

Análise crítica dos modelos presentes em livros didáticos de Química e as possibilidades de mediação do conhecimento científico na formação inicial de professores

Vinicius Catão de Assis Souza² (PG)* vcasouza@ufv.br, Orlando Gomes de Aguiar Júnior² (PQ)

(1) Universidade Federal de Viçosa e Programa de Pós Graduação em Educação da Universidade Federal de Minas Gerais – Avenida Peter Henry Rolfs, s/n, Departamento de Química, Campus Universitário, Viçosa-MG, CEP: 36570-000.

(2) Faculdade de Educação e Programa de Pós Graduação em Educação da Universidade Federal de Minas Gerais – Av. Antônio Carlos 6627, Pampulha, Belo Horizonte – MG, CEP: 31270-901.

Palavras-Chave: Modelos, Mediação do Conhecimento, Formação de professores.

RESUMO: O presente trabalho discutirá a análise crítica de modelos utilizados em livros didáticos de Química e a importância do professor no processo de mediação do conhecimento, considerando as possíveis limitações e abrangências das várias representações utilizadas nas Ciências/Química. A questão de pesquisa discutida nesse trabalho será: *Como os licenciandos em Química analisam as vantagens e as desvantagens na utilização dos modelos de ensino presentes em livros didáticos para explicar fenômenos das Ciências/Química?* A pesquisa foi realizada com 25 estudantes de *Instrumentação para o Ensino de Química II*, disciplina oferecida para o sétimo período da licenciatura em Química da Universidade Federal de Viçosa. Os dados foram coletados através de materiais escritos e pelas filmagens das aulas, nos permitindo concluir que os modelos são ferramentas de mediação do conhecimento que necessitam ser criteriosamente discutidas nas salas de aulas, permitindo aos estudantes desenvolverem uma percepção crítica sobre os seus possíveis usos e limitações.

UTILIZAÇÃO DE MODELOS NO PROCESSO DE CONSTRUÇÃO E MEDIAÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO

O presente trabalho discutirá a importância de se desenvolver junto aos estudantes (Ensino Médio e Superior) e professores de Química em formação uma análise crítica relativa ao uso dos modelos, que podem ser considerados importantes instrumentos no processo de mediação do conhecimento científico. Trataremos de modelos didáticos ou *modelos de ensino* que, de acordo com Justi (2006), são representações criadas com o objetivo específico de ajudar os estudantes a entenderem aspectos do conhecimento científico escolar. Tais modelos são mais comumente apresentados na forma de diagramas, infográficos ou representações simples na forma de desenhos.

Em Ciências, um *modelo* pode ser definido como a *representação parcial* de um objeto, evento, processo ou ideia que é produzida com propósitos específicos como, por exemplo, facilitar a visualização, fundamentar a elaboração e teste de novas ideias, possibilitar a elaboração de explicações e previsões sobre comportamentos e propriedades do sistema modelado (GILBERT, BOULTER & ELMER, 2000).

O trabalho com modelos pressupõe o uso e a manipulação de signos, na medida em que eles são utilizados para organizar os símbolos da experiência e do pensamento. Assim, um objeto é substituído por um conjunto de elementos que o representam com o objetivo de destacar as suas propriedades, estabelecer relações e permitir a simulação de processos. A utilização de modelos na educação em ciências permite propor explicações para situações e fenômenos e, ainda, fazer previsões sobre o comportamento de um sistema sob condições determinadas. Nesse sentido, se torna

fundamental compreender o significado do próprio modelo enquanto uma representação. Os modelos são desenvolvidos com base no conhecimento que os sujeitos têm do mundo, visando à resolução de problemas, a formulação de explicações e previsões ou o desenvolvimento de maior competência num domínio específico de conhecimento.

De acordo com Coll, France e Taylor (2005), uma característica importante 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 alguns detalhes e enfatizar outros aspectos mais significativos da entidade modelada. Embora este seja um limite 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 eles serem descartados ou considerados como totalmente incorretos. Assim, algumas das utilidades dos modelos podem se relacionar à possibilidade de: (i) simplificar uma teoria ou uma série de dados que podem ser empíricos ou não; (ii) ampliar a capacidade para a realização de previsões; (iii) subsidiar as ideias relativas a uma dada teoria; (iv) auxiliar na visualização de entidades abstratas; (v) facilitar a comunicação, indicando um sistema como um todo e os elementos que o constituem, além de permitir uma leitura não linear dos processos envolvidos; (vi) fundamentar a proposição e a interpretação de experimentos sobre a realidade; e (vii) descrever processos dinâmicos estudados nas ciências, como as transformações químicas.

Considerando a relevância da utilização de modelos no ensino, é importante destacar que vários estudos (BARAB, HAY, BARNETT & KEATING, 2000; BUTY & MORTIMER, 2008; MAIA & JUSTI, 2009; MENDONÇA & JUSTI, 2009; NERSESSIAN, 1999; SOUZA & JUSTI, 2010, 2011; VOSNIADOU, 2002) têm mostrado que a utilização dessa ferramenta de mediação do conhecimento no ensino de Ciências contribui para o processo de aprendizagem dos estudantes. As propostas de trabalho com modelos são, ainda, corroboradas pelas diretrizes apresentadas nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (BRASIL, 1999), da área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, documento em que se destaca que uma das competências gerais a serem desenvolvidas pelos estudantes diz respeito aos domínios da investigação e compreensão das Ciências, ou seja, ao uso de ideias, conceitos, leis, modelos e procedimentos científicos. Mais especificamente, espera-se que o ensino de Ciências/Química forneça condições para o estudante *“reconhecer, utilizar, interpretar e propor modelos para situações problema, fenômenos ou sistemas naturais ou tecnológicos”* (BRASIL, 1999, p. 32).

É relevante destacarmos que o trabalho envolvendo a construção e análise crítica de modelos nas Ciências tem o potencial para promover um aprendizado participativo, com ricos contextos que possam encorajar o engajamento dos estudantes, em que eles trabalham de maneira colaborativa na construção de significados, conceitos e representações (BARAB et al., 2000). Além disso, essa metodologia de ensino permite ao estudante aprender sobre modelos, sobre sua construção e, conseqüentemente, sobre a construção da Ciência, considerando que uma das mais importantes atividades dos cientistas é construir, elaborar, testar e validar modelos.

Para esse trabalho, buscou-se favorecer aos licenciandos de um curso de Química a compreensão do fazer Ciência através de uma atividade envolvendo a análise de modelos presentes em livros didáticos de Química. Essa atividade é a

primeira de uma sequência didática que se relaciona a construção coletiva, pelos estudantes, de modelos para descrever fenômenos termoquímicos. Entretanto, será analisada aqui apenas essa primeira atividade, preliminar, que consistiu na análise de modelos utilizados em livros didáticos de Química.

O principal objetivo desse trabalho foi o de possibilitar aos licenciandos analisarem as abrangências e limitações dos modelos utilizados no contexto do ensino de Química. O objetivo da análise é o de verificar a compreensão que os licenciandos fazem de tais representações e suas relações com o conhecimento químico e com os processos de aprendizagem escolar da química. Na sequência didática utilizada no curso de formação, a atividade de análise de modelos em livros de Química poderia favorecer, de modo significativo, o trabalho com as atividades futuras de construção de modelos, permitindo aos licenciandos analisarem criticamente os modelos elaborados durante as atividades propostas para explicar os processos termoquímicos.

Assim, a questão de pesquisa que norteará a discussão desse trabalho é a seguinte: *Como os estudantes de licenciatura em Química analisam as vantagens e as desvantagens na utilização dos modelos de ensino apresentados em livros didáticos para explicar fenômenos e conceitos das Ciências/Química?*

AS FERRAMENTAS DE MEDIAÇÃO DO CONHECIMENTO E OS SIGNOS NO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM DA QUÍMICA: O PAPEL DO PROFESSOR E DOS MODELOS NAS CIÊNCIAS

O conceito de aprendizagem mediada de Vygotsky coloca o professor como figura essencial no processo de construção e legitimação dos saberes. Para compreender essa relação, é importante considerar que nessa perspectiva a construção de conhecimentos é realizada por meio de um elo intermediário entre a pessoa e o ambiente cultural do qual faz parte e no qual se desenvolve. Para Vygotsky, na formação humana há dois tipos de elementos mediadores: os instrumentos, que apresentam uma orientação exterior, e os signos, que apresentam uma orientação interior. Segundo ele, o desenvolvimento dessas representações se dá, sobretudo, pelas interações que favorecem o aprendizado dos estudantes. Nesse sentido, podemos entender as mediações pedagógicas em três esferas: os recursos materiais, os recursos semióticos (linguagem oral e escrita, diagramas, equações, gráficos e imagens) e a mediação social. Os recursos materiais assumem um significado quando acompanhados por linguagens e não apenas ações materiais. A mediação social, por sua vez, se faz mediante uma coordenação de diferentes linguagens ou modos de comunicação (gestual, pictórica ou verbal) presentes nas interações dos estudantes com o professor e com seus pares.

É importante ressaltar que as relações estabelecidas entre o indivíduo e seu entorno não ocorrem diretamente. Para alcançar um objeto que esteja fora do seu alcance, por exemplo, uma criança utiliza um móvel de apoio que lhe permita acesso ao objeto desejado; na inexistência do objeto ela utiliza gestos para significar seu desejo e obter auxílio de outra pessoa. Da mesma forma, os modelos podem ser produzidos para mediar a relação do homem com o conhecimento científico, sendo uma forma (limitada, assim como qualquer outra) de aproximação entre o mundo submicroscópico e a realidade visível.

Com a noção de aprendizagem mediada, foi possível demonstrar a importância desses instrumentos de mediação do conhecimento para o desenvolvimento dos processos mentais superiores, como planejar ações, conceber consequências para uma decisão, imaginar objetos, compreender ou explicar um fenômeno etc. Em seus estudos, Vygotsky apresenta uma distinção entre os dois tipos de elementos

mediadores possíveis. O primeiro seriam os instrumentos, que ao se interpor entre o homem e o mundo, ampliam as possibilidades de transformação da natureza. No caso específico das ciências, os instrumentos de mediação poderiam ser os modelos, pois permitem uma aproximação do mundo submicroscópico com o concreto. O segundo elemento mediador, e exclusivamente humano, é o signo. A linguagem, por exemplo, é toda composta de signos: a palavra livro remete ao objeto concreto livro, de modo que é possível imaginar um sem a necessidade de vê-lo. Para a espécie humana, a capacidade de construir representações mentais que substituam os objetos do mundo real é um traço evolutivo importante, possibilitando o estabelecimento de relações mentais, o planejamento e a ação intencional e motivada, mesmo na ausência dos próprios objetos. A mesma característica também é fundamental para a aquisição de conhecimentos, pois permite aprender por meio da experiência do outro, da construção de generalizações e das relações entre ideias / conceitos.

Considerando a utilização dos modelos de ensino nas ciências, é fundamental que o professor busque estabelecer essa ponte junto aos estudantes, mediando o processo de aprendizagem, de modo a permitir que eles pensem criticamente sobre o uso de modelos e representações no ensino de ciências. Por isso, o conceito de aprendizagem mediada confere uma posição privilegiada ao professor no processo educativo, considerando que para se efetivar o desenvolvimento, é desejável que a instrução seja favorecida por um ambiente interativo, possibilitando aos estudantes construir suas formas de pensar baseadas nas questões discutidas em sala de aula. Assim, no ensino de ciências os modelos não devem ser apresentados sem uma discussão pormenorizada com os estudantes, pois se isso for feito, o seu principal propósito, que é o de tentar apresentar explicações factíveis para os fundamentos da Ciência, não seria atingido. Nesse sentido, Vygotsky (1991, p.101) destaca que “o aprendizado adequadamente organizado resulta em desenvolvimento mental e põe em movimento vários processos de desenvolvimento que, de outra forma, seriam impossíveis de acontecer”.

INTERLOCUÇÕES POSSÍVEIS ENTRE O TRABALHO COM MODELOS E A PERSPECTIVA HISTÓRICO CULTURAL DE VYGOTSKY NO PROCESSO DE FORMAÇÃO INICIAL DOS PROFESSORES

Considerando a perspectiva Histórico Cultural, o processo de aprendizagem é uma atividade conjunta, em que as relações colaborativas entre os estudantes podem e devem ter espaço, de modo que o professor participa como mediador de todo o processo de construção do conhecimento. Além de ser o sujeito mais experiente, sua interação com os estudantes é orientada por ação planejada e intencional, dirigida a objetos específicos de conhecimento e definida por escolhas metodológicas.

Os momentos de internalização, que são individuais e reflexivos, representam um importante passo para se consolidar a aprendizagem, de modo que as interações constituem a base para que o indivíduo consiga compreender as representações de seu grupo social, se apropriando de um discurso a princípio externo e que vai sendo progressivamente regulado pelo próprio sujeito, de acordo com intenções e valorizações que lhe são próprias. Assim, a construção do conhecimento ocorre inicialmente no plano externo e social para, em seguida, ocorrer no plano interno e individual. Nesse processo, a ação partilhada com outros e, principalmente, com seus membros mais experientes, como os professores, são parte fundamental para a (re)estruturação do que e o como aprender.

O essencial a se considerar é que, se o fim a alcançar é efetivamente o estudante, a maneira e os métodos utilizados precisam ser coerentes com essa

finalidade. Para isso, é importante que os professores de Ciências tenham oportunidades de vivenciarem esse processo em sua formação universitária, de modo a ter possibilidade de colocar em prática atividades que dialoguem com essa perspectiva quando estiverem a frente de salas de aulas da Educação Básica. Não basta conhecer determinado conteúdo e “explicá-lo” aos estudantes. É preciso saber *como ensinar* esses conteúdos.

De acordo com Paro (2010), para o ensino caracterizado como tradicional existe uma espécie de mão única que vai do professor, que ensina, para o estudante, que aprende passivamente o que lhe é ensinado. Ignora-se, assim, o complexo processo pelo qual os componentes da cultura se incorporam na personalidade viva de cada ser humano e o necessário envolvimento do educando como sujeito nesse processo.

A concepção tradicional acredita que seja possível ensinar o conceito diretamente, sem levar em conta toda a subjetividade do estudante e sua participação ativa no processo de aprendizagem. Entretanto, Vygotsky (2001) destaca que

[...] o professor que envereda por esse caminho costuma não conseguir senão uma assimilação vazia de palavras, um verbalismo puro e simples que estimula e imita a existência dos respectivos conceitos na criança, mas, na prática, esconde o vazio. Em tais casos, a criança não assimila o conceito, mas a palavra, capta mais de memória que de pensamento e sente-se impotente diante de qualquer tentativa de emprego consciente do conhecimento assimilado. No fundo, esse método de ensino de conceitos é a falha principal do rejeitado método puramente escolástico de ensino, que substitui a apreensão do conhecimento vivo pela apreensão dos esquemas mentais mortos e vazios. (VYGOTSKY, 2001, p. 247)

Paro (2010) destaca que o poder do professor se manifesta em dois sentidos: como capacidade de agir e como capacidade de influenciar a mudança no comportamento dos outros. No primeiro caso, verifica-se seu poder no próprio exercício de sua função de professor, que detém determinadas capacidades didáticas e as aplica na prática docente. Mas se manifestam também no fato de que todo processo de instrução relaciona-se a um processo de aprendizado para si próprio. O professor aprende enquanto ensina, fortalecendo-se em seus atributos intelectuais. No entanto, o mais importante para o ensino é a capacidade de o professor poder influenciar o comportamento dos estudantes. E esse poder seria de grande importância em termos sociais, possibilitando atuar na mediação para a construção da personalidade dos estudantes e dele mesmo. O ser humano nasce com potencialidades infinitas para fazer-se humano-histórico, apreendendo a cultura disponível e formando sua personalidade. De acordo com Paro (2010):

A questão fundamental de nossa escola tem sido precisamente a natureza pouco ambiciosa de seus objetivos. Orientada por uma concepção de educação do senso comum, que se pauta na mera transmissão de conhecimentos, seus objetivos têm sido muito pouco ambiciosos, restringindo-se apenas a isto: passar conhecimentos e informações. (PARO, 2010, p. 52)

Paro (2010) destaca que as nossas escolas e seus responsáveis parecem ainda não ter percebido que uma das maneiras mais certas de dificultar a transmissão às crianças e jovens dos conhecimentos de que necessitam para a vida é precisamente pretender passar **só** conhecimentos.

O professor só se faz efetivamente educador, cumprindo sua função social de contribuir para a formação humana, no sentido mais pleno, quando busca trabalhar

estratégias que possibilitem ao estudante acesso a um conhecimento legítimo, oferecendo condições reais para que a aprendizagem aconteça. O professor não educa o estudante: *apenas* propicia condições para que o estudante *se eduque*, desenvolvendo uma percepção crítica e reflexiva sobre os objetos de estudo, permitindo-lhe pensar aspectos outros acerca das ciências enquanto construção humana.

Nesse contexto, acreditamos que aprender se relaciona ao processo de construir significados. Ensinar, por sua vez, seria oportunizar essa construção por meio de atividades que alicercem essa dinâmica. Informações, qualquer livro ou computador pode transmitir, não necessitando de um espaço formal como a escola para que o estudante tenha acesso. Entretanto, ao se pensar na educação de fato, é fundamental considerá-la como um processo pelo qual nós nos tornamos humano-históricos, pela apropriação da cultura. Mas cultura aqui precisa ser entendida como o conjunto de valores, conhecimentos, crenças, tecnologia, arte, costumes, filosofia, ciência, tudo enfim que constitui a produção histórica do homem.

Imbuído por essas discussões contemporâneas, o presente trabalho buscou apresentar aos licenciandos do curso de Química modelos didáticos relativos da Química que, muitas das vezes, são aceitos por professores e estudantes sem uma reflexão crítica. Espera-se que essa atividade, além de permitir a construção de conhecimentos legítimos no campo das Ciências, proporcione aos professores em formação inicial a possibilidade de perceberem a importância da construção coletiva de conhecimento, além da necessidade de se analisar criticamente os modelos que são apresentados.

ASPECTOS METODOLÓGICOS: ATIVIDADE DE ENSINO, AMOSTRA E ANÁLISE DOS DADOS

A presente pesquisa relata a análise de uma atividade aplicada a um grupo de licenciados em Química. Com essa atividade, buscaram-se abordar a importância de se promover uma discussão e análise crítica dos modelos utilizados na Ciência, considerando suas limitações e os contextos de uso.

Além disso, discutiu-se que o *fazer Ciência* representa uma atividade dinâmica, interativa, reflexiva, sendo um constante desafio de pensamentos e ações, e não uma questão de seguir uma série de regras que requerem comportamentos particulares em estágios específicos. Assim, discutiu-se os a importância de se compreender, de acordo com Hodson (1992), o sentido de: (i) *aprender Ciências* (saber sobre a natureza, abrangência e limitações dos principais modelos científicos, sejam eles consensuais, isto é, aceitos pela comunidade científica atualmente, ou históricos, aqueles que foram aceitos em um determinado contexto); (ii) *aprender sobre Ciências* (ser capaz de avaliar o papel dos modelos no desenvolvimento e disseminação dos resultados da pesquisa científica); e (iii) *aprender a fazer Ciência* (ser capaz de criar, expressar e testar seus próprios modelos).

Após essa discussão, foram apresentados aos licenciados sete desenhos retirados de livros didáticos de Química voltados ao Ensino Médio, dos quais apresentaremos e discutiremos apenas quatro nesse trabalho, por limitação de espaço. Solicitou-se, em seguida, que fossem analisados e comentados cada um dos desenhos, destacando **aspectos positivos e negativos** dos mesmos, tendo em vista sua utilização como potenciais modelos para se ensinar conteúdos da Química. Os quatro desenhos buscam representar os seguintes fenômenos/processos: (i) análise submicroscópica das mudanças de estado físico da água; (ii) mecanismo para explicar a ocorrência de uma reação química específica; (iii) o estabelecimento de uma possível

ligação química; e (iv) analogia para explicar o descolamento do equilíbrio químico. Considerando que *modelo* pode ser definido como a *representação parcial* de um objeto, evento, processo ou ideia que é produzida com propósitos específicos, como destacado na discussão inicial desse trabalho, todos os desenhos apresentados aos licenciandos buscaram contemplar, de alguma forma, essas características dos modelos. Por isso, eles serão aqui considerados como *modelos didáticos*, pois incorporam, em diferentes níveis, ideias científicas em suas representações.

As análises dos modelos foram feitas considerando algumas das discussões anteriores relativas a concepções alternativas dos estudantes sobre alguns conteúdos da Química, com transformações químicas, equilíbrio químico, ligações químicas e interações intermoleculares. Assim, na análise dos modelos, os licenciandos deveriam considerar aspectos como: clareza e objetividade das representações; relações com os conteúdos químicos, de modo a minimizar possíveis concepções alternativas junto aos estudantes; limitações e abrangências das representações; condições para leitura das mesmas.

Posteriormente, o professor da turma mediu uma discussão com todo o grupo, buscando socializar as diferentes visões sobre os modelos analisados pelos licenciandos, além de debater sobre a importância de o professor apresentar a relevância e possibilidades de utilização dos diferentes modelos no contexto das ciências.

A pesquisa foi realizada com 25 estudantes da disciplina de *Instrumentação para o Ensino de Química II*, oferecida no sétimo período do curso de licenciatura em Química da Universidade Federal de Viçosa.

Os dados foram coletados através de materiais escritos e pela filmagem da aula. Todos os estudantes envolvidos assinaram o *Termo de Consentimento Livre e Esclarecido*, declarando ciência da pesquisa e aceitando participar da mesma. Os materiais escritos produzidos pelos estudantes foram transcritos e a discussão em vídeo analisada, sendo que algumas das falas também foram transcritas. Todos os licenciandos foram identificados com o código L, associado a um número de ordem atribuído aleatoriamente, em uma sequência de L1 a L25.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O primeiro desenho representa uma sequência de etapas relacionadas ao processo de evaporação da água, conforme representado na Figura 1.

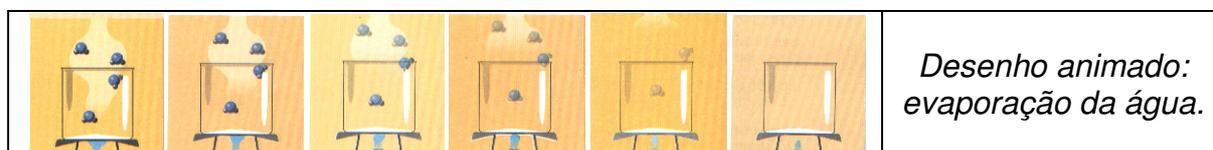


Figura 1. Modelo para explicar o processo de evaporação da água.

Os estudantes destacaram aspectos relacionados à limitação para se representar as interações intermoleculares estabelecidas entre as moléculas de água no estado líquido e gasoso, além dos possíveis equívocos causados por associações errôneas estabelecidas entre a evaporação e a ebulição, considerando a fonte externa de calor representada na sequência de desenhos. A seguir, destacam-se algumas das respostas que exemplificam essas e outras questões discutidas pelos licenciandos:

Passa a ideia de que a matéria está saindo do béquer, no entanto não mostra a questão da distância entre as moléculas (que caracteriza a mudança de fase). (L2)

Aspectos positivos – transmite a ideia de que na evaporação não ocorre separação dos átomos que compõe a molécula da água, nem ocorre aumento do tamanho das moléculas. Aspectos negativos – este desenho passa a ideia errada para os alunos na qual para ter evaporação é necessário entrar primeiro em ebulição. (L22)

Um fato interessante neste modelo é deixar claro que água ao mudar de fase não muda a sua constituição, ela continua sendo formada por 2 átomos de H e 1 átomo de O. Porém, o desenho não mostra as interações intermoleculares e associa a evaporação com aquecimento. (L14)

Aspectos positivos – a molécula de água continua sendo constituída por 2 átomos de H e um de O. Aspectos negativos – o desenho associa evaporação à ebulição; mostra que as moléculas não possuem interação maior em meio líquido (moléculas isoladas). (L23)

Nas respostas apresentadas, os licenciados apontam questões fundamentais de serem observadas pelo professor no processo de mediação do conhecimento científico em sala de aula, como por exemplo, a limitação de algumas representações e processos (moléculas e as interações estabelecidas entre elas; relação entre a evaporação e a ebulição). Entretanto, o modelo apresenta algumas importantes vantagens, como a ideia de conservação das massas, dinamismo, proporção definida dos átomos em uma molécula (no processo de evaporação/ebulição, não há a separação dos átomos de hidrogênio e oxigênio que compõem as moléculas de água).

O segundo desenho representa o mecanismo de ocorrência de uma reação química, conforme desenho apresentado na Figura 2.

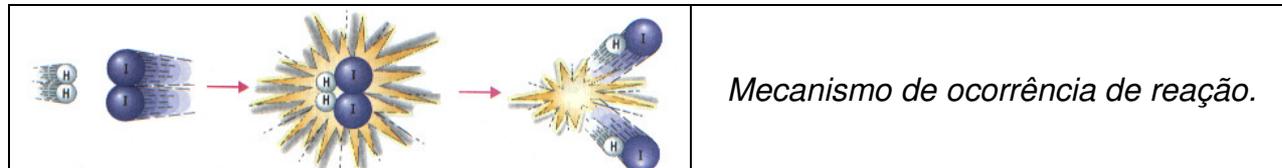


Figura 2. Modelo representado o mecanismo de ocorrência de uma reação química.

Em relação a essa representação, temos os seguintes comentários dos licenciandos, trazendo possíveis associações desse modelo com o desenvolvimento de visões aminista e ao modo como acontecem as colisões entre as moléculas, conforme destacado nas seguintes falas:

Passa a ideia do “ataque” entre as moléculas, o que gera graves confusões, pois moléculas não são violentas (visão animista), elas colidem com energia e posicionamento correto para que ocorra reação. (L2)

A ilustração dá uma ideia de como ocorre a colisão entre as moléculas e a liberação de energia com a formação de ligação. Mas deixa a desejar se levarmos em consideração que a colisão não ocorre de forma brusca. (L12)

Outros licenciandos destacaram aspectos positivos e negativos desse modelo:

É uma boa maneira de representar as reações químicas, já que mostra as colisões efetivas que ocorrem entre os átomos. Mas deve-se ficar atento também a ideia errônea de que essa colisão é brusca, pois nem sempre essas colisões se dão de maneira tão forte como está mostrando nessa representação. É um bom modelo, pois dá a ideia de absorção ou liberação de energia em uma reação química. (L21)

Aspecto positivo – demonstra que as moléculas estão sempre em movimento e é necessária uma posição correta, isto é, um choque efetivo para que ocorra a reação (rearranjo dos átomos). Aspecto negativo – desenvolve o conceito de que toda reação libera energia. (L23)

No momento da discussão, esse modelo foi considerado bastante satisfatório por todos os licenciandos, que consideraram as limitações inerentes a representação do processo algo simples de ser mediado em sala de aula pelo professor de Química.

O terceiro desenho apresenta uma analogia para o processo para a formação de uma ligação química, conforme apresentado na Figura 3.

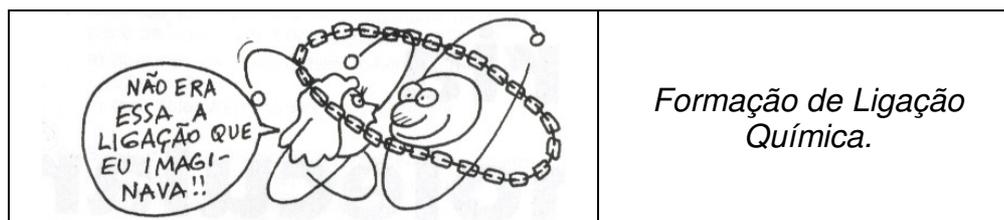


Figura 3. Modelo representado a formação de uma ligação química.

Em relação a essa representação, bastante criticada durante as discussões e considerada, do ponto de vista científico, incorreta por todos, os licenciandos destacaram que:

A ilustração passa uma visão animista, dá vida, sentimentos aos átomos e isso não ocorre. Os átomos não estão “acorrentados”, eles se interagem. (L8)

Ideal para charge, descontração. Formação de conceitos errados (sexo do átomo). Não vejo ponto positivo. (L11)

Um aspecto negativo desta ilustração é a atribuição de características humanas aos átomos, como se fossem pequenos seres vivos, além de dar ideia de que existe algo “amarrando” os átomos numa ligação química, não demonstrando as interações existentes. (L12)

A colocação de átomos e moléculas com personalidade não é um bom método de explicitar conceitos, pois átomos não possuem olhos e nem boca e ao trazer essas características para dentro de sala de aula, estamos empobrecendo o conteúdo. (L15)

Esse tipo de modelo transmite a ideia de que os átomos são como pessoas, têm sentimentos e vontades. Essa representação deve ser trabalhada com muito cuidado: pode ser útil para tratar da ligação entre átomos, mas não deve passar a ideia de que os átomos são como os seres humanos. (L21)

Transmite uma ideia na qual os átomos são pessoas, que possuem vontade ou não de se ligarem. Mostra uma visão errada de que em uma ligação iônica ocorre uma ligação (corrente que junta os átomos), mas na verdade os átomos são ligados pela força de atração entre o núcleo de um átomo com os elétrons do outro e vice e versa. (L22)

Os aspectos discutidos pelos licenciandos parecem ser bastante pertinentes, considerando que muitas dessas limitações dos modelos e formas lúdicas de representações não são, usualmente trabalhadas de modo pontual pelos professores em sala de aula. Além disso, ao se depararem com tais representações, os estudantes podem estabelecer relações errôneas frente às ideias apresentadas, por não compreenderem o processo e, desta forma, fazerem uma leitura direta e acrítica das analogias. A inadequação do gênero humorístico de uma charge no corpo do texto

explicativo de um livro de química parece ter sido a razão principal da avaliação negativa que os licenciandos tiveram desta representação. Cabe destacar, ainda, que nenhum deles destacou, em sua análise, as intenções implícitas que orientaram a produção e uso da analogia no texto didático, qual seja, de indicar a natureza intrínseca das interações elétricas.

O quarto desenho apresenta uma analogia para explicar o Equilíbrio Químico, conforme destacado na Figura 4.

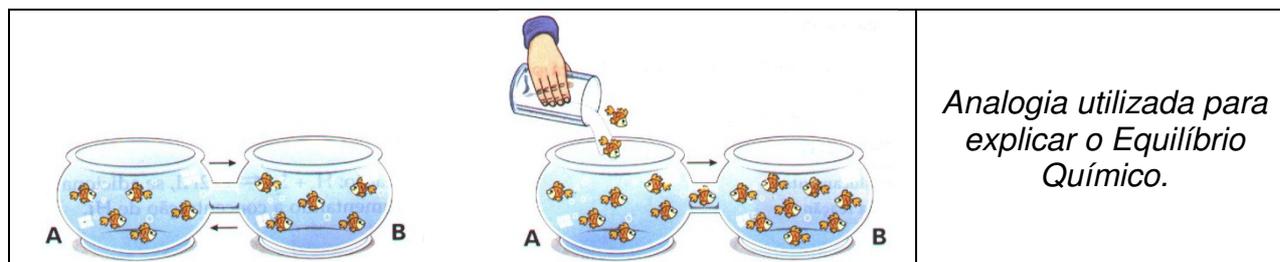


Figura 4. Analogia utilizada para explicar o Equilíbrio Químico.

Em relação a essa representação, os licenciandos apontaram a relevância da ideia que se busca esquematizar (o deslocamento do Equilíbrio Químico), mas reconheceram algumas limitações sérias que devem ser discutidas pelo professor em sala de aula. Como exemplo, seguem algumas ideias apresentadas pelos licenciandos:

Positivo – fica fácil de se observar que a adição de reagentes em um dos lados faz com que o equilíbrio se desloque para o outro. Negativo – coloca como se produto e reagente fiquem em dois lados diferentes (sic). (L4)

Positivo – mostra que em ambos os lados a quantidade de matéria deve ser a mesma. Negativo – associação de um peixe com um átomo é algo distante da realidade. Modelo simplista para o aluno do Ensino Médio. A seta deveria estar maior em um dos lados. (L6)

Aspectos positivos – os peixes podem circular livremente entre um aquário e outro. Quando se adiciona mais peixes no aquário A (reagente), os peixes se deslocam para o aquário B (produtos), mostra deslocamento do equilíbrio químico. Aspectos negativos – dá a entender que no equilíbrio as concentrações são iguais (n° de peixes de A = n° de peixes de B). Não deixa claro que no equilíbrio as velocidades de “troca” são iguais. Não distingue as substâncias. (L14)

Deve-se deixar bem claro que o desenho utilizado é viável somente se o professor deixar bem claro que é uma analogia, de forma a explicitar que o desenho utilizado não é uma representação real, do que seja o equilíbrio químico. (L15)

No segundo desenho, a representação de apenas uma seta dá a ideia que o equilíbrio está deslocado apenas para o lado B. Mesmo que a seta para o lado B seja maior, deve haver uma seta para o lado A menor, para que a ideia de equilíbrio químico fique bem clara aos alunos. (E21)

A discussão apresentada pelos licenciandos destaca a dificuldade de se estabelecer, de forma coerente, algumas analogias para explicar os processos nas ciências. Nesse sentido, para que o professor possa mediar o conhecimento em sala de aula, é fundamental que sejam observados os seguintes aspectos relacionados ao trabalho com as analogias, apontados por Glynn (1989): (i) ao receber uma analogia pronto, os estudantes podem considerá-la impertinente e rejeitá-la; (ii) por estarem fora do contexto sócio-histórico dos estudantes, as analogias podem não ser inteligíveis; (iii) o não discernimento das diferenças entre o análogo (domínio da analogia) e o

fenômeno (domínio do alvo) poderem gerar problemas na aprendizagem; (iv) sem um bom direcionamento, aspectos irrelevantes podem sobressair em detrimento do aspecto principal, sugerido em uma analogia; (iv) analogias muito próximas a seus domínios alvo poderem levar a generalizações e, conseqüentemente, a formas de raciocínios equivocadas. Apesar desses riscos, Glynn (1989) e outros estudiosos do tema consideram o raciocínio analógico como fundamental no ensino e aprendizagem dos conceitos em ciências.

CONCLUSÕES

A análise das respostas dos licenciandos em Química nos permite inferir que os modelos de ensino podem ser considerados importantes tentativas de aproximar a Ciência do mundo concreto. Assim, eles são ferramentas de mediação do conhecimento que devem ser analisadas de modo bastante crítico nas salas de aulas de ciências, permitindo aos estudantes desenvolverem uma percepção mais ampla sobre os seus possíveis usos no ensino. Além disso, é fundamental que se trabalhe com os estudantes as várias limitações existentes nessas representações, considerando que os modelos não são descrições exatas do real e sim uma aproximação, o que os fazem ser naturalmente limitados.

Os professores, então, teriam o desafio de trabalhar em sala de aula essas questões da Ciência relacionadas ao processo de construção e utilização dos modelos didáticos que, a priori, se apresentam de forma paradoxal no ensino (utilizar algo que é limitado e não explica um fenômeno em sua totalidade), mas cujos aspectos devem ser discutidos durante o processo de construção do conhecimento científico. Nesse sentido, sempre fazemos escolhas dos aspectos a serem explicados e não há uma única explicação que contemple todos os aspectos do fenômeno, mesmo por que não temos acesso direto ao real e não sabemos nunca se alcançamos o fenômeno em sua totalidade. Essa talvez seja uma das possibilidades de se trabalhar significativamente esses aspectos relacionados a utilização dos modelos no ensino de ciências, considerando que essas questões parecem passar despercebidas nas salas de aulas de Ciências/Química. Muitos professores desconsideram o potencial do uso de modelos no ensino de ciências/Química, talvez, por não terem tido a oportunidade de discutir, na Educação Básica ou Superior, sua relevância para o processo construção das Ciências.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARAB, S. A., HAY, K. E., BARNETT, M., & KEATING, T. Virtual Solar System Project: Building Understanding through Model Building. **Journal of Research in Science Teaching**, n.37, p. 719-756, 2000.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio** – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: Ministério da Educação e Cultura, 1999.

BUTY, C., & MORTIMER, E.F. Dialogical/Authoritative Discourse and Modelling in High School Teaching Sequence on Optics. **International Journal of Science Education**, n.30, p. 1635-1660, 2008.

COLL, R. K., FRANCE, B., & TAYLOR, I. The role of models and analogies in science education: implications from research. **International Journal of Science Education**, n.27, p. 183-198, 2005.

GILBERT, J. K., BOULTER, C. J., & ELMER, R. Positioning Models in Science Education and in Design and Technology Education. In J. K. GILBERT & C. J. BOULTER (Eds.), **Developing Models in Science Education** (pp. 3-17). Dordrecht: Kluwer, 2000.

GLYNN, S. M. Explaining Science Concepts: A Teaching-with-Analogies Model. In: S. W. GLYNN, R. H. YEANY AND B. K. BRITTON (Eds.) **The Psychology of Learning Science**. (pp. 219-240) Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum, 1989.

HALLOUN, I. A. **Modeling Theory in Science Education**. Dordrecht: Kluwer, 2004.

HAPKIEWICZ, A. (1991). Clarifying chemical bonding: overcoming our misconceptions. **The Science Teacher**, n.58, p. 24-27, 1991.

HODSON, D. In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. **International Journal of Science Education**, n.14, p. 541-562, 1992.

JUSTI, R. La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. **Enseñanza de las Ciencias**, n.23, p. 173-184, 2006.

MAIA, P.F., & JUSTI, R. Learning of Chemical Equilibrium through Modelling-Based Teaching. **International Journal of Science Education**, n.31, p. 603-630, 2009.

MENDONÇA, P.C.C., & JUSTI, R. Favorecendo o aprendizado do modelo eletrostático: Análise de um processo de ensino de ligação iônica fundamentado em modelagem - Parte 2. **Educación Química**, n.20, p. 373-382, 2009.

NERSESSIAN, N.J. Model-Based Reasoning in Conceptual Change. In L. Magnani, N. J. Nersessian & P. Thagard (Eds.), **Model-Based Reasoning in Scientific Discovery** (pp. 5-22). New York: Kluwer and Plenum Publishers, 1999.

PARO, V. H. **Educação como exercício de poder: crítica ao senso comum em educação**. 2ª Ed. São Paulo: Cortez. Coleção questões da nossa época (v. 4), 2010.

SOUZA, V.C.A., & JUSTI, R. Estudo da utilização de modelagem como estratégia para fundamentar uma proposta de ensino relacionada à energia envolvida nas transformações químicas. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, n.10, p. 1-26, 2010.

SOUZA, V.C.A., & JUSTI, R. Interlocuções possíveis entre linguagem e apropriação de conceitos científicos na perspectiva de uma estratégia de modelagem para a energia envolvida nas transformações químicas. **Revista Ensaio**, n.13, p. 31-46, 2011.

VYGOTSKY, LEV SEMENOVICH. **A formação Social da Mente: O Desenvolvimento dos Processos Psicológicos Superiores**. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

VYGOTSKY, LEV SEMENOVICH. **A construção do pensamento e da linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

VOSNIADOU, S. Mental Models in Conceptual Development. In L. Magnani, N. J. Nersessian & P. Thagard (Eds.), **Model-based Reasoning in Scientific Discovery** (pp. 353-368). New York: Kluwer and Plenum Publishers, 2002.