

# CONSTRUÇÃO DE MODELOS NO ENSINO DE LIGAÇÃO IÔNICA

## MODELLING IN TEACHING OF IONIC BONDING

Paula Cristina Cardoso Mendonça<sup>1</sup>, Rosária da Silva Justi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Minas Gerais/ ICEx / Departamento de Química, paulaquimica2003@yahoo.com.br

<sup>2</sup>Universidade Federal de Minas Gerais/ ICEx / Departamento de Química, rjusti@ufmg.br

### Resumo

Este artigo apresenta uma pesquisa na qual se investigou um processo de ensino de ligação química iônica planejado a partir da consideração de que o processo de construção de modelos é central na produção do conhecimento – tanto por cientistas quanto por alunos. A pesquisa foi desenvolvida em uma turma regular de 1º ano do ensino médio de uma escola estadual na qual uma das pesquisadoras era professora de química. Os dados foram coletados através de filmagem das aulas e de atividades escritas respondidas pelos alunos. Os resultados demonstram que os alunos aprenderam os principais elementos do modelo curricular para a ligação iônica, não apresentando nenhuma das principais concepções alternativas relatadas na literatura. Os alunos aprenderam também sobre o papel de modelos no processo de construção de conhecimento. A discussão possibilitou algumas recomendações para a formação de professores.

**Palavras-chave:** ensino de química, construção de modelos, ensino de ligação iônica.

### Abstract

This paper presents a research in which the teaching of ionic chemical bonding was investigated. Such a teaching was planned from the assumption that modeling is central in the process of knowledge building by either scientists or students. The investigation was conducted in a regular first year of medium level class from a public school. One of the researchers was the chemistry teacher. Data were gathered from both video recording of the classes and students' written answers to a series of activities. The results make it evident that the students learnt the main elements of the ionic bond curricular model and did not present any of the alternative conceptions discussed in the literature. The students also learnt about the role of models in the process of knowledge building. Our discussion based some recommendations for teachers' education.

**Keywords:** chemistry teaching, modeling, teaching of chemical bond.

## INTRODUÇÃO

### O ensino da ligação iônica

A abordagem mais tradicional utilizada no ensino médio para explicar porque os átomos se ligam tem sido através do uso de regras e convenções (Mortimer et al., 1994; Taber, 1994, 1997). De acordo com essa abordagem, os professores e os livros didáticos geralmente associam a ligação iônica à valência e à regra do octeto. Nessa visão, a configuração eletrônica dos átomos e os oito elétrons no último nível são fatores determinantes na formação da ligação iônica. Dessa forma, um átomo doa elétrons para o outro átomo: cátion doa elétron (pois essa é sua tendência) para o ânion, que têm tendência a receber elétrons.

Através dessa abordagem para o estabelecimento da ligação iônica, são utilizados princípios que adquirem o caráter de ‘dogma’, sendo assim inquestionáveis pelos alunos. O tipo de conhecimento que os alunos adquirem foi denominado por Mortimer et al. (1994) como sendo um *conhecimento ritual*. Ou seja, existe uma verdadeira doutrina para explicar a estabilidade dos compostos químicos, substituindo princípios mais gerais como as variações de energia envolvida na formação das ligações entre os átomos (Mortimer et al., 1994).

Ainda de acordo com essa abordagem, os alunos passam a ter a noção de que ocorre apenas uma única ligação nos compostos iônicos: entre o par de átomos para o qual o elétron foi doado e recebido. As outras interações são tidas como ‘fracas atrações’ devido ao fato de as cargas positivas e negativas terem tendência natural a se atraírem.

De acordo com Taber (1997), existem concepções alternativas sobre situações físicas, por exemplo, sobre movimento de corpos quando forças são aplicadas, que podem ser advindas da experiência cotidiana com os objetos. Tais idéias são difíceis de serem modificadas. O mesmo não ocorre com os campos abstratos da química, como ligação química, que não fazem parte das experiências cotidianas dos alunos. Ou seja, se os alunos não trazem idéias sobre como os átomos se ligam de outra etapa de sua escolarização e não têm outro tipo de contato ou experiência com essas idéias em sua vida extra-escolar, é de se esperar que os problemas que eles apresentam na aprendizagem de ligação química iônica possam ser decorrentes dessa abordagem tradicional.

Em relação aos problemas que os alunos apresentam sobre ligação química iônica, são encontradas na literatura (por exemplo, Taber, 1994, 1997; Coll & Treagust, 2003) as principais concepções alternativas dos alunos:

- A ligação química iônica se dá através da transferência de elétrons – evento através do qual os íons são formados.
- A configuração eletrônica determina o número de ligações iônicas formadas (por exemplo, no caso do composto iônico cloreto de sódio, um átomo de sódio pode apenas doar um elétron, então ele pode formar apenas uma ligação iônica com o íon cloreto). Dessa forma existe apenas uma única ligação, sendo assim as outras interações são apenas forças.
- Utilização indiscriminada de termos antropomórficos e aplicações animistas da regra do octeto, por exemplo, átomos têm tendência a perderem elétrons ou ganharem elétrons para eles completarem os seus octetos.
- Pares de íons são tidos como moléculas de uma substância iônica. Por isso os alunos têm dificuldade de reconhecer e compreender um modelo para a estrutura de um composto iônico.
- Como os alunos não têm claro o modelo para a estrutura de um composto iônico, passam a ter dificuldades em explicar as propriedades desses compostos.

Como dito anteriormente, grande parte dessas concepções em relação à compressão de como ocorre a ligação entre os átomos, ocorrem devido às abordagens tradicionais empregadas, normalmente, no estudo desse assunto. Com base nisso, ainda é possível dizer que não é realizada uma eficiente interpretação nos dados obtidos através dos experimentos e das propriedades dos materiais com a teoria (Mortimer et al, 1994). Assim, o conhecimento tende a não adquirir significado para os alunos. Ou seja, se os alunos não são capazes de explicar as diferentes propriedades dos materiais, eles não percebem a importância de estudar determinado assunto.

Em relação ao que já foi comentado sobre o ensino da ligação iônica e os problemas ocasionados por esse tipo de ensino, o presente artigo tratará de uma nova abordagem para o ensino desse tema baseada na construção de modelos. Anteriormente à apresentação dessa nova abordagem de ensino, torna-se necessário comentar algo a respeito de modelos e modelagem.

### **Modelos e modelagem em ciências e no ensino de ciências**

Uma maneira de pensar sobre modelos é que eles são agentes ou instrumentos que relacionam a teoria com a suposta realidade, ou seja, eles agem como ‘pontes’ no processo de relacionamento entre esses dois domínios. De acordo com Gilbert e Boulter (1995), um modelo pode ser compreendido como uma representação parcial de uma idéia, objeto, evento, processo ou fenômeno para um dado sistema.

A construção de modelos mentais é algo inerente à cognição humana (Vosniadou, 2002). Após os modelos mentais serem expressos, a construção social do conhecimento se dá pela exposição do modelo e posterior discussão do mesmo, desenvolvendo e testando o modelo com a posição de outras pessoas.

Não existe uma ‘regra’ para construção de modelos. Entretanto, devido à necessidade de planejamento e organização de situações de ensino, torna-se relevante oferecer um caminho através do qual isso seja possível. No trabalho desenvolvido por Justi e Gilbert (2002), foi proposta uma estrutura esquemática intitulada *modelo de modelagem*, apresentada na figura 1. Essa estrutura foi elaborada como resultado da observação de como os modelos são construídos na produção do conhecimento científico. Todas as etapas e processos descritos no diagrama são necessários e inerentes à construção de modelos, sendo executados conscientemente (por cientistas) ou não (por estudantes e pessoas leigas).

Esse diagrama representa as etapas envolvidas num processo de construção de modelos e mostra de que maneira essas etapas estão relacionadas. Todo processo de modelagem é empreendido através de um propósito, ou seja, quais são os objetivos para os quais o modelo será construído. Posteriormente, a pessoa que construirá o modelo mental, deverá selecionar as fontes para o modelo e ter alguma experiência com o fenômeno a ser modelado (através de observações ou aquisição de informações já disponíveis). Conhecendo-se algo a respeito da fonte e através de relações analógicas que podem ser estabelecidas entre a fonte e o alvo, é possível conceber uma ‘estrutura de mapeamento’, como proposto por Gentner e Gentner (1983). Percebe-se que a

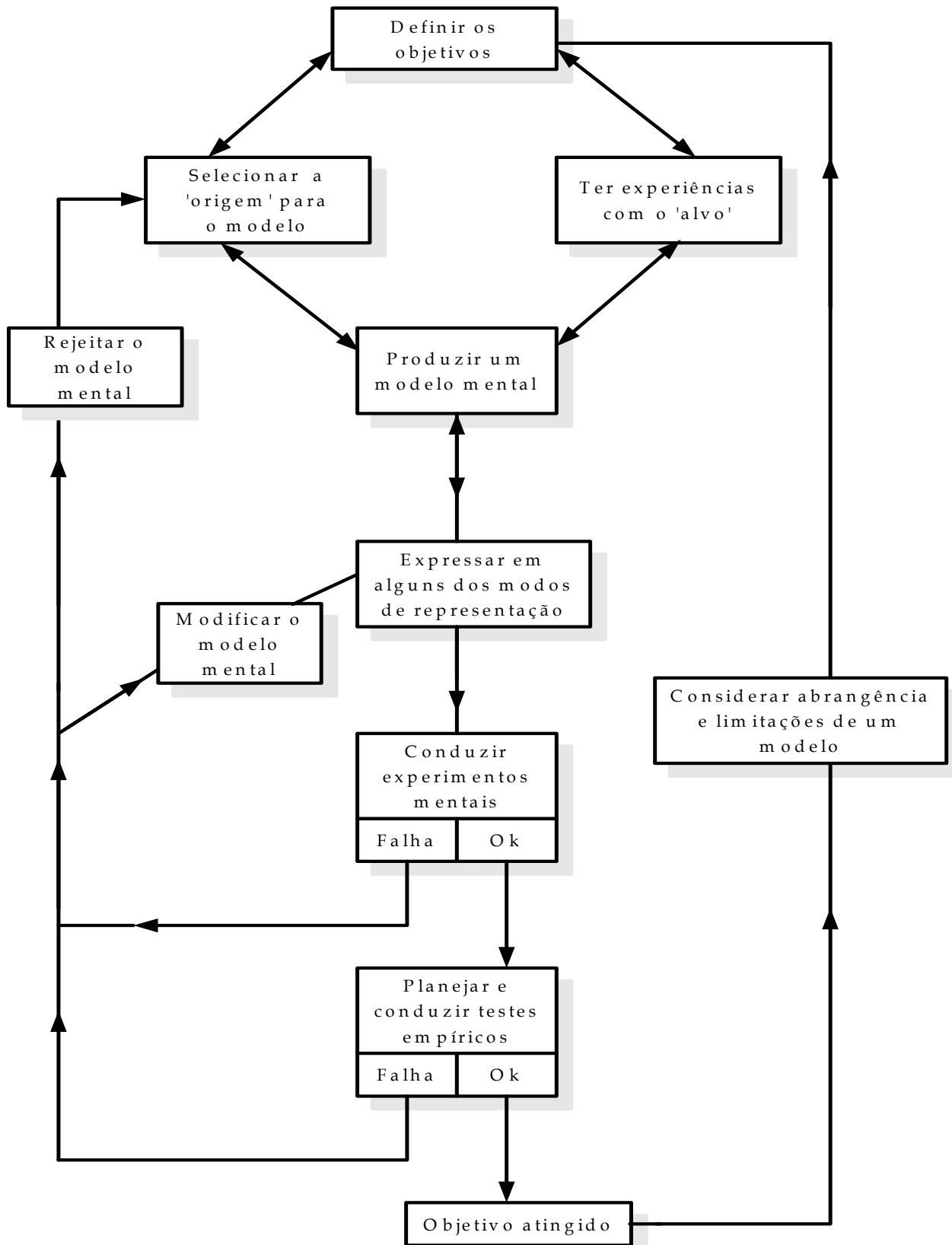


Figura 1. Modelo de Modelagem, segundo Justi e Gilbert (2002, p.371).

construção de um modelo mental tem início no estabelecimento de relações entre algo que já é conhecido ou através de modificações de modelos já existentes. Tendo produzido um modelo mental dessa maneira, a decisão a ser tomada é relativa ao modo de representação no qual ele será expresso. Após ter produzido um modelo, o próximo passo é testá-lo através de experimentos mentais. Se os experimentos mentais forem bem sucedidos é possível testá-los empiricamente. Caso as previsões elaboradas a partir do experimento não sejam compatíveis com os resultados obtidos nos experimentos mentais, torna-se necessário modificar o modelo, voltando ao ciclo. Se o modelo expresso for bem sucedido na fase de experimentos mentais, isto é, se ele for aprovado nessa fase de teste, eles passam para a fase de testes empíricos. Se nesse estágio de design e performance dos testes empíricos, o modelo é aprovado, ele satisfaz os propósitos estabelecidos. Caso contrário, o modelo expresso é rejeitado e retorna para o ciclo. 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 sua extensão e validade.

As pesquisas sobre a utilização de modelos e práticas de modelagem no ensino de ciências (por exemplo, Barab et al, 2004; Hansen et al, 2004) têm mostrado que resultados satisfatórios podem ser obtidos quando essas atividades são propostas de maneira eficiente. Tais atividades devem ter como objetivo explícito ajudar os alunos a modificar suas próprias idéias e a elaborar conhecimentos que os levem a compreensões das visões aceitas pela ciência.

O emprego de modelos e modelagem no ensino de ciências pode ser justificado também pela natureza fortemente abstrata dos conceitos. Isso se deve à potencialidade de bons modelos de ensino para propiciar visualização de entidades abstratas, o que, muitas vezes, conduz a uma compreensão mais significativa por parte dos alunos (Hansen et al, 2004). Além disso, o envolvimento de alunos em processos de construção e reformulação de modelos favorece o entendimento de como e porque tais modelos foram construídos (Barab et al., 2000).

A pesquisa discutida nesse artigo levou em consideração essa estrutura (modelo de modelagem) para a construção de modelos por parte dos alunos, tendo como foco o assunto ligação química iônica.

### **O ensino da ligação iônica via construção de modelos**

Através da abordagem tradicional para o ensino da ligação iônica, os alunos passam a apresentar modelos mentais semelhantes, mas que divergem do modelo científico (Taber, 1994, 1997). Muitos alunos têm desenvolvido um modelo híbrido (fusão de modelos distintos, com características de um modelo para a ligação covalente aplicado para a ligação iônica) para explicar a formação da ligação iônica (Taber, 1994, 1997). Além disso, como poucos estudantes têm claro o modelo científico (modelo eletrostático) para a estrutura de um composto iônico (Taber, 1994, 1997; Coll & Treagust, 2003), assim eles passam a ter dificuldades em explicar as propriedades desses compostos.

Mediante o que foi exposto, sobre os problemas em relação à abordagem tradicional para o ensino da ligação iônica e as potencialidades do uso de modelos e práticas de modelagem no ensino, a pesquisa apresentada nesse artigo tem como foco analisar o ensino de ligação química iônica baseado na construção de modelos, isto é, em um processo de elaboração, expressão, discussão e reformulação dos modelos. A construção desses modelos se faz necessária no ensino, no aspecto geral, e em ligação química, em específico. Isso porque a compreensão de ligação química é algo essencial à química porque o entendimento das ligações químicas e das interações intermoleculares é essencial para a compreensão das propriedades dos materiais.

### **QUESTÕES DE PESQUISA**

Esse trabalho tem por objetivo investigar a utilização de atividades de construção de modelos no processo de ensino e aprendizagem de química, tendo como foco principal o ensino de ligação química iônica.

A investigação desenvolvida visou avaliar em que extensão a utilização da metodologia proposta contribuiria para uma aprendizagem significativa por parte dos alunos. A utilização de atividades de construção de modelos, entretanto, não se relaciona apenas a aprendizagem de conteúdos específicos, mas também à aprendizagem sobre modelos, em geral, e sua contribuição para a construção do conhecimento científico. Dessa maneira, esse trabalho teve como intuito buscar respostas às seguintes questões:

- Como a utilização de atividades de construção de modelos pode contribuir para que alunos do ensino médio aprendam os principais aspectos conceituais relativos ao tema ligação química iônica?
- Como a utilização de atividades de construção de modelos pode contribuir para que alunos do ensino médio aprendam sobre o papel de modelos no processo de construção do conhecimento?
- Como os alunos do ensino médio percebem a influência da participação em atividades de construção de modelos em seu processo de aprendizagem?

## **METODOLOGIA**

A proposta utilizada no ensino de ligação química visou a construção de modelos pelos próprios alunos, para que eles expressem através desses suas idéias e concepções, existindo, em seguida, um momento para a discussão desses modelos com colegas e professores. Essa discussão não teve por objetivo uniformizar as idéias dos alunos e chegar a um único modelo aceito, mas sim, dar subsídio ao aluno para que ele próprio fosse capaz de modificar o seu modelo e/ou aperfeiçoá-lo, de forma a explicar suas observações a respeito do assunto. Após um consenso sobre quais modelos conseguiam explicar tais observações, foi feito o uso desses modelos no sentido de dar explicações a outras situações-problema relacionadas com o assunto (as propriedades dos compostos iônicos).

As atividades propostas aos alunos foram baseadas no esquema modelo de modelagem (Justi & Gilbert, 2002) apresentado na figura 1. Foram também utilizados como fonte para as atividades dados empíricos descritos em livros de química de ensino médio.

### **Caracterização da amostra**

A pesquisa foi desenvolvida em uma turma de 1º ano do Ensino Médio de uma escola pública (estadual) no turno da noite de Belo Horizonte. Inicialmente fez-se um estudo piloto com uma turma da mesma série, na mesma instituição. O estudo piloto foi realizado com o objetivo de adaptar a metodologia e a conduta das atividades, identificando possíveis falhas e pontos que poderiam ser modificados. Um dos pesquisadores era o professor das turmas onde a pesquisa foi aplicada.

A turma pesquisada tinha 15 alunos, em que maioria deles, não se apresentava na faixa etária normal da série. Os alunos eram dispostos em grupos com componentes fixos (3 ou 4 alunos por grupo).

### **Recursos utilizados na coleta dos dados**

Todas as aulas foram filmadas, englobando tanto as partes expositivas quanto as discussões (sejam as discussões gerais – alunos e professora –, sejam as discussões da professora com cada um dos grupos ou, ainda, algumas discussões dos alunos em cada grupo).

Foram coletados também dados escritos através de várias atividades realizadas durante as aulas e uma avaliação ao final do processo. As atividades realizadas durante as aulas tinham questões cujo objetivo era: investigar o conhecimento prévio do aluno, registrar o modelo proposto pelo grupo ou descrever como ele era e avaliar o processo que os alunos vivenciaram.

A avaliação final foi formulada com o propósito de verificar a compreensão dos alunos em relação ao conhecimento químico, observando a existência ou não de concepções alternativas.

### Uma breve descrição das aulas

Vários pesquisadores da área de modelos e modelagem (por exemplo, Justi e Gilbert, 2002) afirmam que os alunos devem possuir uma noção sobre a natureza dos modelos. Ou seja, deve ser discutido com os alunos, durante o processo de ensino, a respeito do que seriam modelos, para que eles servem (ressaltando o poder deles para interpretação, explicação e previsão dos fenômenos), quais são seus objetivos, quais são suas limitações, e que eles não são a cópia da realidade ou a própria teoria. Atenção especial deve ser dada às atividades propostas para a discussão dessas características acerca de modelos. De acordo com Justi e Gilbert (2003), o estudante não altera sua visão sobre a natureza dos modelos como um resultado da transmissão direta de definições formais ou do conhecimento de um modelo em particular. Levando-se em consideração esses fatos, as primeiras aulas destinadas ao ensino de ligação iônica foram reservadas para uma discussão sobre a natureza dos modelos bem como suas funções e sobre modelagem.

*Aula 1: Modelos - O que são, exemplos, limitações e para que servem.*

Um breve comentário sobre modelos no cotidiano e modelos na ciência e em geral foi realizado. Após esse breve comentário, os alunos tiveram um tempo para responderem uma atividade na qual deveriam classificar certos sistemas como sendo modelos (ou não) e justificarem a escolha. Depois, eles foram solicitados a escrever a visão deles sobre modelos. Após a realização da atividade foi realizada uma discussão na qual o professor discutiu, através dos exemplos dados na atividade, os aspectos principais sobre modelos (natureza, usos, entidades modeladas, possibilidade de modificação).

*Aula 2: Modelagem.*

Realização do experimento da 'caixa preta' no qual, sem a abertura da caixa, foi pedido aos estudantes que construíssem um modelo do que ela continha. Foram colocados objetos simples dentro das caixas de forma que, a partir de ouvir o som feito pelo objeto no seu interior ou de testar a ação de um ímã, algumas características do objeto fossem facilmente percebidas pelos alunos. Após a realização dessa atividade, vários aspectos importantes foram discutidos, como, por exemplo, como os modelos são construídos na ciência e o papel dos cientistas nesse processo de construção. Depois do experimento, e até mesmo depois da conclusão das séries de lições, o professor não informou aos alunos o verdadeiro conteúdo das caixas.

*Aula 3: Uma introdução ao assunto de ligações químicas.*

Primeiramente, os alunos foram instigados sobre o porquê do estudo desse assunto. Depois, uma exposição inicial sobre o motivo de os átomos se ligarem e de, quando ligados, levarem à formação de novas substâncias que são mais estáveis. Nesse primeiro momento, foram abordadas as questões envolvendo energia e estabilidade. Posteriormente os alunos realizaram uma atividade que tinha como principal intuito leva-los a perceber que uma substância só existe em determinadas condições caso ela seja estável, isto é, caso a energia envolvida no sistema seja favorável à sua formação e manutenção.

*Aula 4: Um modelo para a formação de íons.*

O primeiro problema apresentado aos alunos foi a proposição de um modelo para explicar a formação do cloreto de sódio (NaCl). Através dos conhecimentos anteriormente trabalhados no 1º ano do ensino médio (energia de ionização e o modelo atômico de Bohr) os alunos deram início ao processo de modelagem pensando em um modelo que explicasse, inicialmente, a formação de íons no geral, e em específico, para os átomos de sódio e cloro.

*Aula 5: Como os íons interagem.*

A partir de questões geradoras introduzidas pelo professor, os alunos tiveram que explicar a maneira como os íons, que eles tinham proposto anteriormente, interagem levando a formação do cloreto de sódio. Para atingir tal fim, primeiramente, eles pensaram em um modelo para o cloreto de sódio dissolvido em água, posteriormente, um modelo para os íons quando a água da solução fosse evaporando. Os alunos, mais uma vez, recorreram aos seus conhecimentos anteriores (força

de atração coulombiana). Para expressarem os seus modelos mentais, cada grupo poderia recorrer a algum material (bolinhas de isopor, massinha de modelar, palitos, desenhos com lápis de cor ou outro). Nessa atividade, eles ainda tiveram que responder a algumas perguntas envolvendo a questão que permeou todas as aulas até então: a relação entre energia e estabilidade.

*Aula 6: Testando o modelo para o cloreto de sódio.*

Nessa etapa, os modelos propostos pelos grupos foram testados. Nesse caso, foi solicitado aos alunos que, através de seus modelos, explicassem porque a temperatura de fusão do NaCl (808°C), assim como de outros compostos constituídos pelo mesmo tipo de ligação química, é tão elevada. O objetivo desse teste era levar os alunos que construíram modelos de atração unitária (moléculas de NaCl) a perceberem que seus modelos não eram capazes de explicar esse aspecto.

*Aula 7: Atração entre íons em rede.*

A fim de fornecer subsídios que pudessem ajudar os alunos a reformular seus modelos anteriores, foram apresentados dados sobre a energia liberada na suposta formação de uma unidade elementar de NaCl e na formação da estrutura em rede (sem que isso tivesse sido mencionado). Depois que os modelos de atração unitária foram reformulados, novamente eles foram testados, no sentido explicar a elevada temperatura de fusão dos compostos iônicos.

*Aula 8: Apresentando o modelo científico do cloreto de sódio.*

Primeiramente, foi feita uma recapitulação em torno da sucessão de modelos propostos pelos estudantes e do que cada modelo era capaz de explicar adequadamente. Depois, baseado em dados empíricos, figuras do retículo cristalino de sólidos iônicos baseado em técnicas de cristalografia de raios-x e de cristais de NaCl foi apresentado para os alunos o modelo científico do NaCl (retículo cúbico). Devida atenção foi dada ao fato de os modelos dos alunos não serem idênticos ao científico, mas de explicarem tão bem quanto aquele as características importantes de compostos iônicos (elevada temperatura de fusão, condução de corrente elétrica quando fundido ou em solução aquosa). Isso porque eles apresentavam os mesmos princípios do modelo científico.

*Aula 9: Fechamento.*

O professor comentou sobre força de atração eletrostática e abaixamento de energia na formação da ligação iônica. A seguir, apresentou exemplos de outras substâncias iônicas e ressaltou propriedades dos compostos iônicos. Essa etapa foi importante para que os alunos generalizassem os aspectos pensados durante o processo de construção de modelos para o NaCl para outros compostos iônicos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise do questionário aplicado após o processo de ensino evidenciou que a maioria absoluta dos alunos não apresentou as principais concepções alternativas sobre ligações iônicas descritas na literatura. Em especial, todos eles conceberam a ligação iônica como uma atração eletrostática e a formação de redes nos compostos iônicos. Além disso, a maioria deles foi capaz de relacionar coerentemente a estrutura em rede com as propriedades dos compostos iônicos.

Analisando as falas dos alunos em diversos momentos das aulas, ficou evidente que o teste do modelo inicial elaborado para a formação do NaCl a partir dos dados de energia liberada durante a formação dessa substância em duas formas diferentes e do desafio de propor uma forma que explicasse a alta temperatura de fusão da substância foi a etapa mais difícil e mais marcante para os alunos. Todos eles, que haviam proposto modelos tipo “molécula” de NaCl, resultante de uma atração eletrostática entre um cátion e um ânion, discutiram intensamente sobre como modificar seu modelo – mantendo a atração eletrostática cuja existência era confirmada por seus conhecimentos anteriores – de forma a explicar a nova realidade a eles

apresentada. Nessa etapa, a professora participou da discussão nos grupos individuais colocando questões que os fizeram pensar sobre (i) a relação entre energia necessária para a fusão e estabilidade da estrutura a ser destruída nesse processo, e (ii) o fato de a capacidade de atração de um íon não se esgotar quando ele atrai um outro íon de carga oposta. Tal participação foi fundamental para que os alunos elaborassem modelos que apresentassem atrações múltiplas entre diferentes íons. Entretanto, isso não significa que todos os alunos conceberam modelos em rede. Alguns deles, apesar de terem proposto múltiplas atrações entre os íons, não foram capazes de visualizar uma estrutura tridimensional que fosse coerente com essa idéia. Por isso, um outro momento fundamental durante o processo de ensino foi o de socialização dos modelos de cada grupo. Isto porque ele não foi caracterizado apenas pela apresentação isolada do modelo de cada grupo, mas por discussões entre os próprios alunos que, ao questionarem algum aspecto de um determinado modelo, provocavam reflexões novas para os colegas as quais se constituíram em novos dados que fundamentaram tanto a elaboração do modelo consensual da turma quanto as justificativas para as propriedades dos compostos iônicos.

As reflexões dos alunos na última aula do processo de ensino, assim como algumas falas durante esse processo evidenciaram que, somente após participarem de todo o processo, alguns alunos entenderam a “moral da história” da atividade da caixa preta (realizada no início do processo). A vivência dos desafios de ter que elaborar um modelo coerente para algo desconhecido, ter que escolher uma forma de expressão adequada para o mesmo, ter que reformular algum aspecto inadequado do modelo concebido anteriormente e ter que discutir a validade e as limitações de seus modelos contribuiu – de forma reconhecida pelos próprios alunos – para que eles desmistificassem a produção do conhecimento científico e percebessem, como apontado por um aluno, que a ciência “*são vários modelos sendo modificados sempre*”.

Esta foi uma experiência completamente nova para esses alunos. Apesar de eles sempre terem tido espaço para apresentar e discutir suas idéias em aulas anteriores, o ensino dos outros conteúdos químicos havia sido mais centrado no professor. Por isso muitos alunos reconheceram que “*foi muito difícil ter que pensar tudo sozinho*”. Mas a maioria deles percebeu que essa dificuldade resultou em uma aprendizagem “*diferente*”, em “*entender de verdade como se forma uma substância iônica*”.

## CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES

Os aspectos brevemente discutidos aqui, assim como inúmeros outros percebidos ao longo do processo em relação a alguns alunos particulares (impossíveis de serem apresentados e comentados no espaço aqui disponível), confirmaram nossa crença de que o ensino de química fundamentado em atividades de construção de modelos pode contribuir sobremaneira para a aprendizagem significativa dos alunos. O fato de as atividades de ensino que resultaram nessa aprendizagem terem sido planejadas tendo em mente o modelo de modelagem (figura 1) corrobora a validade do mesmo como um importante instrumento para o professor. Além disso, durante o processo, a atuação do professor – mantendo a motivação dos alunos, introduzindo questões que os fizeram pensar, retomando características importantes de modelos discutidas na primeira aula, respeitando todas as idéias apresentadas e não impondo o modelo científico nas discussões – foi fundamental para que os alunos entendessem tanto os aspectos químicos envolvidos quanto a importância da elaboração e revisão constantes de modelos no processo de construção do conhecimento.

Esta foi uma experiência de aprendizagem extremamente rica para os alunos que dela participaram. Todavia, esperamos que o compartilhamento da mesma com outros professores contribua para motivá-los a trabalhar nessa linha. Reconhecemos que motivação, por si só, não será suficiente para tal. Por isso gostaríamos de finalizar defendendo que aspectos relacionados com construção de modelos e com utilização de atividades desse tipo no ensino sejam uma parte

destacada da formação – inicial ou continuada – de professores de química. Somente recentemente iniciativas nesse sentido têm sido conduzidas por pesquisadores estrangeiros (por exemplo, Crawford e Cullin, 2004) e brasileiros (Justi e van Driel, 2005). Acreditamos que pesquisas como esta, realizadas em salas de aula convencionais podem dar suporte a outras iniciativas de formação de professores que, por sua vez, podem protagonizar outras situações de ensino fundamentadas em atividades de construção de modelos.

## REFERÊNCIAS

- 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*, 37, 719-756, 2000.
- Coll, R. & Treagust, D. Investigation of secondary school, undergraduate and graduate Learners' mental models of ionic bond. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 464-486, 2003.
- Crawford, B.A. & Cullin, M.J. Supporting prospective teachers' conceptions of modeling in science. *International Journal of Science Education*, 26, 1379-1401, 2004.
- Gentner, D. & Gentner, D. R. Flowing waters and teeming crowds: mental models of electricity. In D. Gentner and A. L. Stevens (eds), *Mental Models*. Hillsdale, NY: Erlbaum, 1983, 99-129.
- Gilbert, J.K. & Boulter, C.J. Stretching models too far. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, San Francisco, 1995.
- Hansen, J.A., Barnett, M. & Keating, T. The impact of three-dimensional computational modelling on student understanding of astronomy concepts: a qualitative analysis. *International Journal of Science Education*, 26, 1555-1575, 2004.
- Justi, R.S. & Gilbert, J.K. Modelling, teachers' view on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24, 369-387, 2002.
- Justi, R. & Gilbert, J. Models and modelling in chemical education. In J. Gilbert, O. de Jong, R. Justi, J. van Driel and D. Treagust (eds.) *Chemical Education: Towards Research-based Practice*. Dordrecht: Kluwer, 47-68, 2003.
- Justi, R. & van Driel, J.H. The development of science teachers' knowledge on models and modeling: promoting, characterizing, and understanding the process, *International Journal of Science Education*, 27, 549-573, 2005.
- Mortimer, E. F., Mol, G. & Paes, L. D. Regra do octeto e teoria da ligação química no ensino médio: dogma ou ciência? *Química Nova na Escola*, 17, 243-252, 1994.
- Taber, K.S. Misunderstanding the ionic bond. *Education in Chemistry*, 31, 100-103, 1994.
- Taber, K.S. Student Understanding of ionic bonding: molecular versus electrostatic framework? *School Science Review*, 78, 85-95, 1997.
- Vosniadou, S. Mental models in conceptual development. In: L. Magnani & N. J. Nersessian (Eds.) *Model-Based Reasoning: Science, Technology, Values*. New York: Kluwer and Plenum, 2002, 353-368.

