

**POLÊMICAS SOBRE ABORDAGENS PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS: UMA ANÁLISE,
COM ÊNFASE NA IDÉIA DA PLURALIDADE METODOLÓGICA**

**CONTROVERSIES CONCERNING APPROACHES FOR SCIENCE EDUCATION: AN
ANALYSIS, EMPHASIZING THE IDEA OF METHODOLOGICAL PLURALITY**

Fernando Bastos¹
Roberto Nardi²

¹Departamento de Educação/Faculdade de Ciências/UNESP-Bauru, ferbastos@fc.unesp.br

²Departamento de Educação/Faculdade de Ciências/UNESP-Bauru, nardi@fc.unesp.br

RESUMO

O presente trabalho procura mostrar que as abordagens recentes para o ensino de ciências, tais como o ensino por mudança conceitual, o ensino por investigação e o ensino baseado na noção de perfil conceitual, embora representem contribuições valiosas para o debate de questões teóricas e práticas na área, devem ser analisadas e incorporadas a partir da idéia de pluralidade metodológica, tendo-se em vista que os desafios da educação são complexos e não podem ser resolvidos com base em perspectivas isoladas que excluam as demais.

Palavras-chave: Educação em ciências. Construtivismo. Mudança conceitual.

ABSTRACT

This work tries to show that recent approaches for science education, such as conceptual change, learning by research and the notion of conceptual profile, even so represent valuable contributions for the discussion about theoretical and practical questions in the area, must be considered and incorporated regarding to the idea of methodological plurality, because the challenges of the school education are complex and cannot be solved on the basis of isolated perspectives that exclude other views.

Keywords: Science education. Constructivism. Conceptual change.

INTRODUÇÃO

Cachapuz (2000), em análise relativamente recente sobre a evolução das propostas para o ensino de ciências, identificou quatro perspectivas ou abordagens que serviram como referência prática ou teórica para o ensino de ciências nos últimos trinta anos: ensino por transmissão; ensino por descoberta; ensino por mudança conceitual; e ensino por pesquisa (ou investigação).

Mortimer (1994; 2000) acrescenta também a possibilidade de um ensino de ciências baseado na noção de perfil conceitual.

As três últimas abordagens citadas (ensino por mudança conceitual, ensino por investigação e ensino baseado na noção de perfil conceitual) são propostas originárias de pesquisa acadêmica e consideram, em sua constituição, subsídios oriundos dos trabalhos de diferentes autores vinculados à psicologia da aprendizagem, à psicologia do desenvolvimento e à filosofia da ciência (Piaget, Ausubel, Thomas Kuhn, Lakatos, Bachelard, Vygotsky etc.).

O ensino por mudança conceitual foi um desdobramento do movimento das concepções alternativas (décadas de 1970 e 1980), o qual, por sua vez, se originou como uma espécie de reação ao alegado simplismo e caráter empirista de abordagens como o ensino por descoberta.

Nas décadas de 1980 e 1990, principalmente após a publicação de um artigo clássico por Posner et al. (1982), as pesquisas em ensino de ciências estiveram maciçamente voltadas para desenvolver e investigar a possibilidade de um ensino por mudança conceitual.

Entretanto, a partir da década de 1990, a idéia de mudança conceitual e as propostas educacionais resultantes passam a ser duramente criticadas (Solomon, 1994; Mortimer, 1995; Osborne, 1996; Gil Pérez et al., 1999a; Cachapuz; 2000 Matthews, 2000). Dentre as críticas então colocadas, podem ser citadas, por exemplo, aquelas que alegam que o ensino por mudança conceitual (a) está excessivamente ocupado com a aprendizagem de conceitos, ignorando outros aspectos da formação educativa; (b) trata a aprendizagem como se ela dependesse somente de fatores racionais; (c) acaba gerando baixa auto-estima entre os alunos, já que rejeita sistematicamente as concepções que estes carregam; (d) ignora que as concepções de senso comum são importantes para a orientação dos indivíduos em seu cotidiano, de modo que a tentativa de extingui-las é não apenas equivocada como também inócua.

Ainda na década de 1990 passam a ser propostos o ensino por investigação (Gil Pérez et al., 1999a; Gil Pérez et al., 1999b; Carvalho et al., 1999; Cachapuz, 2000) e o ensino baseado na noção de perfil conceitual (Mortimer, 1995; 2000). Estas duas abordagens são apresentadas em parte com o objetivo de criar caminhos que suplantem os aspectos do ensino por mudança conceitual considerados deficientes ou inadequados.

Os debates e pesquisas ocorridos ao longo de todo esse período trouxeram importantes contribuições teóricas e práticas (Bastos et al., 2004). Contudo, a avaliação e reavaliação de diferentes abordagens propostas assumiu, a nosso ver, características questionáveis, conforme explicamos a seguir.

As abordagens de ensino mais recentes têm sido freqüentemente defendidas em substituição às anteriores (o ensino por mudança conceitual vem para substituir o ensino por

descoberta; o ensino por investigação vem para substituir o ensino por mudança conceitual; a noção de perfil conceitual vem para substituir a teoria da mudança conceitual etc.).

Tal perspectiva nos parece equivocada, pelas seguintes razões:

(a) em primeiro lugar, não é possível hoje, diante de todo o conhecimento já produzido em filosofia da ciência, com os trabalhos de autores como Popper, Kuhn, Lakatos, Feyerabend, Kneller, Chalmers e outros, acreditarmos que as questões da educação em ciências possam ser resolvidas através do apelo a uma abordagem única e definitiva que constitua a verdade e dispense as demais; tem-se aqui, pois, um argumento de natureza epistemológica;

(b) em segundo lugar, as abordagens acima mencionadas não apenas compartilham semelhanças (não se relacionando, portanto, em termos de exclusão mútua), como também possuem limitações quanto às presumíveis condições para seu funcionamento (faixa etária dos alunos, tópicos de ensino a serem trabalhados, disponibilidade de atividades de laboratório etc.); assim, não resulta plausível que uma dada abordagem deva ser eleita exclusivamente em detrimento de outras.

Especificamente quanto à aversão que se criou no Brasil contra a idéia de mudança conceitual, após a proposição da noção de perfil conceitual por Mortimer (1995), é preciso cuidado para que não caiamos na contradição dos "dois pesos e duas medidas", isto é, defender que é saudável mantermos diversas concepções simultâneas para a interpretação do mundo natural, *mas negar esse mesmo princípio* quando se trata da interpretação das questões do ensino de ciências.

Este nosso posicionamento, que, em muitos aspectos, vai na mesma direção de argumentos apresentados por outros autores (cf. Duit & Treagust, 2003; Laburú et al., 2003; Laburú & Carvalho, 2001), procura assinalar que o ensino de ciências e a investigação correspondente não podem prescindir do recurso a uma pluralidade de aportes teóricos e práticos.

Como forma de detalharmos e aprofundarmos esse conjunto de idéias e argumentos, um estudo anterior foi desenvolvido (Bastos et al., 2004). Destacaremos aqui dois aspectos daquele estudo mais amplo: (1) uma discussão sobre a possibilidade de se interpretar a aprendizagem em ciências como decorrência de diversos processos solidários e/ou alternativos (de modo a manter-se um conjunto mais diversificado de ferramentas para a interpretação das questões do ensino de ciências); (2) uma discussão sobre os limites de alcance de determinadas abordagens recentes para o ensino de ciências (de modo a enfatizar a necessidade de se manter um leque de opções teóricas e práticas para o trabalho com o ensino de ciências).

Assim, o objetivo do presente trabalho é apresentar e discutir dados e argumentos que contribuam para o debate dos dois aspectos acima mencionados.

A APRENDIZAGEM EM CIÊNCIAS COMO DECORRÊNCIA DE DIVERSOS PROCESSOS SOLIDÁRIOS E/OU ALTERNATIVOS

Embora consideremos bastante razoável e bem documentada a possibilidade de formação de perfis conceituais (Mortimer, 2000), entendemos que a rejeição à idéia de mudança conceitual, surgida a partir de meados da década de 1990, precisa ser objeto de um algum tipo de revisão.

Em primeiro lugar, é fato evidente que as pessoas, ao longo da vida, podem mudar radicalmente suas idéias, valores e atitudes. Perguntamo-nos por que, então, essa opção de posicionamento diante do mundo não deveria estar acessível aos alunos que estudam ciências na escola básica.

Além disso, os indivíduos têm o direito de optarem resolutamente por uma mudança em suas concepções ou conhecimentos, se assim o desejarem (cf. Duit & Treagust, 2003, p.672 e 677).

Pode-se analisar a questão também pelo prisma das metas e finalidades da educação escolar. É plenamente justificável que o professor *tente combater e eliminar* concepções que sejam nocivas para o indivíduo e a sociedade, isto é, concepções que ponham em risco a saúde individual e coletiva, a preservação do ambiente, o desenvolvimento sustentável, a luta contra os preconceitos, a construção de uma sociedade justa e democrática etc. (Bastos et al., 2004).

Não fica claro, ainda, por que algumas das principais contribuições advindas das pesquisas e debates sobre mudança conceitual deveriam ser banidas do arsenal de recursos teóricos e práticos de que o professor dispõe para realizar seu trabalho pedagógico. Por exemplo: não há nenhuma razão pela qual não se possa, em determinados momentos de um curso de ciências, física, química, biologia etc., surpreender os alunos com observações que contradigam os conhecimentos de senso comum; da mesma forma, qualquer que seja a abordagem de ensino adotada pelo professor, não há nenhuma razão pela qual ele deva abdicar da pretensão de que os conhecimentos científicos a serem trabalhados se tornem inteligíveis, plausíveis e frutíferos para os alunos (Posner et al., 1982).

Esse conjunto de argumentos busca sustentar o posicionamento de que os debates e pesquisas sobre mudança conceitual produziram sim uma série de contribuições que são de interesse para pensarmos o ensino de ciências.

Nesse sentido, entendemos que a pesquisa em ensino de ciências e os esforços educacionais na área não devem perder de vista nem a possibilidade de mudanças de natureza conceitual, nem a idéia da formação de perfis, pois isso ajudaria a manter um conjunto mais plural de opções interpretativas que fossem úteis ao pesquisador e ao professor.

Além disso, acreditamos que os processos de aprendizagem em ciências não se esgotem no interior de um quadro dual de oposição entre mudança conceitual e formação de perfis.

De acordo com essa linha de raciocínio, é possível prever-se, por exemplo, um terceiro tipo de situação relacionado à aprendizagem em ciências, no qual os conhecimentos fomentados pela escola e construídos pelos alunos são de tal natureza que não possuem *status* de concepção (Bastos et al., 2004). Exemplificamos a seguir uma possibilidade para este caso.

Quando os alunos, ao estudar temas de história da ciência, entram em contato com teorias, hipóteses e modelos já descartados, a aprendizagem que se espera não deverá corresponder a uma mudança conceitual (os conhecimentos em questão não vieram para substituir conhecimentos anteriores). Essa aprendizagem também não deverá, por outro lado, corresponder à formação de novas zonas de perfil conceitual (os conhecimentos em questão não vieram para integrar o leque de concepções a partir das quais os alunos interpretam as estruturas e processos da natureza, mas para subsidiar uma reflexão sobre o que é a ciência, como ela opera, que relações se estabelecem entre a ciência e sociedade etc.). Assim, os conhecimentos obtidos em tal situação dizem respeito a saber o que disseram e fizeram os cientistas do passado;

ou seja, não constituem noções que o aluno deva considerar válidas e tomar como referência em algum contexto de sua vida, correspondendo, portanto, a conhecimentos sem status de concepção. Uma forma de resumir esse argumento seria a seguinte: posso ter noções sobre as idéias de Aristóteles, mas não emprego tais noções como elementos norteadores de meus pensamentos, ações ou visão de mundo.

Considerando-se a possibilidade acima descrita, chega-se a pelos menos três processos diferentes que interfeririam na aprendizagem em ciências: mudança conceitual, formação de perfis conceituais e construção de conhecimentos sem *status* de concepção.

Tais reflexões nos levaram a perguntar de que maneira pessoas concretas enxergam suas próprias experiências de aprendizagem.

Um dos aspectos que nos interessou foi saber se uma mesma pessoa identifica ou não situações em que considera ter sofrido mudança conceitual e, adicionalmente, situações em que considera ter formado perfis conceituais.

Assim, realizamos em 2002 um levantamento empírico sobre o tema (Bastos et al., 2004).

Nesse levantamento foram consultados 27 professores de escola, os quais trabalhavam com as disciplinas de ciências, física, biologia e matemática. Esses professores - que já possuíam uma noção a respeito de quais são as características de um processo de mudança conceitual e de um processo de construção de uma nova zona de perfil conceitual, uma vez que haviam estudado artigos da literatura especializada sobre construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências (Posner et al., 1982; Solomon, 1994; Mortimer, 1995) - foram solicitados a responder, individualmente e por escrito, às seguintes questões:

- 1- Relatar um exemplo de situação em que você sofreu mudança conceitual.
- 2- Relatar um exemplo de situação em que você construiu uma concepção nova que passou a coexistir com a velha.

Solicitou-se também que os professores consultados se reportassem, se possível, apenas a situações de aprendizagem relacionadas a conteúdos do ensino escolar de ciências.

Parte dos resultados obtidos é apresentada a seguir.

Exemplos de ocorrência de mudança conceitual (a concepção inicial e a concepção que a substituiu estão descritas em seqüência, segundo o relato dos professores consultados):

- Ciência conduz a conhecimentos que são verdades absolutas e imutáveis. Ciência conduz a conhecimentos que não são verdades absolutas e imutáveis
- O Sol gira em torno da Terra. Não é o Sol que gira em torno da Terra, é a Terra que gira em torno de seu próprio eixo.
- Vivemos no interior do planeta Terra. Vivemos na superfície do planeta Terra.
- Planetas são sólidos. A maior parte do volume de um planeta pode ser constituída por gases.
- A cor de um objeto é uma propriedade intrínseca a ele. A cor de um objeto é resultado de fenômenos de absorção, transmissão e reflexão de diferentes comprimentos de onda da luz visível.
- Peso e massa são a mesma coisa. Distinção entre peso e massa.
- Massa de um corpo influencia em seu tempo de queda. Massa não influencia.

- Criacionismo / fixismo. Teoria da evolução.
- Evolução do seres vivos é pré-determinada. Evolução do seres vivos não é pré-determinada.
- Evolução envolve modificação nos indivíduos. Evolução envolve modificação nas populações.
- Evolução é progresso, melhoria. Evolução é mudança.
- As plantas se alimentam de terra. A nutrição das plantas se dá principalmente através do consumo de substâncias produzidas através do processo da fotossíntese.
- Moscas, besouros, libélulas e outros insetos crescem (há exemplares de vários tamanhos). Moscas, besouros, libélulas e outros insetos não crescem, pois representam a fase adulta do ciclo de vida.
- Explicar bem é suficiente para que o aluno aprenda. Sem o interesse do aluno não há método didático capaz de ensiná-lo.
- Para uma boa aprendizagem é suficiente que o professor explique a matéria com clareza e o aluno esteja interessado em aprender. Mesmo que o prof. explique a matéria com clareza e o aluno esteja interessado em aprender, ocorrem problemas de comunicação.

Exemplos de formação de perfil conceitual (estão descritas em seqüência duas concepções discrepantes que, segundo os professores consultados, coexistem em seu repertório de saberes):

- Tempo e espaço são absolutos. Tempo e espaço são relativos.
- Luz pode ser entendida como onda. Luz pode ser entendida como partícula.
- Vestimentas “são quentes”. Vestimentas são isolantes térmicos.
- A sensação de frio ocorre quando entramos em contato com a substância frio (substância que se desloca, por exemplo, da geladeira para o nosso corpo). A sensação de frio ocorre quando há intensa condução de calor do nosso corpo para o meio externo, gerando redução da temperatura de nossa pele.
- Uma constelação é um conjunto de estrelas que estão próximas. As estrelas de uma constelação podem estar extremamente distantes umas das outras, dado que o universo é tridimensional.
- Matéria é contínua. Matéria é descontínua (formada por partículas).
- Processo de evolução dos seres vivos ocorre ao acaso. Processo de evolução dos seres vivos é controlado por Deus.
- Teoria da evolução. Criacionismo / fixismo.
- A medicina tradicional (baseada na ciência ocidental) é o melhor recurso de que dispomos para curar nossas doenças. A medicina alternativa (baseada em outras formas de ver o mundo que não a ciência ocidental) é que realmente pode resolver os problemas de saúde das pessoas.
- Saúde é a pessoa estar fisicamente bem (mesmo que ela, por exemplo, esteja desempregada e passando por dificuldades financeiras). Saúde é o (completo) bem físico, mental e social.
- Planeta Terra corresponde a um imenso ser vivo (Hipótese Gaia). Os seres vivos somos nós, os animais, as plantas etc., e não o Planeta Terra.
- Ciência descobre a verdade. Ciência não descobre a verdade.
- Crença na possibilidade de transmissão de conhecimentos do professor para o aluno. Descrença na possibilidade de transmissão de conhecimentos.

Ao se cruzarem esses dados, verificou-se que 63% dos professores consultados consideraram ter vivenciado tanto experiências de mudança conceitual quanto experiências de formação de perfil.

Uma das pessoas consultadas apresentou-nos o seguinte depoimento:

Uma vez eu construí uma estufa de tela verde para plantas. A questão da absorção e reflexão de diferentes comprimentos de onda foi um caso de mudança conceitual. Um objeto azul, antes eu pensava que ele era azul e não que ele refletia o comprimento de onda referente ao azul.

Segundo essa pessoa, a mudança relatada foi um acontecimento que ela considerou positivo (a nova concepção permitiu evitar soluções práticas inadequadas, tais como construir uma estufa para plantas com tela verde, cor esta que corresponde justamente a comprimentos de onda que as plantas não conseguirão aproveitar na fotossíntese).

De um modo geral, o tom dos diversos depoimentos que mencionaram mudança conceitual foi similar, no sentido de que não transparece, nesses depoimentos, nenhum saudosismo em relação a concepções anteriores. Ao contrário, há às vezes um leve e tácito orgulho pela evolução registrada (aprendizagem de - e conversão para - uma concepção mais adequada do ponto de vista científico).

É preciso lembrar, porém, que a amostra consultada era composta quase que exclusivamente por físicos, biólogos e matemáticos, o que impõe salientar dois aspectos: (a) esses físicos, biólogos e matemáticos podem apresentar concepções de ciência que de alguma forma os influenciaram a valorizar os conhecimentos científicos como superiores a outras formas de conhecimento; (b) por outro lado, o alto índice escolarização das pessoas consultadas pode ter sido um fator que influenciou o abandono de concepções alternativas e a ocorrência de mudança conceitual, pois se supõe que, dadas as experiências de aprendizagem acumuladas em uma mesma direção, um cientista profissional, comparativamente a uma pessoa leiga, apresenta maior probabilidade de ter abandonado concepções alternativas em temas com os quais está familiarizado.

Finalmente, consideramos importante mencionar aqui relatos sugestivos de que a formação de perfil conceitual pode ter sido uma etapa intermediária de um processo que, mais adiante, resultou em mudança conceitual:

Apesar de já ter estudado no Ensino Fundamental e no Ensino Médio sobre a fotossíntese, quando um professor perguntou, na Faculdade, de onde as plantas retiravam seu alimento, a primeira resposta que me veio à cabeça foi: “do solo”. Sorte que não respondi em voz alta. A partir do momento que percebi que tinha um conceito errado, aconteceu a mudança conceitual.

Notar, nesse exemplo, os seguintes aspectos: (a) a professora, conforme ela própria explicou, já havia estudado que a planta se alimenta de substâncias produzidas através da fotossíntese, mas, durante algum tempo, oscilou entre duas explicações (ora a planta se alimenta de “solo”, e ora planta se alimenta através da fotossíntese); mais tarde, porém, ela fez uma opção definitiva pela explicação relacionada à fotossíntese; (b) o fator ‘pressão social’ (real ou potencial) parece ter sido extremamente importante para que a professora se dispusesse a optar por uma das concepções e descartasse a outra (ela temia que sua resposta fosse objeto de censura ou ridicularização por parte dos colegas ou mesmo do professor, conforme sinaliza com a frase “Sorte que não respondi em voz alta”).

Um dos professores assim se manifesta:

Eu tinha, até certa idade, o entendimento [...] de que o movimento de astros como o Sol se fazia em torno da Terra [...] aceitava o que os professores diziam, mas isso em sala de aula [...].

Após alguma resistência abandonei o Geocentrismo [...].
[...] houve a mudança desse conceito.

Também nesse caso, o depoimento apresentado é sugestivo de que a formação de perfil foi uma etapa intermediária de um processo que resultou, mais adiante, em mudança conceitual.

Os dados aqui apresentados estão de acordo com uma visão mais plural dos processos de ensino e aprendizagem (ver, por exemplo, Duit & Treagust, 2003), e recomendam cautela em relação a posicionamentos que consideram a mudança conceitual um fenômeno inexistente, tais como afirmar que “não há meios para se extinguir as noções cotidianas” (Solomon, 1983, citada por Mortimer, 2000, p.65).

ABORDAGENS RECENTES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS: ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE OS LIMITES DE SEU ALCANCE

Conforme ressaltado anteriormente, determinadas abordagens recentes para o ensino de ciências (ensino por mudança conceitual, ensino por investigação e ensino baseado na noção de perfil conceitual) têm sido vistas, muitas vezes, como inovações que permitem descartar as abordagens predecessoras e/ou antagonistas.

É evidente que todas essas propostas representam contribuições significativas para o debate e a pesquisa, entretanto não consideramos que elas possuam um alcance ilimitado que as transformem em panacéias, de modo a tornar desnecessárias outras possibilidades de quadros interpretativos.

Há ainda algum paralelismo entre o que se propõe no âmbito de cada um dos três tipos de abordagem (ensino por mudança conceitual, ensino por pesquisa e ensino baseado na noção de perfil conceitual), paralelismo este que pode ser assim descrito:

- (a) princípios estruturantes fortemente influenciados pelas idéias de autores que têm sido de alguma forma vinculados a concepções construtivistas do processo de construção de conhecimentos (Piaget, Ausubel, Thomas Kuhn, Lakatos, Bachelard etc.);
- (b) valorização de estratégias de ensino que procuram reproduzir processos (de discussão ou busca de conhecimentos) que são característicos da atividade científica;
- (c) consideração das concepções dos alunos e dos obstáculos epistemológicos que dificultam a construção de concepções válidas do ponto de vista científico;
- (d) participação ativa dos alunos;
- (e) recurso a dados de natureza observacional como elementos de apoio para o debate de idéias;
- (f) julgamento comparativo de concepções ou hipóteses em termos de explicarem *satisfatoriamente ou não* a realidade observável - ou de responderem *satisfatoriamente ou não* às perguntas de investigação formuladas etc.

Dadas as similaridades referidas, é interessante pensarmos até que ponto faz sentido considerarmos uma abordagem ou outra como uma inovação que decreta a obsolescência de suas ‘antagonistas’. Na verdade não há, em muitos aspectos, o referido antagonismo, e melhor faríamos se tentássemos focalizar *as contribuições que cada abordagem*, dentro de suas particularidades, pode oferecer para os debates sobre ensino de ciências, ou *que elementos de cada abordagem* representam avanços que devem ser incorporados.

Notar além disso que o que fizemos aqui foi meramente tentar traçar paralelos entre as diferentes abordagens, a fim de um propor um ângulo de discussão; *não estamos afirmando de forma alguma que as três propostas sejam iguais*, nem, por exemplo, que o ensino de raciocínios e procedimentos que são típicos da atividade científica seja dispensável ou equivocado.

Prossigamos porém com nossa análise, agora de forma a tentar identificar algumas limitações das abordagens referidas, não para negá-las, conforme já foi dito, mas apenas para reforçar a idéia da necessidade de um pluralismo de interpretações.

Crianças que ainda não atingiram o estágio piagetiano das operações formais apresentarão, presumivelmente, enormes dificuldades em estar estudando o mundo natural de acordo com uma abordagem *estritamente ‘científica’* (isto é, de acordo com uma abordagem que requeira formulação de modelos e hipóteses sofisticados, planejamento e execução de situações de coleta de dados que permitam o teste de hipóteses, consideração de modelos hipotéticos alternativos cuja validade é avaliada em termos de sua coerência com os dados empíricos etc.).

Assim, organizar o ensino em torno da discussão de modelos hipotéticos que coexistem (Mortimer, 2000), ou em torno da discussão de concepções que devem ser aceitas ou rejeitadas sob bases racionais (Posner et al., 1982), *torna-se temerário* nos casos em que os alunos são muito jovens (por exemplo, alunos de sete a dez anos de idade).

Também o ensino por pesquisa pode sofrer restrições dessa ordem (embora em escala menor, dada a sua flexibilidade quanto à incorporação de diferentes modalidades de pesquisa), pois as investigações passíveis de serem idealizadas e conduzidas por crianças pequenas são de natureza muito mais simples do que aquelas que constituem o protótipo descrito em Gil Pérez et al. (1999a) e Gil Pérez et al. (1999b).

Em síntese, é difícil propor que uma determinada abordagem de ensino seja igualmente apropriada para crianças e jovens *de todas as faixas etárias*.

Além disso, o ensino de ciências abrange conteúdos com características extremamente diversificadas, o que impede que uma mesma abordagem seja a mais efetiva para tudo o que se pretende ensinar.

Pode-se perguntar, por exemplo, se é adequado adotar uma abordagem investigativa *em todo e qualquer conteúdo*. Determinadas temáticas de ensino, tais como o movimento dos corpos (cf. Gil Pérez et al., 1999b), são mais acessíveis a uma investigação clássica envolvendo a formulação de hipóteses e a experimentação, enquanto outras temáticas, tais como a genética mendeliana, não. Além disso, investigações podem consumir mais tempo do que o esperado, e fazer com que o professor perca o controle acerca dos assuntos que precisa ensinar.

Dependendo do conteúdo a ser trabalhado, atividades práticas factíveis e que contribuam para a aprendizagem são escassas ou mesmo inexistentes. Isso pode ocorrer sempre

que o professor precisa descrever estruturas e processos que não são observáveis, ou explicar modelos e teorias que são produto de formalização sofisticada. Evolução dos seres vivos, respiração celular, genética clássica, engenharia genética, decaimento radioativo, distribuição de elétrons no átomo, dualidade onda-partícula etc. são exemplos de alguns conteúdos cujo estudo prático é de execução difícil ou impossível, por razões tais como as seguintes: (a) as atividades correspondentes requereriam laboratórios sofisticados; (b) as atividades correspondentes requereriam um tempo de que não se dispõe; (c) as observações necessárias colocariam os alunos em risco; (d) as evidências que sustentam a teoria são escassas ou pouco acessíveis; (b) a realidade observável só apóia a teoria se o aluno pressupor a existência de estruturas e processos adicionais que ele não vê etc.

Esse tipo de situações requer que as abordagens de ensino aqui mencionadas sejam adaptadas ou substituídas por outras, quando for o caso de estarem na estreita dependência de atividades práticas para gerar conflito cognitivo, investigar problemas, fomentar a proposição de explicações teóricas etc.

Ainda no que tange à diversidade dos conteúdos que caracterizam o ensino de ciências, é importante lembrarmos aqui as seguintes possibilidades: (a) a não-existência de concepções prévias entre os alunos e (b) a possibilidade de o professor trabalhar conteúdos diferentes com objetivos diferentes, o que, em tese, afetará a metodologia de ensino.

Embora esteja evidente que os alunos possuem concepções prévias sobre inúmeros assuntos que são tratados nas aulas de ciências, há também o caso contrário, isto é, a ausência de concepções a respeito de um dado aspecto do mundo natural. Por exemplo: os alunos sabem que necessitamos de energia, e que essa energia vem dos alimentos, mas, antes de serem ensinados, não têm qualquer idéia a respeito de o que acontece com o alimento no interior da célula (Bastos, 1991). É como se o organismo humano fosse uma espécie de ‘caixa-preta’ em relação à qual ele conhece apenas o *input* (ingestão de alimentos) e o *output* (ter energia para correr, brincar estudar etc.).

Quando não há concepções prévias, não faz sentido, por exemplo, um ensino que objetive mudança conceitual.

Além disso, a ausência de concepções pode de algum modo dificultar as atividades em que os alunos são solicitados a propor hipóteses e modelos.

Um exemplo das dificuldades que a tarefa de proposição de hipóteses e modelos suscita é o que relatamos a seguir. Observamos recentemente um episódio em que um professor de física em formação manifestou-se ‘chocado’ ao constatar que seus alunos de ensino médio não haviam conseguido inferir, a partir da observação do disco de Newton, que a cor branca era uma ‘mistura de todas as outras cores’. Entretanto, se considerarmos que, no caso em análise, assim como em vários outros casos similares, os conhecimentos científicos ensinados na escola não foram produzidos senão após os séculos e séculos necessários ao advento da ciência moderna, não é de se espantar que os alunos tenham falhado em propor a explicação esperada.

Outro aspecto importante dessa discussão sobre a diversidade dos conteúdos que caracterizam o ensino de ciências é a possibilidade de o professor trabalhar conteúdos diferentes *com objetivos diferentes*.

Ao ensinar evolução dos seres vivos ou evolução humana, não parece adequado o professor pautar-se pelo objetivo de produzir mudanças conceituais em seus alunos.

Entretanto, conforme já foi esboçado anteriormente, há muitos casos em que a existência de concepções alternativas pode ser nociva para o indivíduo e para a comunidade, resultando em danos à saúde, danos ao ambiente, desrespeito às diferentes etnias, gêneros, grupos sociais etc., atitudes contrárias à liberdade e à democracia etc.

Em casos com estes, é possível ou ético o professor *manter-se neutro*, isto é, ensinar sem tentar promover mudança?

Gimeno Sacristán & Pérez Gómez colocam de modo veemente a necessidade de que a escola questione concepções acríticas que foram formadas nos alunos por meio de processos de inculcação - ou seja, é tarefa da escola ajudar os alunos a reconstruir concepções, procedimentos e atitudes:

[...] É ingênuo esperar que as organizações políticas, sindicais ou religiosas, ou o âmbito da empresa, mercado e propaganda estejam interessados em oferecer ao futuro cidadão/dã as chaves significativas para um debate aberto e racional, que permita opções relativamente autônomas sobre qualquer aspecto da vida econômica, política ou social. Seus interesses, mais ou menos legítimos, orientam-se em outras direções mais próximas da inculcação, persuasão ou sedução do indivíduo a qualquer preço do que da reflexão racional e da comparação crítica de pareceres e propostas. Somente a escola pode cumprir essa função. [...] [A escola] deve oferecer o conhecimento público [filosofia, história, física, biologia etc.] como ferramenta inestimável de análise para facilitar que cada aluno/a questione, compare e reconstrua suas concepções vulgares, seus interesses e atitudes condicionados, assim como as pautas de conduta [...] [Gimeno Sacristán & Pérez Gómez, 1998, p.25].

Em síntese, é importante que as críticas ao ensino por mudança conceitual não dêem lugar a uma visão relativista segundo a qual o professor não deva tentar questionar as concepções que ele, a partir de uma posição humanista e democrática, considera nocivas para o indivíduo, para a sociedade e para o exercício da cidadania.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os argumentos e dados aqui apresentados, em conjunto com outras reflexões (Bastos et al., 2004), fazem-nos supor que os debates e pesquisas sobre ensino de ciências, bem como a prática educativa correspondente, não podem prescindir do recurso a uma pluralidade de abordagens e propostas, pois os objetivos, conteúdos e condições de atuação que emergem das situações de implementação do ensino escolar de ciências são diversificados, exigindo que o pesquisador e o professor tenham à sua disposição um leque flexível de alternativas para o equacionamento de questões teóricas e práticas.

Especificamente quanto aos aspectos aqui considerados, a necessidade de uma pluralidade de interpretações em relação às questões teóricas e práticas fica evidente quando se verificam as diferentes possibilidades para a aprendizagem em ciências (mudança conceitual, formação de perfis conceituais, construção de conhecimentos sem *status* de concepção etc.) e, por outro lado, os limites de alcance das diferentes abordagens de ensino propostas nos últimos anos (ensino por mudança conceitual, ensino baseado na noção de perfil conceitual, ensino por pesquisa etc.).

Tendo em vista tais desafios, é nossa opinião que devemos nos esforçar para identificar as contribuições relevantes que a pesquisa em ensino de ciências vêm produzindo a partir de diferentes enfoques e evitar que o apego a essa ou aquela tendência, perspectiva ou abordagem nos imponha limitações de pensamento e ação. Em uma palavra, o que nos parece relevante e necessário é aceitar e fomentar a pluralidade das interpretações que se mostrem sérias e bem concebidas.

REFERÊNCIAS

- Bastos, F., Nardi, R., Diniz, R. E. S., Caldeira, A. M. A. Da necessidade de uma pluralidade de interpretações acerca do processo de ensino e aprendizagem de Ciências: 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.
- Bastos, F. O conceito de célula viva entre os estudantes de segundo grau. São Paulo, 1991. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo.
- Cachapuz, A. F. (Org.). Perspectivas de ensino. 1.ed. Porto: Centro de Estudos de Educação em Ciência, 2000.
- Carvalho, A. M. P. et al. Termodinâmica: um ensino por investigação. São Paulo: FEUSP, 1999.
- Duit, R., Treagust, D. F. Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, v.25, n.3, p.671-688, 2003.
- Gil Pérez, D. et al. ¿Puede hablarse de consenso constructivista en la educación científica? *Enseñanza de las Ciencias*, v.17, n.3, p.503-12, 1999a.
- Gil Pérez, D. et al. ¿Tiene sentido seguir distinguiendo 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, 1999b.
- Gimeno Sacristán, J., Pérez Gómez, A. I. Compreender e transformar o ensino. 4.ed. Porto Alegre: ArtMed, 1998.
- Laburú, C. E., Carvalho, M. Controvérsias construtivistas e pluralismo metodológico no ensino de ciências naturais. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v.1, n.1, p.57-67, 2001.
- Laburú, C. E., Arruda, S. M., Nardi, R. Pluralismo metodológico no ensino de ciências. *Ciência & Educação*, v.9, n.2, p.247-260, 2003.
- Matthews, M. Construtivismo e o ensino de ciências: uma avaliação. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.17, n.3, p.270-94, 2000.
- Mortimer, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? In: *Escola de Verão para Professores de Prática de Ensino de Física, Química e Biologia*, 3, 1994, Serra Negra. Coletânea. São Paulo: FEUSP, 1995. p.56-74.
- Mortimer, E. F. Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2000.
- Osborne, J. F. Beyond constructivism. *Science Education*, v.80, n.1, p. 53-82, 1996.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P.W., Gertzog, W. A. Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*, v.66, p.211-27, 1982.

Solomon, J. The rise and fall of constructivism. *Studies in Science Education*, v.23, p.1-19, 1994.