



Ciência & Educação (Bauru)

ISSN: 1516-7313

revista@fc.unesp.br

Universidade Estadual Paulista Júlio de
Mesquita Filho
Brasil

Paganini, Paula; Justi, Rosária; Braga Mozzer, Nilmara
Mediadores na coconstrução do conhecimento de ciências em atividades de modelagem
Ciência & Educação (Bauru), vol. 20, núm. 4, outubro-diciembre, 2014, pp. 1019-1036
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
São Paulo, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=251032706016>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica
Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Mediadores na coconstrução do conhecimento de ciências em atividades de modelagem

Mediators in the co-construction of scientific knowledge in modelling-based activities

Paula Paganini¹ · Rosária Justi² · Nilmara Braga Mozzer³

Resumo: Neste trabalho, analisamos como diferentes mediadores podem favorecer a construção de conhecimento pelos estudantes, por meio do processo de coconstrução, durante a realização de atividades de modelagem. Mediadores são entendidos aqui como qualquer entidade que possa auxiliar na construção do conhecimento, fomentando ou facilitando o processo de ensino-aprendizagem. Os dados foram coletados durante a aplicação de atividades de modelagem para o ensino de solubilidade a alunos de 15-16 anos. Para a análise, destacamos os mediadores mais relevantes (ações do professor e dos alunos, modelos, argumentos e gestos) em termos de influência na construção do conhecimento dos estudantes nesse contexto. A análise do papel de cada um deles pode dar suporte às relevantes discussões em contextos de formação de professores.

Palavras-chave: Construção de conhecimento. Mediador. Ensino-aprendizagem. Ensino de química.

Abstract: In this paper, we analyse how different mediators may promote students' construction of knowledge through the process of co-construction, during the course of modelling activities. Here, mediators are understood as any entity that can assist in knowledge construction, promoting or facilitating the processes of teaching and learning. Data were collected in model-based teaching of the topic of solubility in a class of 15-16 year-old students. For the analysis, we focused on the most relevant mediators (the teacher's and the students' actions, models, arguments, and gestures) in terms of their influence on the students' knowledge construction in this context. The analysis of the role of each of them may support relevant discussions in teacher training contexts.

Keywords: Construction of knowledge. Mediator. Teaching-learning. Chemistry teaching.

¹ Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Avenida Antônio Carlos, 6.627, CEP 31270-901, Belo Horizonte, MG, Brasil. E-mail: <paula_paganini@hotmail.com>

² Departamento de Química, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, Brasil.

³ Departamento de Química, Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), Ouro Preto, MG, Brasil.

Introdução

Muitos estudantes questionam o motivo de terem de aprender ciências, sobretudo aqueles educados na perspectiva tradicional, centrada na transmissão passiva de conteúdos. Este tipo de ensino pode acarretar em inibição do pensamento especulativo e da criatividade, visto que vai em direção totalmente contrária ao caráter investigativo da ciência, e não promove relacionamentos dela com os aspectos históricos, sociais e ambientais que poderiam prover sentido ao estudo da ciência na escola. (MILLAR, 2003).

Documentos da área de educação em ciências em todo o mundo (por exemplo, BRASIL, 2002; MILLAR; OSBORNE, 1998) apresentam várias recomendações que procuram atender a uma reconhecida necessidade de atualização do currículo de ciências. No caso dos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2002), isto é feito por meio da proposta de desenvolvimento de competências gerais que dizem respeito aos domínios de:

- *representação e comunicação*, envolvendo a leitura e interpretação de códigos, nomenclaturas e textos próprios, a transposição entre diferentes formas de representação, a busca de informações, a produção e análise crítica de diferentes tipos de textos;
- *investigação e compreensão*, ou seja, o uso de ideias, conceitos, leis, modelos e procedimentos científicos associados a determinadas disciplinas;
- *contextualização sociocultural*, que visa situar, claramente, o contexto em que os conhecimentos científicos e tecnológicos são desenvolvidos e aplicados.

Uma abordagem que busca atender às exigências contemporâneas para o ensino de ciências é a utilização de atividades de construção, expressão, teste e utilização de modelos⁴. Isto porque, dentre outros motivos, tais atividades apresentam o caráter investigativo da ciência, levam em consideração as ideias prévias dos estudantes e a importância da compreensão dos modelos como representações parciais do conhecimento científico. A utilização de atividades de modelagem, isto é, atividades voltadas para a construção, reformulação e validação de modelos, pode resultar em um ensino mais significativo, que ajude o estudante a desenvolver um entendimento mais crítico e coerente com a própria ciência. Além disso, o ensino fundamentado em modelagem pode contribuir para que os estudantes aprendam sobre como o conhecimento científico é produzido – aspecto coerente com um ensino de ciências mais autêntico (GILBERT, 2004).

O uso de atividades de modelagem caracteriza uma situação de ensino construtivista sociointerativa (VYGOTSKY, 1986), na qual a construção de conhecimento ocorre por meio de interações estudante-estudante e/ou professor-estudante, o que, neste trabalho, chamamos de *processo de coconstrução de conhecimento*. Nessa situação, é importante identificar quais entidades podem auxiliar na construção do conhecimento científico, pois isto pode fomentar e/ou facilitar a ocorrência dessas atividades em salas de aula. Considerando uma abordagem sociocultural, podemos chamar essas entidades de *mediadores*. Wertsch (1985) define *mediadores*, a partir dos relatos de Vygotsky, como sendo ferramentas psicológicas ou signos para o controle da própria atividade e da dos outros.

⁴ Modelo pode ser compreendido como uma representação de uma ideia, objeto, evento, processo ou fenômeno para um dado sistema, elaborado com uma finalidade específica (GILBERT; BOULTER; ELMER, 2000).

Este trabalho está focado na caracterização do papel dos mediadores, e das ações desencadeadas pelos mesmos, em um contexto de ensino fundamentado em modelagem. Seus resultados, isto é, a análise de como os mediadores podem ajudar os estudantes a construir conhecimento, podem contribuir para favorecer um ensino de maior qualidade. Além disso, considerando as especificidades desse contexto de ensino fundamentado em modelagem caracterizadas a posteriori neste trabalho, acreditamos que nossas conclusões podem ser estendidas para outros contextos de ensino investigativo.

Referencial teórico

Em nosso trabalho, adotamos a visão construtivista de aprendizagem, segundo a qual a aquisição de conhecimento ocorre a partir da construção do mesmo. De acordo com a filosofia construtivista, o conhecimento é construído pelo ser humano, nunca é confirmado como verdade absoluta, e a escolha da melhor teoria ou modelo depende das circunstâncias. Em educação, a consideração das ideias construtivistas leva a definir aprendizagem como um processo de estabelecimento de relações mentais entre os conhecimentos já existentes e novas informações. Nesse sentido, a aprendizagem depende de três aspectos: o que o aprendiz já sabe; as características da situação de aprendizagem em si; e a natureza das relações que são estabelecidas (DRIVER, 1989).

Na perspectiva sociocultural, a construção do conhecimento é vista como um processo que emerge das interações sociais (VYGOTSKY, 1986). Segundo Kelly (2005), as interações sociais são constituídas por um padrão de tipos de ações, normalmente realizadas pelos membros de um grupo, baseadas em propósitos e expectativas comuns. O foco em atividades coletivas transfere a atenção de uma consciência individual para um processo de interação social, pelo qual se constrói o conhecimento ao longo do tempo.

Pensando em um contexto educacional, as interações sociais que ocorrem entre o professor e o(s) estudante(s), ou entre um estudante e outro(s), e que resultam em construção de conhecimento, constituem o que chamamos de *processo de coconstrução*. Durante a ocorrência da coconstrução, defendemos a existência de *mediadores* que auxiliam os estudantes durante a aprendizagem. Tal afirmativa é justificada pela análise aqui apresentada.

Segundo Wersch (1985), o papel principal dos mediadores é a distinção entre funções psicológicas elementares e superiores. De acordo com Vygotsky (1987), algumas características das funções psicológicas superiores são consideradas principais, a saber: (a) as funções psicológicas superiores são realizadas de forma consciente; (b) elas têm a sua origem na natureza social; e (c) a natureza social dos processos psicológicos superiores pressupõe a existência de ferramentas psicológicas ou signos, ou seja, mediadores que podem ser utilizados para desenvolver tais processos psicológicos de forma individual ou social.

Para Vygotsky (1987), a construção de conceitos é considerada uma função psicológica superior e, como tal, implica a utilização de mediadores durante todo o processo de aquisição do conhecimento. Nesse sentido, vários mediadores podem ser identificados em situações de aprendizagem. Entretanto, com base nas características do ensino fundamentado em modelagem e em pesquisas desenvolvidas em nosso grupo, nas quais o aprendizado dos estudantes foi evidenciado (por exemplo, MAIA; JUSTI, 2009; MENDONÇA; JUSTI, 2011), destacamos, a

seguir, aqueles mediadores que foram identificados como relevantes em termos de influência na construção do conhecimento dos estudantes nesse contexto.

Argumento

Neste trabalho, definimos argumento de acordo com as ideias de Toulmin (1958), ou seja, como uma afirmativa acompanhada de sua justificativa. Na literatura, a produção de argumentos pelos estudantes em sala de aula de ciências é destacada como essencial por favorecer a aprendizagem conceitual e o entendimento dos estudantes sobre como pensamos de uma forma, e não de outra (DUSCHL, 2008; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2008; OSBORNE, 2007). Como a produção de argumentos favorece a construção de conhecimento, podemos considerar o argumento como um importante mediador em contextos investigativos, nos quais discussões ocupam um papel central, como o de ensino fundamentado em modelagem.

Em seu estudo, Kuhn (1991) analisou várias habilidades argumentativas, que foram claramente explicadas por Correa (2011), como:

- Argumentar: dar suporte a uma opinião, afirmativa, teoria ou conclusão.
- Contra-argumentar: imaginar condições que poderiam falsificar uma teoria defendida pelo sujeito.
- Propor teoria alternativa: imaginar uma teoria que seja diferente daquela em que o próprio sujeito acredita.
- Refutar: apontar que sua teoria é mais correta do que outra na solução de um problema, ou apontar as falhas de uma teoria alternativa à sua pessoal.
- Identificar evidências, isto é, observações, fatos, experimentos, sinais, ou dados com os quais o sujeito tenta apontar que um determinado enunciado é verdadeiro ou falso.

Em um contexto educacional, podemos observar essas habilidades argumentativas quando os estudantes tentam justificar uma opinião ou refutar um ponto de vista oposto (BILLIG, 1987). Entendemos que a identificação dessas habilidades argumentativas nas falas dos estudantes, no decorrer do processo de coconstrução, seguida da análise da função das mesmas no diálogo estabelecido, significa a caracterização do papel de um dos tipos mais importantes de mediadores utilizados durante o processo de ensino-aprendizagem.

Além disso, a produção de argumentos pode ser considerada uma atividade intelectual, isto é, baseada no ato de pensar, sendo uma ação consciente e intencional (VAN EEMEREN; GROOTENDORST; KRUIGER, 1998). A partir dessa definição, podemos considerar o ato de argumentar como uma função psicológica superior, visto que os argumentos produzidos pelos estudantes explicitam as suas ideias prévias, cientificamente aceitas ou não, facilitando a intervenção do professor durante o processo de ensino-aprendizagem.

O outro

Como enfatizado anteriormente, em seu trabalho, Kelly (2005) reconhece a importância das interações sociais para a construção do conhecimento. Para ele, o conhecimento é construído e fundamentado dentro de uma comunidade por meio de práticas sociais.

Em sala de aula, o professor desempenha um importante papel durante as interações sociais, podendo favorecer, sobremaneira, a ocorrência do processo de coconstrução

do conhecimento. Isto porque ele é responsável por: mediar o conhecimento preexistente do estudante, apontar o foco de interesse, sugerir materiais e fontes de pesquisa, indagar, promover discussões, mostrar para o estudante que o conhecimento que está sendo ensinado possui alguma relevância para sua vida (FIGUEIRÊDO; JUSTI, 2011). Tais ações podem contribuir para que o estudante atinja os mais altos níveis de raciocínio, desenvolva noções científicas em cooperação com seus colegas, desenvolva suas visões epistemológicas sobre o conhecimento científico etc. Dessa maneira, os estudantes são mantidos em um ambiente de discussão, no qual eles podem interagir com o professor a respeito das ideias ou construir novas ideias, além de avaliar e modificar suas ideias prévias.

Além do professor, acreditamos que os estudantes também podem desempenhar um importante papel mediador durante o processo de coconstrução. Entretanto, os questionamentos utilizados pelos estudantes são diferentes dos questionamentos utilizados pelo professor. No caso do professor, seus questionamentos são direcionados, sobretudo, ao objetivo de auxiliar os estudantes a realizar as atividades e colaborar na construção dos conceitos científicos. Por outro lado, ao interagirem em um grupo, os estudantes não possuem esses objetivos. Ao mesmo tempo, eles parecem se sentir mais à vontade em expor os seus pontos de vista, discutir diferentes ideias sobre um determinado fenômeno e criar explicações para suas observações em momentos de discussão sem a participação do professor. Entretanto, em alguns momentos em que ocorre o processo de coconstrução estudante-estudante, alguns estudantes podem assumir o papel do professor, no sentido de explicar para um colega o que deve ser feito em uma determinada atividade ou explicar o que ele entendeu sobre determinado assunto (PAGANINI, 2012).

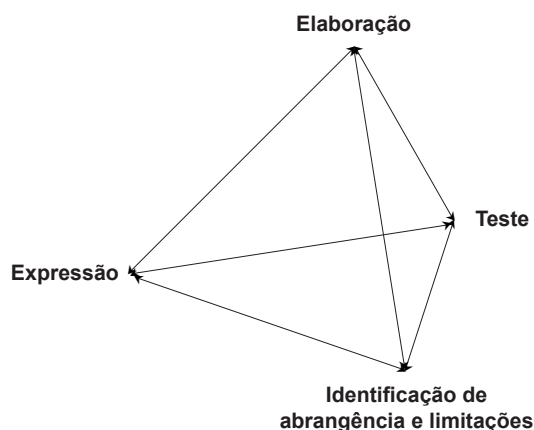
Modelos

Em contextos de ensino fundamentado em modelagem – como o que analisamos neste trabalho – os modelos produzidos e expressos pelos estudantes podem desempenhar um importante papel como mediadores do processo de construção dos conceitos científicos.

Na literatura, são encontrados relativamente poucos trabalhos realizados em contextos regulares de ensino que objetivam a construção do conhecimento dos estudantes a partir da participação dos mesmos em atividades de modelagem, o desenvolvimento de habilidades investigativas nesse contexto e/ou a modificação de suas visões sobre modelo na ciência (por exemplo, MENDONÇA; JUSTI, 2009; PASSMORE; SVOBODA, 2011; SCHWARZ; GEWEKWERERE, 2007).

Uma visão do processo de modelagem sintetizada no diagrama *Modelo de Modelagem* foi utilizada como referencial teórico para a elaboração da atividade que foi aplicada na situação de ensino analisada neste trabalho. Justi e Gilbert (2002) propuseram este diagrama com base no estudo de como cientistas elaboram modelos e das poucas propostas disponíveis na literatura na época, como o trabalho de Clement (1989). A versão simplificada do diagrama Modelo de Modelagem (Figura 1) mostra o relacionamento das etapas mais relevantes na elaboração e validação de um modelo: a produção do modelo mental, a expressão desse modelo em qualquer modo representacional, os testes do modelo e a consideração das abrangências e limitações do modelo. É importante destacar que, como representado pelas setas duplas, o diagrama Modelo de Modelagem mostra um processo dinâmico e não linear, ou seja, todas as etapas exercem influência umas nas outras e as etapas não ocorrem em uma ordem rígida.

Figura 1. Diagrama Modelo de Modelagem v. 2



Fonte: Justi (2011).

Como destacado anteriormente, a Figura 1 é uma versão simplificada do diagrama Modelo de Modelagem. Algumas de suas etapas envolvem subetapas, não representadas nesta versão simplificada. A *produção de um modelo mental* ocorre por meio de uma dinâmica e, algumas vezes, simultânea, integração das subetapas: definir objetivos para o modelo; obter informações sobre a entidade a ser modelada (a partir da estrutura cognitiva prévia e/ou a partir de fontes externas: referências, atividades empíricas etc.); definir uma analogia ou relação matemática a partir da qual o modelo pode ser construído; e integrar essas subetapas para produzir um modelo mental. A *expressão do modelo* pode ser feita por meio do uso de algum modo de representação: 3D (concreto), 2D (desenhos, diagramas etc.), virtual, verbal, gestual, matemático, ou qualquer combinação deles. Os *testes do modelo* podem ser empíricos ou mentais. A seleção de um tipo adequado de teste depende, sobretudo, da entidade que está sendo modelada e de recursos disponíveis. Finalmente, a *avaliação do modelo* resultante implica a identificação das abrangências e limitações deste modelo. Isso ocorre a partir da análise do modelo em relação aos objetivos e da tentativa de usá-lo em diferentes contextos (JUSTI, 2006; JUSTI; GILBERT, 2002).

Um modelo mental, como o próprio nome diz, é algo que só existe na mente do indivíduo. Portanto, para termos acesso, mesmo que parcial, a algum modelo mental, ele precisa ser expresso de alguma maneira. Um dos modos representacionais mais comuns é o tridimensional, resultante da confecção de modelos concretos. Em atividades de modelagem, vários artefatos (massa de modelar, isopor, molas espirais, palitos de dente, canetas coloridas etc.) podem ser fornecidos para os estudantes para que eles tentem expressar seus modelos mentais de uma forma concreta e acessível para todos. Outro modo representacional bastante utilizado é o gestual, em que os estudantes utilizam movimentos de partes do corpo (geralmente, mãos) na tentativa de externalizar o seu modelo mental ou enfatizar aspectos relevantes do mesmo (como, por exemplo, a dinamicidade do sistema em questão).

A partir do momento em que o modelo é expresso, o professor pode questionar os modos de representação e os artefatos específicos utilizados, relacionando-os com os conceitos

que estão sendo trabalhados. Dessa forma, é possível identificar os conhecimentos prévios dos estudantes, concepções alternativas e, até mesmo, problemas conceituais em relação ao tópico que está sendo trabalhado. A partir daí, o professor pode direcionar suas ações para que os estudantes construam conceitos cientificamente aceitos (QUEIROZ, 2009).

Gestos

McNeill (2005) aponta que gestos são ocorrências espontâneas e involuntárias presentes em nosso cotidiano. Além disso, ela destaca que os movimentos dos nossos dedos, mãos e braços constituem um discurso que podemos ver. Gestos são, então, muito mais parte da fala do que uma ocorrência inconsciente dela. Nesse sentido, é inadequado pensar em gestos como um código ou uma linguagem corporal separada da língua falada.

Os gestos podem funcionar como importantes mediadores quando usados pelo professor e pelos estudantes, pois podem auxiliar na comunicação de ideias e favorecer interações sociais. No caso dos estudantes, gestos também podem ser uma ferramenta de comunicação importante, no sentido de auxiliá-los a se expressar e a completar argumentos que justifiquem suas ideias – o que contribui para que o professor entenda seus conceitos.

Objetivo

O objetivo principal deste trabalho é discutir como diferentes mediadores podem ajudar a favorecer a construção de conhecimento pelos estudantes, por meio do processo de coconstrução, durante a realização de atividades de ensino-aprendizagem fundamentadas em modelagem. Tal discussão é relevante, pois a utilização desses mediadores pode ser incentivada tanto em contextos de ensino fundamentado em modelagem quanto em outras situações investigativas de ensino, com o objetivo de facilitar e favorecer o aprendizado dos estudantes.

Aspectos metodológicos

Contexto e amostra

As atividades baseadas em modelagem foram desenvolvidas a partir da perspectiva do diagrama Modelo de Modelagem, para apoiar o ensino de aspectos qualitativos sobre solubilidade para estudantes dos níveis de Ensino Fundamental ou Médio. Isto significa que, ao realizarem as atividades, os estudantes tiveram oportunidades de vivenciar todas as etapas da modelagem, que constituem o referido diagrama. As atividades são brevemente descritas no Quadro 1, no qual também são apresentadas suas relações com o diagrama Modelo de Modelagem (MM).

As atividades foram aplicadas em um contexto regular de ensino, em uma turma de primeiro ano do Ensino Médio, no último mês do ano letivo. A turma era constituída de 38 estudantes e eles realizaram as atividades divididos em grupos de 5-6 componentes. Os estudantes já haviam estudado propriedades de substâncias e ligações químicas no primeiro semestre letivo, mas, por intermédio de uma abordagem tradicional. Nossos dados mostraram que eles tinham concepções inadequadas sobre ambos os tópicos e que nenhum deles mostrou qualquer

entendimento prévio cientificamente aceitável sobre como uma substância se dissolve em outra. Além disso, os estudantes não tinham experiência prévia com atividades de modelagem ou com atividades investigativas experimentais.

O professor de química guiou todo o processo. Ele não tinha experiência prévia com ensino fundamentado em modelagem. Antes da aplicação da atividade, ele se reuniu com uma das autoras deste artigo. Nesses encontros, eles discutiram sobre: o contexto do ensino, as ideias prévias dos estudantes sobre o tópico, o ensino fundamentado em modelagem inspirado no diagrama Modelo de Modelagem, o processo de elaboração de analogias pelos próprios estudantes e a condução de atividades de modelagem. Os encontros foram importantes para ampliar o entendimento do professor sobre o processo de ensino baseado em modelagem.

Quadro 1. Atividades baseadas em modelagem para o ensino de solubilidade

Atividade	Descrição	Relacionamento com MM
1	<ul style="list-style-type: none"> - Apresentação de dois sistemas (água + pedaço de giz e água + pó de suco de uva) que têm diferentes comportamentos em termos de solubilidade de material sólido em água. - Elaboração de previsão sobre o que acontece em cada sistema quando seus componentes são misturados. - Condução de experimentos empíricos e registro de observações. - Discussão sobre possíveis diferenças entre previsões prévias e observações feitas. 	Etapa 1: ter experiência com o alvo.
2	<ul style="list-style-type: none"> - Elaboração de um modelo para explicar o fenômeno observado no nível submicroscópico e expressão desse modelo no modo concreto de representação. - Elaboração de analogias para explicar o fenômeno representado. - Identificação de similaridades e diferenças entre os aspectos comparados. 	Etapa 1: produção do modelo mental. Etapa 2: expressão do modelo mental (em 3D ou como uma analogia). Etapa 3: condução de experimentos mentais.
3	<ul style="list-style-type: none"> - Observação do novo comportamento de um dos sistemas (mistura do pó de suco de uva em água, sem agitação). - Tentativa de utilizar a analogia prévia para explicar o novo comportamento do sistema. - Se necessário, modificação ou rejeição, seguida de nova elaboração, de analogias prévias e/ou modelos concretos. 	Etapa 3: condução de experimentos mentais e revisão dos modelos.
4	<ul style="list-style-type: none"> - Utilização da analogia produzida para explicar outras situações relacionadas com o fenômeno modelado. 	Etapa 4: considerar abrangências e limitações do modelo final.

Fonte: Mozzer; Justi (2009).

Durante as discussões nos grupos, os estudantes interagiram entre eles e com o professor, com o objetivo de discutir suas dúvidas sobre o conteúdo das atividades, sobre os códigos de representação a serem usados na produção de modelos concretos e sobre os aspectos das analogias elaboradas pelos estudantes que não foram claramente expressos. Além disso, depois de cada atividade, o professor conduzia uma discussão em sala, na qual cada grupo apresentava e explicava suas ideias e/ou modelos, e respondia as questões de outros estudantes. As discussões não tinham o objetivo de corrigir os modelos dos estudantes, mas, sim, de analisar

a coerência dos modelos no contexto das informações disponíveis e do conhecimento prévio dos estudantes, além de favorecer as próprias questões dos estudantes sobre os modelos propostos. Os momentos em que ocorreu a coconstrução do conhecimento foram identificados no contexto dessas discussões gerais e no das discussões em cada grupo.

Coleta de dados

Após o consentimento do professor e dos responsáveis pelos alunos, todas as aulas foram gravadas e filmadas. As filmagens focaram na discussão dos estudantes quando trabalhando em grupos e entre os estudantes e o professor. Todos os momentos de interação do professor com os estudantes e entre os estudantes foram transcritos. Além disso, todos os modelos elaborados pelos estudantes foram fotografados e todos os gestos envolvidos nas discussões foram descritos detalhadamente nas transcrições dos vídeos.

Análise dos dados

Para identificar os momentos de coconstrução, selecionamos todos os trechos da transcrição das aulas nos quais os estudantes claramente modificaram suas ideias. Isto não significa que eles precisassem chegar a uma ideia cientificamente aceita para que os trechos fossem selecionados. Consideramos que a modificação de uma ideia ocorreu quando a nova ideia foi efetivamente utilizada no processo para subsidiar novas discussões ou alguma etapa do processo de modelagem. Sendo assim, muitas vezes, só tivemos a confirmação de que uma determinada ideia havia realmente sido modificada em momentos futuros, em relação a uma determinada discussão (às vezes, ocorridos em aulas distintas). Nesses casos, visando viabilizar a análise, definimos o turno de fala em que a nova ideia foi expressa com convicção pela primeira vez, como o fim de um trecho em que ocorreu coconstrução.

Os argumentos produzidos pelos estudantes foram identificados durante esses momentos. Para melhor caracterizar o papel desses mediadores, procuramos identificar não só os argumentos (considerando a definição proposta por Toulmin (1958): uma afirmativa acompanhada de sua justificativa), mas, também, as habilidades argumentativas propostas por Kuhn (1991). Identificamos, também, os modelos (concretos e/ou gestuais) que foram produzidos pelos estudantes, além de outros gestos utilizados tanto pelos estudantes quanto pelo professor durante os momentos em que ocorreu a coconstrução. Finalmente, procuramos identificar momentos em que os papéis do professor e do estudante foram fundamentais para a modificação da ideia inicial dos estudantes, ou seja, momentos em que eles agiram como mediadores do processo de coconstrução do conhecimento dos estudantes. A partir daí, discutimos o papel de cada um dos mediadores, nos contextos analisados, a partir das evidências do resultado das ações dos mesmos na modificação das ideias dos estudantes.

Resultados – apresentação e análise

Ao analisarmos os dados coletados, identificamos 18 trechos em que ocorreu a coconstrução do conhecimento. Considerando a impossibilidade de apresentar todos eles aqui, para

subsidiar a elaboração deste artigo, selecionamos, como exemplo, três trechos. Neles é possível identificar o processo de coconstrução favorecido pela mediação de: produção de argumentos (identificados entre parênteses e em itálico e, quando necessário, reescritos de forma a deixar mais clara a existência de uma afirmativa e uma justificativa), ações específicas do professor (identificação entre parênteses e sublinhada), modelos concretos (identificação por fotos), modelos gestuais (identificação entre parênteses e em negrito) e utilização de gestos (identificação entre parênteses). A mediação decorrente das ações dos estudantes foi caracterizada somente nas discussões subsequentes aos diálogos, uma vez que não pôde ser identificada em relação a uma fala específica. Nos trechos selecionados, os sujeitos são identificados por códigos: **P** para o professor, **Ex** para os estudantes, onde **x** é um número que os identifica, e **Es** para vários estudantes.

Diálogo 1

O diálogo apresentado a seguir ocorreu quando os estudantes realizavam a Atividade 1. Este trecho se relaciona à etapa 1 do diagrama Modelo de Modelagem, na qual o objetivo principal é que os estudantes tenham experiência com o alvo. Com essa finalidade, os estudantes deveriam elaborar uma previsão sobre o que iria acontecer com os sistemas (água + pedaço de giz e água + pó de suco de uva) quando seus componentes fossem misturados. No diálogo apresentado, os estudantes construíram uma explicação para o fato de somente o suco se dissolver na água.

P: *O que vocês acham que vai acontecer?* (Professor favorece a expressão das ideias prévias dos estudantes).

E2: *O giz vai ficar em cima da água.* (Estudante mostra, com a mão, o giz em cima da água, elevando a mão em relação à mesa).

P: *E o que vai acontecer com ele?* (Professor favorece a expressão das ideias prévias dos estudantes).

E1: *Ele vai ficar boiando.*

P: *E no caso do suco?* (Professor favorece a expressão das ideias prévias dos estudantes).

E1: *Ele vai se dissolver e a água vai ficar roxa.*

P: *E o que vocês acham que é dissolver?* (Professor favorece a expressão das ideias prévias dos estudantes).

E1: *É um soluto que vai ficar no solvente, aí vai dissolver. Eu acho.*

P: *E vocês* (Professor aponta com um gesto para outros estudantes)? *Vocês acham que é isso que vai acontecer?* (Professor favorece a participação de todos os estudantes).

Es: *É.*

P: *E quando a gente colocar o giz na água, vocês acham que vai dissolver ou não?* (Professor favorece a expressão das ideias prévias dos estudantes).

E1: *Talvez não.*

P: *Por quê?* (Professor estimula a produção de argumentos pelos estudantes).

E2: *Porque ele é mais sólido do que o suco.* (**Argumento 1: O giz não vai dissolver na água porque ele é mais sólido do que o suco.**)

E1: *O suco é menos sólido que o giz, porque o suco dissolve e o giz não.* (**Argumento 2: O suco é menos sólido do que o giz porque ele se dissolve em água e o giz não.**)

E6: *É, vai demorar mais tempo.*

E1: *Irá se dissolver lentamente. Pelo fato de o suco ser menos sólido? Ele possui menos matéria que o giz?* (**Teoria alternativa ao Argumento 2: O giz irá se dissolver lentamente na água porque possui mais matéria do que o suco.**)

E3: *Eu acho que é porque ele (suco) já está em pó* (**Argumento 3: O suco irá se dissolver em água porque já está em pó.**). (Estudante esfrega a ponta dos dedos, com a intenção de que esse gesto indique que as partículas do suco são menores).

E6: *Isso! Em partículas menores* (**Argumento 4: O suco se dissolve em água porque ele está na forma de partículas menores.**)

Nesse diálogo, o professor incentiva todos os estudantes a participar da discussão, o que foi essencial para encorajá-los a expressar suas ideias. Ao formular questões para checar os conhecimentos prévios dos estudantes, o professor foi um importante mediador do processo de ensino-aprendizagem, pois conduziu a discussão de modo que os estudantes fossem capazes de avaliar suas próprias ideias iniciais. Isto contribuiu para que, de forma colaborativa, eles formassem argumentos e teorias alternativas que foram essenciais na elaboração dos modelos iniciais para dissolução. Além disso, ao formularem argumentos e teorias alternativas, os estudantes foram capazes de reconstruir ideias iniciais, deixando-as mais próximas do conhecimento cientificamente aceito. Isto evidencia como um argumento pode ser um importante mediador do processo de coconstrução, pois é a partir do momento em que ele é formulado e externalizado pelo estudante que o professor tem acesso às ideias prévias dos mesmos e pode direcionar suas ações de modo a ajudar o estudante na construção dos conceitos científicos (como ocorrido neste diálogo).

Durante este diálogo, os gestos foram utilizados pelo professor, o que se mostrou importante no momento da expressão de suas ideias, facilitando o entendimento das mesmas. Podemos citar, como exemplo, o momento em que o professor questionou a opinião de outros estudantes, que não estavam participando da discussão, utilizando o gesto de apontar, para que os estudantes soubessem que ele queria que eles expressassem suas ideias.

Neste diálogo, também encontramos exemplos de utilização de modelos gestuais pelos estudantes, o que favoreceu a expressão de suas ideias e a produção de argumentos. No caso do estudante E2, para facilitar o entendimento de sua afirmativa, além de dizer que o giz ficaria em cima da água, ele mostrou a posição do giz em relação à água com utilização do modelo gestual. No caso do estudante E6, ele só conseguiu expressar sua ideia na forma de um argumento depois que E3 expressou (por meio de um modelo gestual) aquilo que, naquele momento, ele não estava conseguindo expressar em palavras (a ideia de que as partículas constituintes do suco são menores do que as observadas macroscopicamente). É interessante ressaltar uma diferença

nos modelos gestuais nos dois exemplos citados: no primeiro exemplo, o estudante utiliza um modelo gestual para enfatizar a representação macroscópica do fenômeno observado, enquanto, no segundo, o estudante representa o nível submicroscópico, ou seja, ele enfatiza o tamanho pequeno das partículas do suco.

Finalmente, podemos destacar o importante papel mediador dos próprios estudantes durante a construção do conhecimento cientificamente aceito. Podemos citar, como exemplo, o momento em que o professor questiona se o giz irá ou não se dissolver na água e, a partir dessa pergunta, os estudantes começam a discutir entre eles os motivos para o giz e o pó do suco de uva se dissolverem, ou não, na água. Isto aconteceu sem que o professor interferisse diretamente no processo, resultando em os estudantes chegarem, por si mesmos, a uma conclusão.

Diálogo 2

Este diálogo aconteceu quando os estudantes realizavam a Atividade 2. Este trecho está relacionado à Etapa 2 do diagrama Modelo de Modelagem, em que os estudantes foram solicitados a expressar seus modelos mentais de forma concreta e, assim, tentar explicar os fenômenos observados na Atividade 1. Neste diálogo, os estudantes elaboram uma explicação em nível submicroscópico para a dissolução do pó de suco em água.

P: *Agora eu quero que vocês digam o que significa esses palitinhos que vocês colocaram aqui* (Figura 2) (Professor utiliza um gesto de apontar para o modelo concreto proposto pelos estudantes). (Professor favorece o esclarecimento dos códigos de representação dos estudantes).

E2: *Esse palitinho significa a ligação* (O estudante utiliza um gesto de apontar para deixar claro qual palitinho indica a ligação)

E4: *A ligação. Entre a molécula e o suco.*

P: *E como vocês imaginam? O que causa essa ligação?* (Professor continua apontando para o palitinho, para que os estudantes tenham certeza sobre o alvo de sua pergunta). (Professor favorece a expressão das ideias prévias dos estudantes).

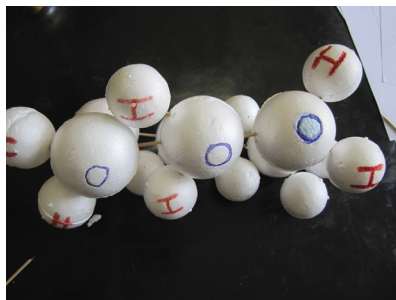
E1: *Atração?*

E2: *É. Eu acho que é tipo uma atração. Eu acho que essa ligação* (novamente o estudante aponta para o palitinho) *não vai ser com todas as substâncias porque tem 'coisa' que se liga com alguma 'coisa', mas tem 'coisa' que não liga. Igual polar com polar, apolar com apolar. (Argumento 5: A ligação não vai acontecer entre todas as substâncias porque existem 'coisas' que não se ligam, como uma substância polar com outra apolar).*

P: *Mas essa explicação do polar mistura com polar explica porque o suco não vai para o fundo?* (Professor faz um gesto com a mão, do alto para baixo, indicando o pó do suco indo para o fundo). (Professor questiona as ideias prévias das estudantes).

E2: *Eu acho que é a interação das moléculas, entre as partículas. (Argumento 6: O suco não vai para o fundo porque existe interação entre as partículas).*

Figura 2. Modelo concreto proposto pelas estudantes para um conjunto de moléculas de água



Fonte: Arquivo das autoras.

Neste diálogo, é possível perceber o papel fundamental do professor e da confecção do modelo concreto como mediadores do processo de coconstrução. Ao questionar os estudantes sobre os códigos de representação utilizados na produção do modelo concreto, o professor teve acesso às ideias prévias dos mesmos e, assim, pôde direcionar suas ações visando facilitar a construção, pelos estudantes, do conhecimento cientificamente aceito. Podemos citar, como exemplo, o trecho em que o professor pergunta sobre o significado dos palitinhos no modelo concreto produzido pelos estudantes.

Os gestos de apontar os palitinhos no modelo concreto foram fundamentais para que os estudantes identificassem sobre o que o professor estava falando naquele momento. O mesmo podemos dizer sobre quando os estudantes apontavam para os palitinhos a que eles estavam se referindo. Assim, a utilização dos gestos contribuiu para tornar o processo de coconstrução de conhecimento mais dinâmico e as informações mais fáceis de serem entendidas, tanto pelo professor quanto pelos estudantes.

O diálogo traz, ainda, um exemplo de modelo gestual utilizado pelo professor para representar o movimento do pó do suco indo para baixo. O modelo gestual serviu como um mediador no processo, pois facilitou o entendimento da ideia que o professor queria enfatizar para os estudantes.

Neste diálogo, a mediação dos argumentos também é evidenciada. Isto porque o estudante E2 elaborou dois argumentos que, apesar de não terem sido expressos com clareza, contribuíram para que o professor entendesse o modelo expresso pelo grupo.

Em relação à mediação realizada pelos próprios estudantes, ela ocorreu quando, ao mencionar a palavra atração, o estudante E1 parece ter fornecido subsídios para E2 formular uma explicação para a dissolução considerando, inicialmente, mesmo que de maneira parcial, a interação entre as partículas de soluto e solvente como um dos fatores que influenciariam o processo.

O diálogo 2 evidencia também que o professor e os estudantes podem fazer uso de vários mediadores ao mesmo tempo. Isto aconteceu, por exemplo, quando o professor utilizou o modelo concreto produzido pelos estudantes (Figura 2), questionou-os sobre os códigos de representação utilizados (palitinhos presentes no modelo concreto) e utilizou o gesto de apontar para identificar a qual parte do modelo concreto (palitinho) sua pergunta se referia. A nosso

ver, a ausência de qualquer um dos três mediadores utilizados dificultaria o entendimento sobre o foco das questões do professor.

Diálogo 3

O diálogo a seguir ocorreu durante a realização da Atividade 3, após o professor ter repetido o experimento da adição do pó de suco de uva à água, sem agitação, para que os estudantes observassem novas evidências que pudessem ajudá-los a testar seus modelos iniciais. Este trecho se relaciona à Etapa 3 do diagrama *Modelo de Modelagem*, em que os estudantes devem conduzir experimentos mentais e revisar os modelos que foram propostos durante a Atividade 2. Neste diálogo, os estudantes elaboraram uma explicação para o comportamento do pó de suco quando adicionado à água.

P: *Quais foram as observações que vocês fizeram sobre o sistema pó de suco de uva + água?* (Professor aponta para o sistema).

E4: *Eu coloquei na folha que quando coloca a água primeiro e depois o suco, a gente achou que só descia, mas a partícula sobe também por causa da mistura que tem na hora que coloca. Mas o suco também sobe, porque quando coloca o soluto, depois o solvente, eles não se misturam totalmente.* (**Argumento 7: Quando se coloca a água sobre o pó de suco de uva, as partículas sobem porque ocorre uma mistura**). (**Teoria alternativa ao Argumento 7: O pó do suco de uva também sobe porque, quando o soluto é colocado antes do solvente, eles não se misturam totalmente**).

P: *Olha aqui, vocês fizeram foi isso* (Professor adiciona pó de suco de uva na água, sem agitação), *não foi?* (Professor repete o experimento para que os estudantes entendam melhor as evidências empíricas).

E3: *Olha! Desce tudo de uma vez. Acho que não fica nada lá em cima.*

E1: *As partículas sobem por causa do movimento da água.* (**Argumento 8: As partículas do pó de suco de uva sobem devido ao movimento da água**).

Os momentos em que os estudantes testam seus modelos (percebendo a inadequação dos mesmos, acrescentando novos elementos a eles ou reformulando-os de forma a torná-los mais adequados) são, por sua própria natureza, momentos que favorecem a construção do conhecimento. Quando existe discordância de opiniões entre estudantes de um mesmo grupo (como no diálogo 3), os estudantes tendem a apresentar um papel ativo como mediadores, não só quando expressam argumentos, mas, também, quando os defendem, criam teorias alternativas e refutam ideias contrárias às suas. No trecho citado, observamos a elaboração de teorias alternativas. A nosso ver, isso caracteriza uma discussão autêntica que, quando adequadamente mediada pelo professor (como aconteceu na sequência desse diálogo)⁵, tende a favorecer a construção do conhecimento dos estudantes.

⁵ O trecho completo não é apresentado por não favorecer outras discussões relacionadas aos objetivos deste trabalho.

Este diálogo evidencia, também, que as ações mediadoras do professor não se restringem apenas a questionamentos. Podemos citar, como exemplo, o momento em que o professor repete o experimento empírico realizado anteriormente (adição do pó de suco de uva na água, sem agitação) com o objetivo de favorecer a observação das evidências empíricas e, assim, criar dissonâncias entre os estudantes do grupo sobre as questões que estavam sendo trabalhadas, estimulando-os a elaborar ideias diferentes das originalmente expressas.

Conclusões e implicações

Ao analisarmos os três diálogos selecionados, foi possível evidenciar como os principais mediadores (ações específicas do professor e dos estudantes, produção de argumentos, produção de modelos concretos e/ou gestuais e utilização de outros gestos) contribuíram para o processo de coconstrução do conhecimento, durante a realização das atividades de modelagem.

Nossa análise mostrou que o professor foi um dos mais importantes mediadores dentre os que foram analisados. Ao questionar as ideias prévias dos estudantes, reproduzir o experimento empírico e questionar os estudantes sobre o entendimento das evidências empíricas, o professor favoreceu a interação entre os mesmos e a produção de argumentos (MENDONÇA; JUSTI, 2011). Além disso, ao utilizar questões que favoreceram a expressão e discussão dos modelos elaborados, além de favorecer o entendimento dos códigos de representação utilizados nos mesmos, o professor enfatizou o papel mediador do modelo concreto produzido pelos estudantes.

Mesmo considerando que, na maioria das vezes, o professor desencadeou discussões entre os estudantes, é essencial destacar que eles também desempenharam a função de mediadores durante o processo de coconstrução. Isto porque eles foram capazes de, ao interagirem em um grupo, criar explicações para suas observações, questionar as ideias expressas pelos colegas, além de elaborar hipóteses sem a participação do professor. Essas interações estudante-estudante se mostram eficientes no sentido de auxiliar a construção dos modelos e ideias que se esperava que eles aprendessem (PAGANINI, 2012).

Os argumentos produzidos pelos estudantes também podem ser considerados como um mediador fundamental em contextos de ensino investigativos, como os favorecidos pelas atividades de modelagem. A partir do momento em que os estudantes expressam suas ideias na forma de argumentos, o professor pode ter acesso às ideias prévias dos mesmos e, assim, trabalhar aquelas que não são cientificamente aceitas. Além disso, os estudantes são capazes de reformular seus argumentos iniciais que não são coerentes com as ideias científicas, gerando teorias alternativas, por exemplo, a partir da interação com o professor ou com seus pares. A partir dos argumentos propostos pelos estudantes, o professor pode avaliar se eles conseguiram entender os conceitos em discussão.

Consideramos que os momentos em que os estudantes confeccionam e testam os modelos produzidos por eles (concretos e/ou gestuais, na situação analisada) são, essencialmente, momentos que favorecem a construção do conhecimento. Nesse sentido, já poderíamos considerá-los como importantes mediadores. Nossos dados mostram, ainda, que os modelos confeccionados pelos estudantes tornaram possível o acesso do professor aos seus modelos mentais, fazendo com que ele direcionasse suas ações de modo a discutir as ideias dos estudantes que não eram coerentes com as cientificamente aceitas. Portanto, isso caracteriza outro papel

mediador dos modelos concretos e gestuais, uma vez que, sem eles, o acesso aos modelos mentais dos estudantes seria muito mais difícil. Além disso, o modelo gestual também apresentou um importante papel mediador ao ser usado (tanto pelo professor quanto pelos estudantes) com a intenção de completar as representações de suas ideias e modelos em relação a aspectos submicroscópicos e macroscópicos dos fenômenos observados.

A utilização de outros gestos pelo professor e pelos estudantes ajudou a deixar suas ideias mais claras, além de tornar a aula mais dinâmica. Como afirmado por McNeill (2005), é inadequado pensar nos gestos como um código ou uma linguagem corporal separada da língua falada. Isso foi percebido de forma clara quando o professor apontou para os palitinhos no modelo produzido pelos estudantes, ou seja, sua fala sem o gesto poderia gerar múltiplas interpretações pelos estudantes, pois ele poderia estar se referindo a algum dos palitos que representavam a ligação entre os átomos de uma mesma partícula, e não àqueles entre as representações das partículas de soluto e solvente, referidos pelos estudantes. Assim, tal gesto teve a função fundamental de mediar a informação que o professor e os estudantes queriam comunicar.

Os aspectos discutidos neste artigo caracterizam como os mediadores aqui identificados podem ter uma grande importância no processo de coconstrução do conhecimento. Por isso, acreditamos na importância de se incentivar o estudo sobre eles e sua utilização durante a formação acadêmica do professor. Em outras palavras, julgamos essencial que o professor aprenda a argumentar, a interagir com seus estudantes, a se envolver mais e a utilizar atividades investigativas (como as de modelagem) em suas práticas docentes. A partir desse aprendizado, ele poderá não só ser estimulado a, mas, também, ser capaz de utilizar esses mediadores e favorecer a ocorrência dos mesmos de maneira mais consciente. Em momentos subsequentes, as ações envolvidas podem ser aperfeiçoadas com a prática e com as reflexões sobre essa prática (FIGUEIRÊDO; JUSTI, 2011) ocorridas isoladamente ou em um grupo colaborativo, por exemplo.

Além disso, acreditamos que as atividades realizadas em grupo por estudantes são muito importantes e devem ser incentivadas em sala de aula, pois as interações entre os pares podem ajudar na construção de conceitos científicos (ao invés da mera transmissão dos mesmos em forma “pronta” pelo professor), uma vez que os estudantes, geralmente, se sentem mais seguros em argumentar entre si. É importante também valorizar a utilização de gestos pelos estudantes, por exemplo, promovendo a discussão de seus significados. Isto pode tornar a comunicação das ideias dos estudantes mais clara, caso eles ainda não consigam expressá-las apenas com palavras.

A incorporação desses aspectos na formação de professores pode ser feita, por exemplo, a partir da utilização de situações regulares de ensino-aprendizagem (como os diálogos apresentados neste trabalho) em discussões que objetivem evidenciar como os mediadores efetivamente contribuem para a ocorrência da coconstrução. Tais discussões poderiam também favorecer futuras reflexões dos professores sobre situações vivenciadas por eles mesmos em salas de aula – prática defendida na literatura (por exemplo, TARDIF, 2002; FIGUEIRÊDO; JUSTI, 2011) e que, a nosso ver, contribui de maneira especial para a formação de melhores professores.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Referências

- BILLIG, M. **Arguing and thinking**: a rhetorical approach to social psychology. Cambridge: Cambridge University Press, 1987.
- BRASIL. Ministério da Educação. **PCN+ do ensino médio**: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília, 2002.
- CLEMENT, J. J. Learning via model construction and criticism: protocol evidence on sources of creativity in science. In: GLOVER, J. A.; RONNING, R. R.; REYNOLDS, C. R. (Org.). **Handbook of creativity**. New York: Plenum, 1989. p. 342-381.
- CORREA, H. L. S. **Análise das capacidades argumentativas de professores de química recém formados na Universidade Federal de Minas Gerais**. 2011. 126 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.
- DRIVER, R. Students' conceptions and the learning of science. **International Journal of Science Education**, London, v. 11, n. 5, p. 481-490, 1989.
- DUSCHL, R. A. Quality argumentation and epistemic criteria. In: ERDURAN, S.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (Org.). **Argumentation in science education**: perspectives from classroom-based research. [Berlin]: Springer, 2008. p. 159-170.
- FIGUEIRÊDO, K. L.; JUSTI, R. Uma proposta de formação continuada de professores de ciências buscando inovação, autonomia e colaboração a partir de referenciais integrados. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 11, n. 1, p. 169-190, 2011.
- GILBERT, J. K. Models and modelling: routes to more authentic science education. **International Journal of Science and Mathematics Education**, Dordrecht, v. 2, n. 2, p. 115-130, 2004.
- GILBERT, J. K.; BOULTER, C. J.; ELMER, R. Position models in science education and in design and technology education. In: GILBERT, J. K.; BOULTER, C. J. (Org.). **Developing models in science education**. Dordrecht: Kluwer, 2000. p. 3-17.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. Designing argumentation in learning environments. In: ERDURAN, S.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (Org.). **Argumentation in science education**: perspectives from classroom-based research. [Berlin]: Springer, 2008. p. 91-116.
- JUSTI, R. Enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 24, n. 2, p. 173-194, 2006.
- _____. Las concepciones de modelo de los alumnos y el aprendizaje de las ciencias. In: CAAMAÑO, A. (Org.). **Didáctica de la física e la química**. Barcelona: Graó, 2011. p. 85-104.
- JUSTI, R.; GILBERT, J. K. Modelling, teachers' views on the nature of modelling: implications for the education of modellers. **International Journal of Science Education**, London, v. 24, n. 4, p. 369-387, 2002.
- KELLY, G. Inquiry, activity, and epistemic practice. In: CONFERENCE ON DEVELOPING A CONSENSUS RESEARCH AGENDA, 2005, New Brunswick. **Proceedings...** Rotterdam: Sense, 2005. p. 99-117.
- KUHN, D. **The skills of argument**. New York: Cambridge University Press, 1991.
- MAIA, P. F.; JUSTI, R. Learning of chemical equilibrium through modelling-based teaching. **International Journal of Science Education**, London, v. 31, n. 5, p. 603-630, 2009.

McNEILL, D. **Gestures & thought**. Chicago: University of Chicago Press, 2005.

MENDONÇA, P. C. C.; JUSTI, R. Contributions of the model of modelling diagram to the learning of ionic bonding analysis of a case study. **Research in Science Education**, Dordrecht, v. 41, n. 4, p. 479-503, 2011.

_____. Favorecendo o aprendizado do modelo eletrostático: análise de um processo de ensino de ligação iônica fundamentado em modelagem – parte 2. **Educación Química**, Ciudad de México, v. 20, n. 3, p. 373-382, 2009.

MILLAR, R. Um currículo de ciências voltado para a compreensão de todos. **Ensaio: pesquisa em educação em ciência**, Belo Horizonte, v. 5, n. 2, p. 139-154, 2003.

MILLAR, R.; OSBORNE, J. **Beyond 2000: science education for the future**. London: King's College, 1998.

MOZZER, N. B.; JUSTI, R. Introdução ao termo dissolução através da elaboração de analogias pelos alunos fundamentadas na modelagem. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7., 2009, Florianópolis. **Anais...** Rio de Janeiro: ABRAPEC, 2009. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R0386-1.pdf>>. Acesso em: 11 ago. 2014.

OSBORNE, J. Towards a more social pedagogy in science education: the role of argumentation. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 7, n. 1, p. 1-17, 2007.

PAGANINI, P. **Estudo do processo de co-construção de conhecimento em um contexto de ensino fundamentado em modelagem**. 2012. 111 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

PASSMORE, C.; SVOBODA, J. Exploring opportunities for argumentation in modeling classrooms. **International Journal of Science Education**, London, v. 34, n. 10, p. 1535-1554, 2011.

QUEIROZ, A. S. **Contribuições do ensino de ligação iônica baseado em modelagem ao desenvolvimento da capacidade de visualização**. 2009. 249 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

SCHWARZ, C. V.; GEWEKWERERE, Y. N. Using a guided inquiry and modeling instructional framework (EIMA) to support preservice K-8 science teachers. **Science Education**, Hoboken, v. 91, n. 1, p. 158-186, 2007.

TARDIF, M. **Saberes docentes e formação profissional**. Petrópolis: Vozes, 2002.

TOULMIN, S. **The uses of argument**. New York: Cambridge University Press, 1958.

VAN EEMEREN, F. H.; GROOTENDORST, R.; KRUIGER, T. **Handbook of argumentation theory: a critical survey of classical backgrounds and modern studies**. Dordrecht: Foris, 1998.

VYGOTSKY, L. S. **Thought and language**. Cumberland: MIT Press, 1986.

_____. Thinking and speech. In: RIEBER, R. W.; CARTON, A. S. (Orgs.). **The collected works of L. S. Vygotsky**. New York: Plenum, 1987. p. 243-285.

WERTSCH, J. V. **Vygotsky and social formation of mind**. Cambridge: Harvard University Press, 1985.