

## Modelando as idéias dos professores sobre modelagem: favorecendo uma aprendizagem para a prática

Poliana Flávia Maia Ferreira (PG)\* (polianamaia@yahoo.com.br), Rosária da Silva Justi (PQ)

Programa de Pós-graduação em Educação, Faculdade de Educação da UFMG, Av. Antônio Carlos, 6627, 31270-901, Belo Horizonte

Palavras Chave: *Equilíbrio químico, ensino de química, modelagem.*

### Introdução

#### Modelos e ensino de ciências

Em Ciências, o desenvolvimento do conhecimento científico relativo a qualquer fenômeno relaciona-se, normalmente, com a produção de uma série de modelos com diferentes abrangências e poder de predição. Isso porque os modelos estão no centro de qualquer teoria e a construção e emprego de modelos é fundamental no processo da pesquisa científica. Eles são as principais ferramentas usadas pelos cientistas para produzir conhecimento e um dos principais produtos da ciência<sup>1,2</sup>.

Um modelo pode ser definido como uma representação parcial de um objeto, evento, processo ou idéia que é produzido com propósitos específicos como, por exemplo, facilitar a visualização, fundamentar a elaboração e teste de novas idéias, possibilitar a elaboração de explicações e previsões sobre comportamentos e propriedades do sistema modelado<sup>3</sup>.

A importância de modelos em Ciências é amplamente reconhecida entre cientistas e filósofos da ciência<sup>4</sup>, pois a teoria dos modelos é, originalmente, uma teoria da ciência. No ensino de ciências, entretanto, a visão sobre a natureza dos modelos e seu processo de construção na ciência é, freqüentemente, negligenciada por autores de livros didáticos e professores.

De acordo com van Driel e Verloop<sup>5</sup>, o foco no ensino de modelos está usualmente no conteúdo dos modelos que estão sendo ensinados e aprendidos, enquanto a natureza dos modelos não é explicitada ou discutida. Esses autores também sugerem que não é usual para estudantes serem convidados a participar ativamente em atividades de construção e reformulação de modelos, o que está em desacordo tanto com a relevância do estudo de modelos quanto com a própria natureza do conhecimento.

A utilização de modelos no ensino ajuda a promover um entendimento que vai além da memorização de fatos, equações ou procedimentos. Os modelos na educação ajudam a promover um ensino em que a ciência faça sentido para os estudantes não apenas dando "explicações

satisfatórias", mas desenvolvendo uma forma de conhecimento flexível que pode ser aplicado e transferido para diferentes situações e problemas<sup>6</sup>.

Vários outros estudos<sup>7, 8</sup> têm mostrado que a utilização de modelos na perspectiva de promover o desenvolvimento do conhecimento contribui decisivamente para a construção de um aprendizado significativo. Além disso, o envolvimento de alunos em atividades de modelagem pode se transformar em excelentes oportunidades para que os professores acompanhem o processo de expressão de suas idéias originais e de compreensão dos modelos científicos estabelecidos<sup>9</sup>.

A construção de modelos envolve uma grande quantidade de habilidades. Ao elaborar um modelo, há, inicialmente, um processo de escolha e integração de itens que são considerados relevantes para uma questão particular. Modelar é o processo de criar modelos para um fenômeno ou evento através da seleção, interpretação, conceituação e integração de aspectos relevantes para descrever, explicar e prever o comportamento do sistema e de testar esses modelos avaliando sua coerência com o sistema modelado, sua abrangência e suas limitações.

A atividade de construir modelos permite ao aluno visualizar conceitos abstratos pela criação de estruturas através das quais ele vai poder explorar seu objeto de estudo e testar seu modelo, desenvolvendo conhecimentos mais abrangentes. Dessa forma, ocorre uma integração entre o conhecimento conceitual e a construção de modelos, em que o conhecimento do estudante permite criar modelos e os modelos contribuem para o desenvolvimento e a construção de novos conhecimentos.

O ensino através da construção de modelos promove um aprendizado participativo, com ricos contextos que encorajam a participação dos alunos, em que esses trabalham de maneira colaborativa na construção de significados, conceitos e representações<sup>1</sup>. Além disso, esse processo de ensino permite ao aluno aprender sobre modelos, sobre sua construção e, conseqüentemente sobre a construção da ciência, uma vez que uma das mais importantes atividades dos cientistas é construir, elaborar, testar e validar modelos.

O conhecimento sobre o que são os modelos, suas aplicações e limitações se coloca como aspecto fundamental a ser desenvolvido para que o aluno possa participar de atividades relativas à modelagem. Envolver estudantes no estudo sobre a utilização dos modelos na ciência favorece que eles percebam os modelos como importantes ferramentas na prática científica e conheçam a estreita relação dos mesmos com o desenvolvimento de teorias (no sentido de que modelos podem ser usados como instrumentos de exploração tanto no domínio prático quanto no teórico, como mediadores entre teoria e fenômeno<sup>10</sup>). Além disso, para entender ciência, os estudantes devem conhecer como modelos são construídos e validados.

Estudos<sup>11, 12</sup> apontam que a introdução de estudantes em atividades de modelagem pode, além de contribuir para a construção de conhecimentos específicos, ajudar o aluno a construir seus próprios modelos, avaliar os seus e outros modelos usados pelo ensino e pela ciência, além de compreender o próprio processo de modelagem – sob um aspecto geral, e na ciência, em específico – e porque são construídos. Assim, o aluno se torna sujeito ativo do seu próprio processo de construção do conhecimento, estando engajado em atividades que propiciam a reflexão crítica sobre o objeto em estudo e, conseqüentemente, uma aprendizagem significativa.

Entretanto, no ensino, a modelagem e sua contribuição para a aprendizagem é uma área recente de pesquisa e deve ser alvo de mais estudos para que possa fundamentar propostas de mudanças no ensino atualmente promovido. Além de as pesquisas sobre utilização de atividades de modelagem no ensino serem poucas, elas se mostram pouco aplicáveis à realidade do ensino, seja pelo tempo que demandam para serem realizadas (geralmente muito grande), seja pelo número de alunos que elas investigam (geralmente muito pequeno).

Nessa perspectiva, o objetivo desse trabalho é apresentar uma proposta de ensino baseada em atividades de modelagem para contribuir para o ensino de um conteúdo específico – *Equilíbrio Químico* – e para a compreensão sobre modelos (o que são, para que servem e como são construídos), em um contexto real de sala de aula. A escolha do tema *Equilíbrio Químico* se fez por este ser um tema geralmente relacionado a dificuldades de ensino e aprendizagem<sup>13, 14</sup>.

### Equilíbrio químico no ensino

Equilíbrio químico é uma das principais concepções organizadoras do ensino de química, sendo a compreensão desse processo necessária para a fundamentação de várias discussões que levam ao entendimento de fenômenos e processos, dentro ou fora do contexto escolar, que permitem ao indivíduo compreender o mundo que o cerca. Por exemplo, o estudo da eletroquímica, a compreensão

do processo de destruição da camada de ozônio pelo uso de CFC, ou ainda, questões de ordem biológica como a absorção do ácido acetilsalicílico (AAS) pelo organismo humano, as trocas gasosas do processo de respiração, entre muitos outros exemplos, são explicados com base em seus respectivos equilíbrios.

O conceito de equilíbrio químico articula vários temas, como: reação química, reversibilidade de reações, cinética química, entre outros. Entretanto, apesar de sua importância, esse é um tópico freqüentemente associado com dificuldades de aprendizagem, o que tem resultado em um grande número de trabalhos nessa área<sup>13, 14</sup>.

Nessa perspectiva, essa proposta de ensino buscou evitar enfoques que levassem a concepções alternativas sobre o tema e, ao mesmo tempo, favorecer a discussão de concepções desse tipo expressas pelos alunos. Como um todo, as atividades buscaram propiciar o desenvolvimento de algumas idéias fundamentais para a compreensão do equilíbrio químico, como:

- equilíbrio químico é dinâmico, ou seja, a reação não pára de ocorrer;
- reagentes e produtos coexistem em um mesmo recipiente (contrapondo à visão compartimentalizada do equilíbrio);
- as reações envolvidas em uma situação de equilíbrio ocorrem simultaneamente (contrapondo à idéia do equilíbrio apresentado como um pêndulo, em que ora ocorre a reação direta, ora a inversa);
- as concentrações de todas as espécies presentes no equilíbrio são constantes, e não iguais;
- as concentrações de todas as espécies presentes no equilíbrio se mantêm inalteradas devido à igualdade de velocidade das reações direta e inversa.

Uma vez que as dificuldades dos alunos listadas na literatura, bem como suas concepções alternativas, têm origem, geralmente, na compreensão de “como” o processo ocorre, essa proposta de ensino se deteve em trabalhar aspectos qualitativos do equilíbrio químico.

### Metodologia de Elaboração da Proposta

A elaboração dessa proposta de ensino envolveu a escolha de atividades e sistemas empíricos que poderiam contribuir significativamente para a aprendizagem do tema. Os sistemas empíricos selecionados se mostraram interessantes por trabalharem com substâncias pouco complexas (em termos de estrutura e número de átomos em sua composição) e por fornecerem evidências empíricas que ajudariam os estudantes a pensar na ocorrência do processo.

Todo o processo de modelagem foi pensado com base no modelo de modelagem proposto por Justi e Gilbert<sup>11</sup> (Anexo I), de maneira que cada atividade e cada ação desenvolvida foi inserida no processo com

propósitos particulares em termos de fundamentar a aprendizagem em sucessivas construções e reconstruções de modelos.

Esse diagrama não é uma regra que deve ser seguida para se construir um modelo. Na verdade, ele foi elaborado como resultado da análise de como os modelos são construídos na ciência e em outros contextos. Todas as etapas e processos descritos no diagrama são necessários e inerentes à construção de modelos, sendo geralmente executados conscientemente (por cientistas) ou não (por estudantes e pessoas leigas).

Segundo esse diagrama, a construção de um modelo se inicia pela consideração do fenômeno que se deseja estudar, limitando-se os aspectos que serão abordados. A partir daí, a pessoa elabora um modelo mental para seu objeto de estudo, levando em conta modelos anteriores, modificando um modelo já existente ou criando seu próprio modelo. Para a elaboração do modelo mental é necessário que a pessoa tenha observado o fenômeno com o qual ela vai trabalhar, ou tenha dados (teóricos ou empíricos) que possam auxiliá-la nessa construção.

Após a elaboração do modelo mental, deve-se decidir a forma através da qual esse modelo será expresso. Nesse momento, deve haver uma adequação entre o modelo que a pessoa elaborou em sua mente e o modelo que será expresso, podendo ocorrer um ciclo de alterações em ambos até o ponto em que um modelo esteja satisfatoriamente de acordo com o outro.

Em seguida, o modelo expresso obtido deve passar à etapa de testes. Tais testes podem ser de duas naturezas: via experimentos mentais e através de planejamento e realização de testes empíricos. Essa etapa pode ser caracterizada pela ocorrência sucessiva desses dois tipos de teste ou pela utilização de um único tipo. Isso dependerá essencialmente do modelo com o qual se está trabalhando, dos recursos disponíveis e dos conhecimentos prévios do indivíduo ou grupo de indivíduos que participa do processo.

A realização de experimentos mentais envolve processos de raciocínio que se baseiam em 'resultados' de um experimento conduzido em pensamento. Nesse momento, o modelo deve ser empregado em várias situações (imaginárias) para que seja possível avaliar a sua aplicabilidade, sua capacidade de explicação e/ou predição e sua coerência com resultados esperados para os testes mentais. Por isso, experimentos mentais podem ser considerados como uma forma específica de simulação<sup>4</sup>. A situação imaginária pode ser de dois tipos: um experimento que poderia ter sido realizado em laboratório mas, por várias razões, é executado somente mentalmente e uma situação realmente imaginada que não poderia, em nenhuma circunstância, ser realizada em laboratório.

Os testes empíricos são atividades práticas, seguidas da coleta e análise de dados e da avaliação

dos resultados produzidos em relação às previsões derivadas do modelo.

Caso o modelo falhe na etapa dos testes, é possível voltar no ciclo e propor modificações no modelo ou, ainda, dependendo dos resultados, o modelo pode ser rejeitado. Isto irá levar a uma reconsideração radical dos elementos que foram usados para a sua elaboração. O sucesso do modelo na etapa de testes indica que ele alcançou os objetivos para o qual foi construído, podendo ser socializado.

Após a obtenção desse modelo bem sucedido, ele deve ser apresentado para outras pessoas que reconhecerão (ou não) sua validade. Essa etapa é muito importante para que sejam levantadas as limitações do modelo, bem como a extensão de seu emprego. Outras pessoas podem fazer considerações sobre etapas anteriores no processo de construção do modelo (ampliando os propósitos iniciais do mesmo, bem como a base de conhecimentos para sua construção), o que pode levar o modelo a entrar novamente no ciclo.

Na Ciência, essa última etapa é fundamental, pois corresponde à comunicação do modelo à comunidade científica que, além do importante papel de contribuir com novos conhecimentos para a elaboração do modelo, poderá aceitá-lo ou rejeitá-lo.

A inserção dos estudantes em uma atividade de construção de modelo, desenhada segundo esse diagrama, possibilita, além do aluno criar e testar seus modelos para um sistema químico em específico, compreender o próprio processo de construção da ciência.

## Resultados e Discussão

A proposta de ensino elaborada apresenta uma seqüência de atividades de construção e reformulação de modelos integradas à realização de experimentos mentais e concretos. Contudo, essa proposta sugere que, em um primeiro momento, sejam desenvolvidas atividades que permitam aos estudantes desenvolver seus conhecimentos sobre modelos e modelagem, de acordo com seus conhecimentos prévios sobre o tema. Algumas idéias chave devem ser desenvolvidas pelos alunos anteriormente à inserção nas atividades de construção de modelos. São elas as de que modelos:

- podem ser concretos ou abstratos, não apenas simples artefatos;
- são usados para representar um determinado domínio (sua estrutura e processo), não sendo uma cópia desse domínio;
- simplificam os seus domínios, não representando todos os seus aspectos;
- podem ser usados para prever e explicar o comportamento de um fenômeno;
- podem ser aplicados em vários contextos, não apenas em situações de interesse imediato.

O conhecimento sobre o que são os modelos, para que servem, suas aplicações e limitações se coloca como aspecto fundamental a ser desenvolvido para que o aluno possa participar de atividades relativas à modelagem.

Assim, os estudantes devem perceber que modelos não são a representação fidedigna de uma realidade como um todo, e que a modelagem sempre envolverá certas simplificações e aproximações. O estudante deve perceber que limitações fazem parte de qualquer modelo construído e que, mesmo fazendo correções para aumentar a exatidão da representação, ainda assim, um modelo será apenas uma representação parcial.

Perceber a utilização de vários modelos para um mesmo sistema também faz parte do conhecimento que estudantes devem desenvolver sobre modelos, pois é necessário reconhecer a legitimidade de cada diferente representação em função da performance dos modelos em contextos específicos.

Esses conhecimentos sobre modelos ajudarão aos estudantes a construir seus modelos durante o processo e, ainda, a se sentirem encorajados a participar do processo, reconhecendo a validade de suas construções.

Após o desenvolvimento desse pré-requisito com os alunos, outro aspecto que deve ser observado é o conhecimento prévio dos alunos sobre reações químicas, uma vez que essa é a base sobre a qual deverá se desenvolver o conhecimento sobre equilíbrio químico.

A descrição da proposta pode ser feita em termos da sequência das atividades a serem desenvolvidas, conforme apresentado a seguir:

#### O 1º Sistema: $\text{N}_2\text{O}_{4(g)} \rightleftharpoons 2\text{NO}_{2(g)}$

Esse primeiro sistema foi selecionado por apresentar claras evidências físicas da ocorrência de reação química, uma vez que os gases envolvidos apresentam cores bem distintas. Outros motivos bastante relevantes para a utilização desse sistema foram a relativa simplicidade de representação das estruturas das moléculas e o envolvimento de poucas substâncias na reação (facilitando tanto a própria elaboração do modelo mental quanto a sua representação).

Nessa primeira etapa, a idéia é enfocar apenas uma das reações (transformação do tetróxido de dinitrogênio,  $\text{N}_2\text{O}_4$ , em dióxido de nitrogênio,  $\text{NO}_2$ ), através da transferência de um tudo de ensaio fechado, contendo gás  $\text{N}_2\text{O}_4$  (predominantemente) de um banho de gelo para o banho-maria. A alteração da coloração do conteúdo do tubo deve ser observada, o que é atribuída ao gás  $\text{NO}_2$ . Nesse momento, os alunos devem expressar seus modelos para o fenômeno observado.

O contato com o sistema físico e as informações sobre o mesmo têm a intenção de permitir que os alunos “tenham experiência com o alvo”, conforme apresentado no diagrama anteriormente descrito.

Assim, eles podem incluir em seus modelos aspectos que explicam as evidências observadas.

#### O 2º Sistema: $2\text{NO}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_{4(g)}$

Nessa segunda etapa, o resfriamento do sistema trabalhado anteriormente fornece aos alunos evidências da ocorrência de reversibilidade da reação.

A construção de modelos para essa reação amplia a “experiência com o alvo”, propiciando uma oportunidade para que os alunos incluam novos elementos no modelo anterior, modifiquem ou o abandonem o mesmo. Para isso, é interessante que os alunos sejam solicitados a comparar esse novo modelo àquele proposto anteriormente.

#### O 3º Sistema: $2\text{NO}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_{4(g)}$

A terceira etapa envolve o sistema  $\text{NO}_2/\text{N}_2\text{O}_4$  à temperatura ambiente, assumindo uma coloração intermediária entre os outros dois sistemas observados anteriormente.

Os alunos devem ser solicitados a formularem modelos que expliquem a coloração do sistema à temperatura ambiente, com base nos modelos propostos anteriormente.

Essa atividade tem o propósito de permitir que os alunos desenvolvam a idéia de coexistência de espécies reagentes e produtos em um mesmo sistema, tendo novas informações a respeito desse e, ao mesmo tempo, testando seus modelos construídos anteriormente em uma nova situação.

Nesse momento é interessante que os alunos tenham oportunidade de expressar seus modelos para que seja possível perceber como eles concebem aquele estado, isto é, se eles pensam nas idéias de que: a reação ainda poderia estar ocorrendo, sem ter se processado por completo; apenas parte das espécies tinha reagido; ou a reação tinha parado de ocorrer (concepções alternativas freqüentemente relatadas na literatura).

#### O 4º Sistema: $\text{CrO}_4^{2-} / \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$

Esse sistema foi escolhido por ser, entre muitos exemplos envolvendo equilíbrio, um sistema relativamente simples, considerando a representação das estruturas das espécies envolvidas e o número dessas espécies, e que permite a visualização de evidências de espécies diferentes.

Nesse momento os alunos devem realizar um experimento envolvendo a reação entre cromato de potássio ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ) e ácido clorídrico ( $\text{HCl}$ ), que devem ser adicionados em relações estequiométricas, segundo a equação da reação. Em seguida, algumas gotas de acetato de chumbo ( $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$ ) devem ser adicionadas, ao que será observado a formação de um precipitado amarelo, cromato de chumbo ( $\text{PbCrO}_4$ ). Dessa maneira, verifica-se a existência de íons cromato em solução, mesmo após a adição do ácido, o que pode ser observado mesmo com excesso desse.

A realização desse experimento objetiva evidenciar a existência de espécies reagentes e produtos em um sistema e favorecer o estabelecimento da conclusão de que há reações que não se processam por completo. Esse experimento foi planejado para evidenciar diferentes aspectos do equilíbrio químico, fazendo o aluno testar seu modelo anterior e, principalmente, para conflitar com uma concepção alternativa relatada na literatura, de que apenas parte dos reagentes do sistema com  $\text{NO}_2$  se transformam em  $\text{N}_2\text{O}_4$  por não haver energia suficiente para que a transformação ocorra por completo. Esse experimento possibilita, também, teste e, quando necessário, reformulação do modelo anterior.

### Testando o modelo de equilíbrio

A reação anterior, entre cromato e ácido ( $2\text{CrO}_4^{2-} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ ), é novamente utilizada, mas com enfoque no deslocamento do equilíbrio químico. Após a reação entre cromato de potássio ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ) e ácido clorídrico ( $\text{HCl}$ ), esse experimento limita-se à observação da alteração visual do sistema que, com a adição de ácido, fica alaranjado (evidenciando a existência de íons dicromato –  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ). Com a adição de uma solução de hidróxido de sódio ( $\text{NaOH}$ ), observa-se a alteração da coloração do sistema novamente para amarelo (evidenciando a existência de íons cromato –  $\text{CrO}_4^{2-}$ ). Através da evidência da coloração, os alunos devem interpretar a reação em termos de produção dos íons cromato e dicromato.

Assim, esse último experimento objetiva fornecer evidências para o teste do modelo proposto para o experimento anterior, avaliando sua aplicabilidade a uma outra situação e observando sua abrangência para colaborar na compreensão do processo de equilíbrio químico.

O relacionamento desse último modelo àquele proposto para o sistema  $\text{NO}_2/\text{N}_2\text{O}_4$ , contribui para que os alunos pensem no processo de equilíbrio químico de uma forma mais geral, não restrito a uma, ou mesmo a essas duas reações.

A proposta dessa atividade é fornecer aos alunos oportunidade para desenvolverem seus modelos sobre equilíbrio químico com base em seus modelos anteriores, principalmente modelo cinético molecular e modelo de ligações e reações químicas.

A condução dessas atividades deve ser feita buscando a reflexão sobre os modelos construídos, integração entre conhecimentos prévios e as novas evidências observadas, e reconhecimento da validade dos diversos modelos elaborados, sem que o aluno tenha que, necessariamente, chegar a um modelo igual àquele aceito cientificamente.

### Conclusões

Essa proposta de ensino conta com a participação ativa dos estudantes, uma vez que eles devem estar engajados na proposição de modelos em

todas as atividades, expressando suas idéias e conhecimentos prévios. Essa intensa participação é um aspecto que merece ser destacado por sua contribuição no desenvolvimento do processo de aprendizagem. Além disso, o desenvolvimento gradual das idéias no processo, a proposta de expressão e socialização de idéias, e a necessidade de integrar conhecimentos prévios a um novo contexto em estudo são pontos que tendem a colaborar para o desenvolvimento das idéias dos alunos sobre ambos os temas: equilíbrio químico e modelos e modelagem.

Outro aspecto importante a ser destacado é que a inserção de alunos nesse tipo de atividade implica no desenvolvimento do conhecimento dos alunos sobre como é construído o conhecimento científico, uma vez que modelos estão na base do seu desenvolvimento.

Essa proposta de ensino corrobora, ainda, a utilização do diagrama 'modelo de modelagem' para a fundamentação de atividades de ensino. Isso porque cada um dos elementos presentes no diagrama cumprem uma função definida no processo de modelagem, e, conseqüentemente, no processo de desenvolvimento das idéias dos alunos. Além disso, o diagrama considera o aspecto dinâmico (representado no diagrama pelas setas duplas), através do movimento cíclico entre elementos de etapas particulares e mesmo entre diferentes etapas de todo o processo. Isso foi usado para a inserção na proposta de ensino de oportunidades para os alunos reverem, avaliarem e reformularem seus modelos, além de aplicá-los a contextos diversos. Isso evidencia a não-linearidade do processo de construção de modelos.

Um trabalho como este, que enfoca o processo de modelagem sob um aspecto geral – destacando não apenas aspectos teóricos sobre modelos ou aspectos de conteúdo –, contempla a perspectiva de uma prática educativa voltada para o aprendizado significativo dos alunos nas duas instâncias (de conteúdo e do processo de construção do conhecimento).

### Agradecimentos

CAPES.

<sup>1</sup>Barab, S.A., Hay, K.E., Barnett, M. e Keating, T. *J. Res. Sc. Teach.* **2000**, 37, 719.

<sup>2</sup>Justi, R. e Gilbert, J.K. In *Chemical Education: Towards Research-based Practice*. J. Gilbert et al. (eds.), Dordrecht: Kluwer, **2003**.

<sup>3</sup>Gilbert, J.K., Boulter, C.J. & Elmer, R. In *Developing Models in Science Education*, J.K. Gilbert e C.J. Boulter (eds.). Dordrecht: Kluwer, **2000**.

<sup>4</sup>Nersessian, N.J. In *Model-based reasoning in scientific discovery*, L. Magnani; L. Magnani et al. (eds), Kluwer: New York, **2002**.

<sup>5</sup>van Driel, J.H. e Verloop, N. *Int. J. Sci. Edu.*, **1999**, 21, 1141.

<sup>6</sup>Clement, J. *Int. J. Sci. Edu.*, **2000**, 22, 1041.

- <sup>7</sup>Vosniadou, S. In *Model-based Reasoning in Scientific Discovery*; L. Magnani et al. (eds), Kluwer: New York, **2002**.
- <sup>8</sup>Saari, H. e Viiri, J. *Int. J. Sci. Edu.*, **2003**, 25, 1333.
- <sup>9</sup>Duit, R. e Glynn, S. (1996). Mental Modelling. In *Research in Science Education in Europe: Current Issues and Themes*; G. Welford et al. (eds.). London: Falmer, **1996**.
- <sup>10</sup>Morrison, M. e Morgan, M.S. In *Models as Mediators*; M.S. Morgan e M. Morrison (eds.). Cambridge: Cambridge University Press, **1999**.

- <sup>11</sup>Justi, R. & Gilbert, J.K. *Int. J. Sci. Edu.*, **2002**, 24, 369.
- <sup>12</sup>Halloun, I.A. *Modeling Theory in Science Education*. Dordrecht: Kluwer, **2004**.
- <sup>13</sup>Harrison, A. G. e de Jong, O. *J.Res. Sc. Teach.*, **2005**, 42, 1135.
- <sup>14</sup>van Driel, J.H. e Gräber, W. In *Chemical Education: Towards Research-based Practice*. J. Gilbert et al. (eds.), Dordrecht: Kluwer, **2003**.

#### Anexo: Diagrama “Modelo de Modelagem”<sup>11</sup>

