mente humana, acomodam o pensamento.

Cientes de que a cultura instituída nos cursos de licenciatura tende a manter a dicotomia entre os conhecimentos das disciplinas de CNT e os conhecimentos necessários para o ensino nas salas de aula, defende-se, com base em Sacristán (1991, p. 70-71), a necessidade de reflexões e questionamentos sobre “o tipo de cultura que orienta a prática educativa”, afinal, “toda a mudança educativa deve assumir-se, em primeiro lugar, como uma mudança cultural”. Referenda-se, assim, a importância de conhecimentos e reflexões sobre o que orienta a prática e os saberes docentes, possibilitando novos olhares e percepções sobre o ser professor, numa perspectiva transformadora das interações e ações.

Referências

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

GOIS, J. e GIORDAN, M. Semiótica na química: a teoria dos signos de Peirce para compreender a representação. *Química Nova na Escola*. n. 7, p. 34-42, 2007. (Cadernos Temáticos)

JUSTI, R. Modelos e modelagem no ensino de química: um olhar sobre aspectos essenciais pouco discutidos. In: SANTOS, W.L.P. e MALDANER, O.A. *Ensino de química em foco*. Ijuí: Unijuí, 2010.

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

LOPES, A.R.C. *Conhecimento escolar: ciência e cotidiano*. Rio de Janeiro: Uerj, 1999.

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

LÜDKE, M. e ANDRÉ, M. *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: EPU, 1986.

MOREIRA, A.F. e BORGES, O. 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.

OLIVEIRA, R.J. O ensino das ciências e a ética na escola: interfaces possíveis. *Química Nova na Escola*. v. 32, n. 4, p. 227-232, 2010.

SANCRISTÁN, J.G. Consciência e ação sobre a prática como libertação profissional dos professores. In: NÓVOA, A. (Org.). *Profissão professor*. Porto: Porto Editora, 1991.

SANGIOGO, F.A. *Representações de estruturas submicroscópicas no ensino de Ciências da Natureza e suas Tecnologias: (re)construção de conhecimentos escolares*. 2010. Dissertação

Agradecimentos: Aos sujeitos de pesquisa, ao Gipec-Unijuí e ao CNPq.

Notas

¹ Artigo ampliado do XV Encontro Nacional de Ensino de Química, realizado de 21 a 24 de julho de 2010, em Brasília.

² “A dimensão submicroscópica do conhecimento químico trata do nível molecular dos fenômenos químicos, como o movimento e a interação das partículas” (Gois e Giordan, 2007, p. 38).

³ Informações sobre o planejamento e desenvolvimento dos módulos de interação constam em Sangiogo (2010).

⁴ Enzima presente na saliva, que transforma o amido em açúcar.

Fábio André Sangiogo (fabiosangiogo@gmail.com), graduado em Química-Licenciatura e mestre em Educação nas Ciências pela UNIJUI, é doutorando em Educação Científica e Tecnológica pela UFSC. Florianópolis, SC - BR. **Lenir Basso Zanon** (bzanon@unijui.edu.br), graduada em Farmácia e Bioquímica pela UFSM, mestre em Ciências (Bioquímica) pela UFPR, doutora em Educação pela UNIMEP, é professora titular vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Educação nas Ciências, ao Gipec-Unijuí e ao Departamento de Ciências da Vida da UNIJUI. Ijuí, RS - BR.

(Mestrado) – Unijuí, Ijuí, 2010.

SANGIOGO, F.A. e ZANON, L.B. Mobilização de linguagens e pensamentos necessários à compreensão de modelos de estruturas submicroscópicas em aulas de Ciências. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7, 2009. *Anais...* Florianópolis, 2009.

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

VIGOTSKI, L.S. *A construção do pensamento e da linguagem*. Trad. P. Bezerra. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

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

Para saber mais:

AMABIS, J.M.; MARTHO, G.R. *Biologia*. Vol. 1, 2, ed., São Paulo: Moderna, 2004.

BELTRAN, N.O.; LIEGEL, R.M. *Química: Ensino Médio*. Vol. 1, Brasília: CIB – CisBrasil, (Coleção SER), 2004.

LAURENCE J. *Biologia: Ensino Médio*. Vol. único, São Paulo: Nova Geração, 2005.

PEQUIS (Projeto de Ensino de Química e Sociedade). SANTOS, W.L.P.; MÔL, G.S. (Orgs.). *Química e Sociedade: Ensino Médio*. Vol. único, São Paulo: Nova Geração, 2005.

PERUZO, F.M.; CANTO, E.L. *Química na abordagem do cotidiano*. Vol. 3, 2 ed., São Paulo: Moderna, 1998.

SMITH, C.; MARKS, A.; LIEBERMAN, M. *Bioquímica Médica Básica de Marks: Uma abordagem clínica*. 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.

Abstract: Reflections about Representations and Models in Teacher Education with a focus on Conceptual Understanding of Enzymatic Catalysis - This article analyzes interactions between teachers in initial and continuing training developed in classes of teaching training in Biology and Chemistry, with attention directed toward potential and limits of use of models and representations, in teaching the content enzyme and enzymatic catalysis. The analysis of the interactions indicates the importance of mobilizing teacher knowledge that potentiates teaching and learning processes of themes or content involving the use of representations of submicroscopic particles. Alert for the surveillance in order to avoid incurring in conceptual simplifications or distortions related to the interpretation of explanatory models and their representations, such as those involved in the understanding of enzymatic activity.

Keywords: models and representations, enzyme and enzymatic catalysis, teacher's formation.