

Professores e a discussão sobre relações entre fatos e modelos no ensino de ciências

Teachers and the discussion about the relationship between facts and models in science education

Eliane Cerdas Labarce

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
elianecerdas@hotmail.com

Fernando Bastos

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
ferbastos@fc.unesp.br

Alessandro Pedro

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
alessandro_pedro@hotmail.com

Bruno Tadashi Takahashi

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
takahashi@fc.unesp.br

Resumo

Este trabalho analisa discussões desenvolvidas por professores de ciências a respeito de temas que remetem às relações entre fatos e modelos na elaboração de conhecimentos sobre o mundo natural. Os dados foram obtidos no âmbito de um projeto de formação continuada desenvolvido numa escola de educação básica da rede pública do estado de SP. A coleta de dados foi realizada por meio de observação participante, e a fundamentação teórica para condução da pesquisa recorreu a subsídios da literatura sobre formação de professores e didática das ciências. Os resultados obtidos sugeriram que (1) os professores possuíam determinadas lacunas em suas noções epistemológicas; (2) os professores puderam ampliar seus saberes disciplinares, curriculares e experienciais conforme tentaram implementar propostas de aula incorporando simulações em vídeos e trabalho com modelos; (3) os diálogos com os professores forneceram subsídios importantes para que os colaboradores externos pensassem ações subsequentes do projeto.

Palavras chave: ensino de ciências, formação de professores, simulações, modelos, relações entre fatos e modelos.

Abstract

This paper analyzes arguments presented by science teachers about issues that relates to the interaction between facts and models in science teaching. The data were obtained in the

course of a continuing education project carried out at a primary and secondary public school in the state of SP. Data collection was conducted through participant observation, and theoretical basis for the research was drawn from literature on teachers' education and science education. The results suggest that (1) teachers had certain gaps in their epistemological notions, (2) teachers were able to extend their disciplinary, curricular and experiential knowledge while trying to implement proposals for classes that include simulations on video and dealing with models, (3) dialogues with teachers provided grants for researchers to plan subsequent actions within the project.

Key words: science education, teachers' education, simulations, models, relationships between facts and models.

Introdução, metodologia e objetivos

O presente trabalho analisa discussões desenvolvidas por professores de ciências, química e biologia a respeito de temas que remetem às relações entre fatos e modelos na ciência e no ensino de ciências. Uma parte dessas discussões consistiu em diálogos sobre a possibilidade de que o ensino de conteúdos “abstratos” se utilizasse de recursos tais como simulações e modelos (KRASILCHIK, 1996; DUIT e GLYNN, 1996; MEDEIROS; MEDEIROS, 2002).

Os dados de pesquisa foram obtidos no âmbito de um projeto de formação continuada realizado em uma escola de educação básica da rede pública do estado de SP. O projeto foi coordenado por pesquisadores em educação em ciências e teve como objetivo estabelecer um espaço de colaboração (MARCELO, 1999; TARDIF, 2004) em que os pesquisadores e os professores trabalhassem em conjunto no diálogo sobre questões vinculadas ao processo de planejamento e condução de aulas. Nas escolas estaduais paulistas, entretanto, os currículos do ensino fundamental II e do ensino médio estão estruturados a partir de um material didático disponibilizado na forma de cadernos “do Aluno”, de modo que em diversos momentos as ações do projeto tiveram a ver com a discussão das propostas existentes nesses cadernos.

Por solicitação dos professores participantes (que foram em um número total de cinco), o projeto focalizou, inicialmente, a questão das atividades práticas no ensino de ciências. No decorrer desse processo, porém, os professores se depararam com situações de aula que mostravam que a relação entre fatos e modelos não poderia ser traçada de forma simples ou direta. Esse aspecto nos interessou, levando-nos às seguintes indagações, entre outras: Como os professores se posicionariam diante de tal desafio? Que concepções e saberes possuíam sobre o tema? Qual a contribuição do projeto para as referidas discussões? Com base nesses questionamentos, elaboramos o seguinte objetivo para o presente trabalho: analisar diálogos desenvolvidos pelos professores participantes do projeto, sobre temas que remetem às relações entre fatos e modelos, inclusive no sentido de pensar a possibilidade de que o ensino de conteúdos “abstratos” se utilize de recursos tais como simulações e modelos.

Os referenciais teóricos para condução da pesquisa apoiaram-se em literatura pertinente sobre formação de professores (por exemplo, MARCELO, 1999; TARDIF, 2004), didática das ciências naturais (por exemplo, MILLAR, 2003; GIL PÉREZ et al., 1999; MORTIMER, 2000) e características da atividade científica (por exemplo, KNELLER, 1980).

A coleta de dados foi realizada por meio de procedimentos de observação participante, apoiados em elaboração de notas de campo (BOGDAN; BIKLEN, 1997), e a análise dos dados obtidos recorreu a técnicas de análise de conteúdo (BARDIN, 1977). Os professores

participantes da pesquisa foram aqui indicados por meio de siglas (P1, P2, P3 etc.), e os pesquisadores, por meio da expressão geral “colaboradores externos”.

Breves considerações teóricas

Tendo em vista o objetivo do presente trabalho (analisar diálogos sobre temas que remetem às relações entre fatos e modelos), cabe considerar o modo como tais aspectos se relacionam com questões mais gerais da educação em ciências.

Imagina-se que o ensino de ciências deva somar esforços com outras áreas da educação escolar a fim de contribuir para que os alunos tenham acesso à formação intelectual, à formação cultural e à formação para a cidadania. Millar argumenta que, no que concerne à educação em ciências, uma parte importante de tal desenvolvimento pessoal e social do aluno inclui a aprendizagem a respeito dos “modelos” que constituem a base da cultura científica contemporânea, com destaque para

“o modelo atômico/molecular da matéria [...]”; “modelos dos sistemas Terra-Lua, Terra-Sol, do Sistema Solar, e do universo”; [...] “o modelo de campo de interações à distância (gravitação, magnetismo, campos elétricos)”; [...] “o modelo de herança gênica”; “a teoria de Darwin da evolução” [...] (MILLAR, 2003, p.85)

Modelos constituem o “coração” ou “essência” das teorias científicas, e a ciência pode ser em parte descrita como uma atividade de elaboração de modelos (KNELLER, 1980, p.137, 13; MILLAR, 2003, p.84). Embora o termo “teoria” seja considerado mais amplo que o termo “modelo”, há uma forte interligação e identificação entre os referentes de um termo e outro, de tal modo que, ao citarmos determinado modelo, estaremos necessariamente remetendo à teoria científica que lhe corresponde.

Kneller destaca que uma teoria científica

[...] é um conjunto de enunciados que descrevem a natureza de uma entidade inobservada e (ou) um processo postulado como causa de certos fatos observados. Essa entidade, ou processo, é encarada com uma possível ordem oculta, ou ‘mecanismo’, cuja existência pode ser verificada checando se os fatos ocorrem como a teoria previu [...] (KNELLER, 1980, p.21)

Cabe ressaltar, pois, que (1) os modelos e teorias vão além dos fenômenos em si, originando, no âmbito do ensino escolar, conteúdos que são “abstratos” ou “pouco palpáveis” para os alunos; e, por outro lado, que (2) a vasta base empírica acumulada pela ciência não apenas não garante “a verdade” dos modelos e teorias vigentes [Popper], como também *não é passível de ser reproduzida em aula*.

Diante do problema da “falta de concretude” dos enunciados teóricos, os livros didáticos frequentemente recorrem ao uso de ilustrações, muitas delas referentes a fenômenos dinâmicos. Não se devem subestimar, entretanto, as dificuldades que os alunos encontram em interpretar tais ilustrações (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002).

Duit e Glynn (1996) marcam uma diferença entre modelos mentais e modelos conceituais.

Eles consideram as analogias como ferramentas de aprendizagem a serem utilizadas, com as devidas precauções, pelos professores, para incitar processos de raciocínio em seus alunos. O termo *modelos mentais* é usado pelos autores para se referir a um conhecimento pessoal dos estudantes, construído através de processos de modelagem ou formação de representações mentais. Quando algum produto resultante de um processo de modelagem passa a ser compartilhado por uma certa comunidade, recebe o nome de *modelo conceitual* e pode ser,

em determinadas situações, transformado em um objeto concreto. Em ambos os casos, o que importa é a representação mental que se tem do modelo conceitual (ou do objeto que o representa) e que pode ser usada por várias pessoas. Modelos mentais e modelos conceituais são portanto representações de processos ou objetos do mundo real, construídos basicamente através do estabelecimento de relações analógicas.

Uma forma de auxiliar o aluno a compreender conteúdos considerados “abstratos” seria o trabalho em aula com simulações e modelos. Simulações são atividades didáticas em que professores e alunos se utilizam de estratégias diversas para representar processos que se pretendem estudar e, por várias razões, não estão acessíveis à observação. Krasilchik (1996, p.120-137), por exemplo, propõe o uso de jogos de tabuleiro e de jogos de representação de papéis para o trabalho com temas tais como “ciclos biogeoquímicos” e a “influência de fatores bióticos e abióticos no desenvolvimento de uma população”. Além disso, *softwares* e vídeos podem ser explorados em aula (LEVY, 1999), para mostrar, por exemplo, como seria, em nível submicroscópico, o processo de expansão de um gás em função do aquecimento. Há também situações de aula em que professores e alunos podem optar por construir ou manipular “modelos” concretos e tridimensionais dos objetos a serem estudados (modelos de moléculas, células etc.).

Outro aspecto importante no âmbito de uma discussão sobre a aproximação entre conteúdos científicos e fenômenos vivenciados pelo aluno refere-se ao uso atividades práticas no ensino de ciências. Atividades práticas investigativas são consideradas por muitos como uma excelente alternativa para intensificar a participação do aluno em todas as etapas do tratamento de questões científicas, ou seja, desde a interpretação do problema até uma possível solução (GIL-PÉREZ et al., 1999; HODSON, 2005). No entanto, conforme ressaltado anteriormente, há uma série de nuances a serem consideradas quanto ao modo de interação entre teoria e prática na ciência. Por exemplo, é preciso cuidado com analogias muito estreitas entre o trabalho científico e a construção de conhecimentos pelo aluno, já que tais processos não são idênticos nem em termos de seus condicionantes nem em termos de seus objetivos.

Cabe ressaltar, finalmente, que atividades práticas, simulações e o trabalho com modelos não deveriam aparecer como componentes estanques do ensino escolar, mas como partes integrantes de propostas pedagógicas mais amplas, as quais formem um todo coerente (GIL-PÉREZ et al., 1999; BASTOS et al., 2004).

Resultados e discussão

Analisaremos neste item alguns episódios em que os participantes do projeto dialogaram sobre temas que remetiam às relações entre fatos e modelos, inclusive no sentido de discutir a possibilidade de que o ensino de conteúdos “abstratos” se utilizasse de recursos tais como simulações em vídeos e modelos tridimensionais.

Ao longo do projeto, P1, P2 e P3 diversas vezes se referiram a dificuldades do trabalho em aula decorrentes do caráter abstrato de muitos conteúdos curriculares (“origem da vida”, “forças intermoleculares”, “estrutura e funcionamento do DNA” etc.).

Um dos primeiros diálogos que tangenciou tais problemáticas ocorreu durante a discussão de uma atividade em que uma foto formada por retícula era mostrada de longe e, depois, de distâncias sucessivamente mais próximas. P2 (biologia) estava pensando em realizar uma aula de observação de células ao microscópio, e a atividade da foto formada por retícula poderia ser uma maneira de mostrar ao aluno que “existem coisas que estão lá [no caso, os pontos da

retícula], mas são tão pequenas que não vemos”. P1 (química) considerou a atividade da foto interessante, e sugeriu que também poderia ser utilizada em química, “para falar sobre os átomos”. Os colaboradores externos então opinaram que havia “uma diferença entre célula e átomo”, já que a célula era observável, e o átomo não; em outras palavras, se fôssemos empregar a atividade da foto, os alunos deveriam ser alertados de que os pontos da retícula são objetos macroscópicos, e os átomos, “objetos” submicroscópicos.

Notar que, no episódio em questão, P1 pareceu estabelecer algum tipo de semelhança entre uma entidade observada (célula) e uma entidade imaginada (átomo), o que nos levou a pensar até que ponto sua visão de ciência não estava influenciada por concepções realistas (EL-HANI; BIZZO, 2002).

Em outro momento a professora P1 relatou experimentos que havia realizado com os alunos do 3º Ano do Ensino Médio, sobre a influência “da temperatura” e “da superfície de contato” na velocidade das reações químicas. Nesses experimentos utilizara, como material principal, “pastilhas antiácidas” de bicarbonato de sódio, as quais eram primeiramente colocadas em “água quente e água gelada”, e depois colocadas “inteiras e trituradas” em água à temperatura ambiente. P1 foi bastante enfática quanto a opinar que, ao longo dessas aulas, os alunos haviam conseguido “entender o assunto com facilidade”, e “sem a prática” isso não ocorria. Percebemos, porém (sem externarmos nossa conclusão naquele momento), que as perguntas constantes no roteiro do aluno ficavam principalmente no nível da descrição dos fatos observados - “o que ocorreu”, “onde foi mais rápido” etc. Dito de outro modo, o aluno era somente solicitado a constatar fatos ou uma relação de causa e efeito, mas não a fazer uma recapitulação ou estudo sobre o possível modelo explicativo para os fenômenos observados. Assim, parecia que, na concepção de P1, o conhecimento a respeito de “fatos” já bastava para os alunos, não sendo essencial (ou viável) uma explicação para aqueles fatos (“modelo”).

Algumas semanas depois, por solicitação de P1 e P2, foi realizado e discutido, numa reunião do projeto, o já famoso experimento de “extração do DNA vegetal”. Nesse experimento observa-se o surgimento de uma “massa” de material gelatinoso em certo nível do tubo de ensaio, material este que corresponde a um aglomerado de muitas e muitas moléculas de DNA. P2 (biologia) perguntou o que veríamos se observássemos a “massa” de material gelatinoso ao microscópio (pareceu-nos que esperava imagens da molécula de DNA, semelhantes àquelas que aparecem nas ilustrações de livro). Em resposta, os colaboradores externos propuseram preparar o microscópio e realizar tal observação. Solicitamos também a P1 (química) que arriscasse um palpite sobre o que seria visto, e ela respondeu com insegurança - “Nada?” Em seguida, uma amostra da “massa” gelatinosa foi colocada lâmina e lamínula. A imagem obtida ao microscópio mostrou numerosos “corpúsculos” translúcidos. Os colaboradores externos sugeriram que tais “corpúsculos” eram (ainda) um conjunto muito numeroso de moléculas agrupadas. P2 insistiu se, com um microscópio “bem poderoso”, não seria possível ver o DNA. Respondemos que não, isto é, que o máximo que veríamos seria algumas “manchas”, mas não “a figura de livro”. Assim, parecia que P2 não fazia muita distinção entre modelos e dados da observação, e que P1 também ficara em dúvida sobre alguns aspectos dessa questão.

Em certa ocasião P1 comparou duas atividades didáticas propostas no Caderno do Aluno. A primeira consistia na observação de cristais de NaCl com o auxílio de uma lupa de mão; a segunda, na construção de um modelo do retículo cristalino do NaCl, utilizando, para isso, bolinhas de isopor e palitos. P1 então comentou que a atividade que mais ajudara os alunos a “compreenderem o assunto” foi a de construção do modelo, e não tanto a de observação dos cristais. Essas falas sugeriram que P1 percebia, acertadamente, que as atividades práticas não forneciam todos os aportes necessários à aprendizagem em ciências. No entanto, verificamos depois que essa mesma percepção foi utilizada como base para negar a possibilidade de que

os professores pudessem de alguma forma alterar a sequência tradicional em que o “ensino da teoria” sempre antecede a realização “de aulas práticas”.

Assim, numa discussão posterior (sobre objetivos das atividades práticas), P1 afirmou que preferia “primeiro explicar e depois comprovar”, já que “a maioria dos fenômenos químicos não são observáveis”, e os alunos, espontaneamente, “não chegam ao microscópico” [notar, aqui, o uso inadequado da palavra “fenômeno”, como que igualando o que é macroscópico e o que é submicroscópico]. Os colaboradores externos procuraram então indagar sobre outras possibilidades para o modo de organização das aulas, tais como usar a observação de fenômenos como ponto de partida para que os alunos ficassem “curiosos” e formulassem questões e propostas de investigações (GIL PÉREZ et al., 1999). P1, entretanto, manteve seu posicionamento sem qualquer alteração. Mais tarde os pesquisadores, conversando entre si, avaliaram que as ideias colocadas por P1 subentendiam certa preponderância da teoria sobre a prática, além de uma negação de que o ensino pudesse receber diferentes abordagens (BASTOS et al., 2004); perguntamo-nos, pois, se isso não se dava por falta de contato com outras formas de encaminhamento dos problemas propostos; desse modo, foi sugerido que, em sua continuidade, o projeto discutisse alguns exemplos não apenas do modo como a teoria pode dialogar com prática, mas também do modo como as abordagens encontradas no ensino habitual podem dar lugar a abordagens com um caráter mais investigativo (GIL PÉREZ et al., 1999).

Em ocasião subsequente P1 manifestou sua opinião de que a abordagem adotada no material didático oficial (cadernos), a respeito de “forças intermoleculares”, “mudanças de estados físicos”, “dissolução de substâncias” etc., era “abstrata” e “difícil” para os alunos. Os colaboradores externos então apontaram que nos próprios cadernos havia a indicação de um *site* da *web* no qual poderiam ser encontrados vídeos sobre os assuntos propostos. Opinamos que tais vídeos poderiam ser úteis para melhorar a aprendizagem dos alunos sobre os modelos científicos empregados. P1 disse que não percebera que havia nos cadernos essa indicação de vídeos, e quis saber mais sobre os mesmos. Um vídeo de curta duração (sobre processos submicroscópicos relacionados à dissolução de cristais de NaCl em água) estava disponível em um *notebook* que leváramos, e assim foi exibido para os presentes, a título de exemplo.

Alguns dias depois (e em continuidade à discussão anterior), P1 e um dos autores deste trabalho se reuniram para analisar e discutir os seguintes materiais audiovisuais, quanto às possibilidades de seu uso em aula: (a) simulação em vídeo que associa os diversos tipos de interação intermolecular (e depois a massa molecular) com a temperatura de ebulição da substância; (b) simulação em vídeo que aborda a formação das ligações de hidrogênio e a formação do dipolo, bem como a interação entre os dipolos; (c) simulação em vídeo que aborda a interação íon-dipolo na dissolução do cloreto de sódio em água; (d) simulação em vídeo que aborda a catálise da reação química de formação da água. Essas simulações haviam sido obtidas entre inúmeras outras que estavam disponíveis em *sites* da *web*, de modo que sua seleção precisou atentar para aspectos tais como adequação conceitual, idioma, adequação em relação à faixa etária dos alunos, potencial pedagógico etc. P1 afirmou ter gostado bastante desses vídeos, e estar pensando em usá-los em aula.

Ainda com o objetivo de criar alternativas para o problema da abordagem abstrata adotada nos cadernos de química, os colaboradores externos realizaram e discutiram, durante uma reunião do projeto, com o auxílio de P1, três atividades práticas sobre forças intermoleculares, entre elas uma atividade em que se demonstrava a diminuição do volume na mistura entre uma amostra de água e uma amostra de etanol.

Assim, nos dias seguintes, P1 planejou e realizou uma aula em que explicou o conceito de forças intermoleculares, apresentou algumas das simulações em vídeo sobre os processos

submicroscópicos envolvidos, e realizou a atividade prática de diminuição do volume na mistura entre água e álcool.

P1 relatou que ficou bastante animada com esse trabalho, pois os alunos mostraram-se interessados e pareceram ter obtido um bom aproveitamento.

P2 (biologia) também citou o caráter abstrato de algumas abordagens adotadas nos cadernos do Aluno, em especial as propostas para estudo da estrutura e funcionamento do DNA. Dialogou com os colaboradores externos e com P1 (química) sobre os desafios em questão, e nessas conversas surgiram duas ideias que despertaram seu interesse: (1) exibir para os alunos um vídeo sugerido no próprio material didático oficial, vídeo este que se utilizava de computação gráfica para mostrar imagens de entidades de dimensões sucessivamente menores (indivíduo, células, núcleo, cromossomos, DNA, nucleotídeos), bem como o processo de transcrição e tradução da informação genética; (2) solicitar aos alunos a manipulação de um *kit* de peças plásticas que permitia a construção de um modelo tridimensional da molécula de DNA.

Nos dias que se seguiram P2 ministrou aulas sobre o DNA para duas turmas do 2º Ano do Ensino Médio, e nessas aulas primeiro exibiu e explicou o vídeo sobre o DNA, e depois colocou os alunos para trabalharem com o *kit* de peças de plástico. P2 avaliou que os resultados obtidos foram bons (“bem satisfatórios mesmo”) quando as atividades realizadas foram distribuídas em duas aulas ao invés de uma, e a manipulação do *kit* foi precedida de explicação teórica.

Considerações finais

Os dados apresentados sugerem alguns pontos que merecem ser aqui sintetizados ou explicitados. Os professores participantes do projeto espontaneamente identificaram dificuldades do trabalho em aula relacionadas ao caráter abstrato de muitos conteúdos curriculares. Interessaram-se em conhecer estratégias que ajudassem a lidar com essa “falta de concretude” das explicações científicas. Sua primeira hipótese ou expectativa foi a de que tais desafios poderiam ser enfrentados incrementando-se a dimensão prática do ensino de ciências. Os próprios professores se depararam, no entanto, com algumas situações demonstrativas de que as atividades práticas não forneciam todos os aportes necessários à aprendizagem em ciências (exemplos: atividade de observação de cristais de NaCl, atividade extração do DNA vegetal). Sob tais circunstâncias foram pensadas algumas propostas para que as aulas incorporassem simulações em vídeos (sobre forças intermoleculares etc.) e o trabalho com o modelo tridimensional da molécula de DNA. Ficou claro que o processo de planejamento e realização de aulas com aquelas características era novidade para as duas professoras envolvidas, constituindo, portanto, um resultado importante do projeto. Finalmente, essas aulas pareceram ter sido importantes no sentido de gerar *feedback* para a reflexão e produção de saberes experienciais por parte das professoras (TARDIF, 2004). Assim, P1 e P2 mapearam - e “validaram pela experiência” - as inovações que procuraram implementar. Paralelamente, também os colaboradores externos puderam desenvolver conhecimentos sobre questões que lhes desafiavam. Pareceu-lhes que os professores participantes possuíam certas lacunas em suas noções epistemológicas, ao não fazerem muita distinção entre alguns modelos e os dados da observação; ou ao apoiarem, em determinados momentos, a preponderância da constatação de fatos sobre as explicações teóricas e, em outros, a ideia inversa. Dificuldades importantes também apareceram no âmbito dos “saberes profissionais” das professoras (TARDIF, 2004), quando P1 defendeu, por exemplo, “a explicação teórica sempre antecedendo a aula prática”. Tais dados funcionaram, entretanto, como elementos de

avaliação formativa, permitindo que os colaboradores externos pensassem ideias para ações subsequentes do projeto, entre elas discussões que analisassem exemplos concretos acerca de como (1) a teoria poderia dialogar com a prática em contextos de elaboração de conhecimentos científicos, e (2) as abordagens de ensino poderiam ultrapassar os esquemas tradicionais do tipo “aula prática sempre após a explicação teórica, com a finalidade de comprovar a teoria”.

Referências

- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977. 229p.
- BASTOS, F., NARDI, R., DINIZ, R. E. S., CALDEIRA, A. M. A. Da necessidade de uma pluralidade de interpretações...: revisitando os debates sobre Construtivismo. In: NARDI, R., BASTOS, F., DINIZ, R. E. S. (Org.). **Pesquisas em ensino de ciências**: contribuições para a formação de professores. São Paulo: Escrituras, 2004. p.9-55.
- BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação**: uma introdução à teoria e aos métodos. Porto: Porto Editora, 1994. 336p.
- DUIT, R. & GLYNN, S. Mental Modelling. In Welford, G.; Osborne, J.; Scott, P. (Eds) **Research in Science Education in Europe**: Current Issues and Themes. London, Falmer Press, 1996, p.166-176.
- EL-HANI, C. N.; BIZZO, N. M. V. Formas de Construtivismo: Mudança Conceitual e Construtivismo Contextual. **Ensaio**, v.4, n.1, 2002.
- GIL PÉREZ, D. et al. ¿Tiene sentido seguir distinguendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? **Enseñanza de las Ciencias**, v.17, n.2, p.311-20, 1999.
- HODSON, D. Teaching and learning chemistry in the laboratory: a critical look at the research. **Educación Química**, v.16, n.1, p.30-38, 2005.
- KNELLER, G. F. A. **A ciência como atividade humana**. Rio de Janeiro: Zahar, São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1980. 310p.
- KRASILCHIK, M. **Prática de Ensino de Biologia**. 3.ed. São Paulo: HARBRA, 1996. 267p.
- LÉVY, P. **Cibercultura**. São Paulo: Editora 34, 1999. 264p.
- MARCELO GARCÍA, C. **Formação de professores**: para uma mudança educativa. Porto: Porto Editora, 1999. 272p.
- MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. F. Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.24, n.2, p.77-86, 2002.
- MILLAR, R. Um currículo de ciências voltado para a compreensão por todos. **Ensaio**, v.5, n.2, p.73-91, 2003.
- MORTIMER, E. F. **Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2000. 383p.
- TARDIF, M. **Saberes docentes e formação profissional**. 4.ed. Petrópolis: Vozes, 2004. 325p.