



Da necessidade de uma pluralidade de interpretações acerca do processo de ensino e aprendizagem em Ciências

revisitando os debates sobre Construtivismo

Fernando Bastos^{1,2}

Roberto Nardi^{1,2}

Renato Eugênio da Silva Diniz^{1,3}

Ana Maria de Andrade Caldeira^{1,2}

Introdução

As pesquisas sobre concepções alternativas e mudança conceitual nas décadas de 1970 e 1980

Pesquisas realizadas na década de 1970 mostraram que (a) as crianças possuem concepções "sobre uma variedade de tópicos em ciência, desde uma idade precoce e antes da aprendizagem formal da ciência"; (b) as concepções "das crianças são frequentemente diferentes das concepções dos cientistas"; e (c) as concepções "das crianças podem não ser influenciadas pelo ensino de ciências, ou ser influenciadas de maneira imprevista" (Osborne & Wittrock, 1985, p.59).

Além disso, dados obtidos em diferentes países e por meio de diferentes "metodologias de investigação" foram similares, o que conduziu à hipótese de que a existência de determinados tipos de idéias entre as crianças é um fenômeno amplamente disseminado (Idem, p.60).

¹Grupo de Pesquisa em Ensino de Ciências. Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência. Faculdade de Ciências. Universidade Estadual Paulista (UNESP). Bauri, SP, Brazil.

²Departamento de Educação. Faculdade de Ciências. Universidade Estadual Paulista (UNESP). Bauri, SP, Brazil.

³Departamento de Educação. Instituto de Biociências. Universidade Estadual Paulista (UNESP). Botucatu, SP, Brazil.

Tais resultados evidenciaram que o ensino escolar estava falhando em "desenvolver nas crianças conceitos que fossem: ao mesmo tempo aceitáveis e úteis para elas e solidamente fundamentados ... [numa] cultura científica" (Idem, *ibid.*)

Além disso, duas importantes suposições tornaram-se possíveis: (d) os alunos, a partir de suas experiências com objetos, eventos, pessoas, informações da mídia etc., constroem por si mesmos uma variedade de idéias e explicações acerca das coisas da natureza; (e) as idéias e explicações construídas pelos alunos podem ser consideravelmente resistentes à mudança e funcionar como *importantes obstáculos à aprendizagem escolar*.

Os dados de pesquisa produzidos nesse período e em etapas subsequentes permitiram um amplo mapeamento das idéias dos alunos em relação a inúmeros temas. Idéias dos alunos que não coincidiam com o saber científico foram denominadas concepções, conceitos ou idéias alternativas, ingênuas, intuitivas, espontâneas ou de senso comum.

Na década de 1980, a preocupação em relação ao fenômeno das concepções alternativas deu origem a debates e pesquisas que visavam estabelecer de que forma essas concepções poderiam ser eliminadas ou transformadas, dando lugar a concepções que fossem coerentes com os conhecimentos científicos atuais. Surgiram então diversos trabalhos que tinham como finalidade discutir os processos mentais que conduzem à *mudança conceitual* e identificar as condições objetivas (contextos de ensino e aprendizagem) que estimulam o indivíduo a voluntariamente substituir suas concepções alternativas por concepções mais adequadas do ponto de vista científico (cf., por exemplo, Posner et al., 1982; Hewson & Thorley, 1989; Pintrich et al., 1993; Vosniadou, 1994; Venville & Treagust, 1998).⁴

Esses debates foram influenciados por conhecimentos provenientes de diversas fontes, entre elas a *filosofia da ciência* (Bastos, 1998, p.10-1). Assim, nesse período, uma das idéias que se fortaleceu e ganhou adeptos no interior da comunidade de pesquisadores foi aquela que havia sido defendida por Posner (1982), segundo a qual a mudança conceitual nos indivíduos se assemelharia à mudança de paradigma na ciência, proposta por Kuhn (1962).

⁴Os dois últimos trabalhos são os seguintes:

VOSNIADOU, S. Capturing and modelling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, v.4, p.45-69, 1994 *apud Dut & Treagust*, 2003.

VENVILLE, G. J., TREAGUST, D. F. Exploring conceptual change in genetics using a multidimensional interpretive framework. *Journal of Research in Science Teaching*, v.35, p. 1031-1055, 1998 *apud Dut & Treagust*, 2003.

Entender a mudança conceitual como mudança de paradigma teve uma série de implicações importantes. O estudante, para transitar de um conjunto de noções para outro (por exemplo, para movimentar-se de uma física espontânea para uma física mais próxima da física newtoniana), precisaria operar em si mesmo uma autêntica 'revolução científica'. Além disso, ficava claro que a mudança conceitual poderia requerer que as concepções dos alunos fossem expostas a contra-exemplos, pois, na análise realizada por Kuhn, as *anomalias* (observações que contradiziam o paradigma vigente) eram fatores importantes que impulsionavam a mudança de paradigma.

De acordo com Hewson & Thorley, a mudança conceitual é um processo em que a concepção alternativa do aluno perde status e a concepção científica apreendida pelo professor ganha status. As concepções que o aluno tende a conservar são aquelas que ele considera *inteligíveis*, plausíveis e *frutíferas*. A tarefa do professor é pois fazer com que o aluno passe a ver as concepções científicas como inteligíveis e ao mesmo tempo mais plausíveis e frutíferas que as concepções alternativas. Para que isto ocorra, no entanto, o professor precisará criar situações em que as concepções atuais do aluno se tornem pouco plausíveis e pouco frutíferas (cf. Hewson & Thorley, 1989, p.542). Neste sentido, Posner et al. (1982, p.225) sugerem que o professor procure desenvolver "exposições, demonstrações, problemas e exercícios de laboratório que possam ser usados para criar *conflito cognitivo* nos estudantes" (grifo nosso). Esse conflito seria um importante estímulo à mudança conceitual, e se estabeleceria no momento em que o aluno percebesse que suas previsões não se concretizaram, suas propostas de solução não funcionaram, suas idéias são incoerentes com a realidade observada etc.

O "consenso emergente" em torno de idéias construtivistas

As pesquisas sobre concepções dos alunos e mudança conceitual foram influenciadas em maior ou menor grau por trabalhos de autores como, por exemplo, Piaget, Ausubel, Kuhn e Lakatos. Nesse sentido, esteve presente em tais pesquisas, de forma implícita ou explícita, a idéia de que os conhecimentos (cotidianos, científicos ou de outra natureza) correspondem a *construções* da mente humana e não a descrições objetivas da realidade concreta.

Em Ausubel, o caráter 'construtivo' do processo de aprendizagem aparece, por exemplo, na proposição de que a interação entre um conteúdo a (externo à mente do aprendiz) e um conceito subsunção A (disponível na mente do aprendiz)

resultará na modificação de ambos (A'a') e, posteriormente, na produção de um conceito A' que não é nem A, conforme a seguinte representação esquemática (cf. Ausubel et al., 1980):

$$A \rightarrow A'a' \rightarrow A'$$

Na verdade, a idéia de que os conhecimentos pessoais de um indivíduo correspondem a construções intelectuais está ligada à idéia mais ampla de que a aprendizagem com compreensão caracteriza-se por um processo que envolve *interação* entre elementos internos e externos à mente do aprendiz. Assim, o conhecimento seria construído pelo indivíduo "conforme ele ou ela interage com o ambiente e tenta compreendê-lo" (Osborne & Wittrock, 1985, p.61, procurando traduzir o posicionamento de Piaget em relação a essa questão).

A influência de análises desse tipo fez com que, no âmbito da educação em ciências, as propostas de ensino derivadas das pesquisas sobre concepções dos alunos e mudança conceitual fossem reunidas sob o rótulo geral de "*construtivismo*".

O impacto dos estudos e pesquisas que propunham um ensino por mudança conceitual foi tão grande que, durante a década de 1980, mudança conceitual "tornou-se sinônimo de 'aprender ciências'" (Mortimer, 1995, p.57; Duit & Treagust, 2003, p.673). Além disso, estabeleceu-se gradativamente, nesse período (décadas de 1970 e 1980), aquilo que Novak (1988) designou "um consenso emergente" em torno de idéias construtivistas.

Entre as idéias centrais que, a nosso ver, caracterizam uma visão "construtivista" (isto é, *interacionista*) do processo de aprendizagem, podem ser mencionadas as seguintes:

- o indivíduo não é uma folha em branco, mas um ser dotado de inteligência, a qual se apóia em elementos mentais que se constituem gradativamente (esquemas de assimilação, noções, explicações, estruturas etc) (cf. Piaget, 1969);
- os elementos mentais mencionados acima podem ser divididos em duas categorias - aqueles que representam o conteúdo (p. e, concepções, 'conhecimentos prévios', valores etc.) e aqueles que representam a forma (funções psíquicas);
- a aprendizagem é um processo que pressupõe atividade mental (Osborne & Wittrock, 1985);
- a ação (de natureza intelectual, no caso) "supõe sempre um interesse

que a desencanação", como uma "pergunta" ou "problema" (Piaget, 1969, p.14);

- as informações provenientes do meio físico e social são constituídas por imagens, sons, sensações táteis etc.; elas não possuem, portanto, significado intrínseco (Osborne & Wittrock, 1985, p.65); ao contrário, é o indivíduo que ativamente atribui significado a essas informações³; os significados que são atribuídos à informação externa dependem dos conteúdos e habilidades disponíveis na mente do indivíduo; assim, indivíduos diferentes geram diferentes construções mentais a partir de um mesmo conjunto de informações; no âmbito da teoria de Piaget, isso corresponde a assimilar "o mundo exterior às estruturas [mentais] já construídas" (Piaget, 1969, p.17);

- fenômenos como os descritos no item anterior dão origem, na escola, ao "erro" ou às distorções de aprendizagem (De La Taille, 1997; Osborne & Wittrock, 1985, p.69; Morin, 2000, p.20; Bastos et al., 2001);

- os significados que o indivíduo constrói evoluem gradativamente com o tempo; isto é, há o reajuste ou transformação das "estruturas já construídas", acomodando-as aos "objetos externos", o que permite o desenvolvimento intelectual e o "equilíbrio psíquico" (Piaget, 1969, p.17); processos dessa natureza abrem a possibilidade de superação das distorções de aprendizagem referidas no item anterior, oportunizando que professor e alunos compartilhem significados em um grau satisfatório; de fato, a aprendizagem, o desenvolvimento e a socialização não progredem sem um diálogo entre o indivíduo e a realidade que lhe é externa;

- uma vez que as possibilidades de assimilação, acomodação e correção de "erros" se ampliam somente de modo gradativo, a aprendizagem de conteúdos complexos (como aqueles que são próprios das diferentes disciplinas escolares) requer um processo mais ou menos longo caracterizado por etapas sucessivas de construção e reconstrução de significados.

Tal descrição das idéias centrais que compõem uma concepção interacionista faz supor que a aprendizagem escolar não pode ser reduzida a uma mera *transfêrência de conhecimentos do professor para o aluno*, pelas seguintes razões, entre outras: as

³ Note-se que o termo *construtivismo* está relacionado justamente à idéia de que a aprendizagem significativa envolve o estabelecimento de significados e relações que não estavam previamente disponíveis nem nas informações recebidas nem na mente do aprendiz, representando, portanto, elementos novos que o próprio aprendiz constrói (cria) na tentativa de interpretar e escolher modos de diante da sua experiência cotidiana.

explicações que um professor é capaz de disponibilizar a seus alunos não correspondem senão a meros *fragmentos* do vasto conjunto de experiências de aprendizagem e conhecimentos que conduziram o professor a seu saber e concepções atuais; além disso, a fala do professor deverá ser decodificada pelos alunos, num processo que é de natureza interpretativa, trazendo em si, como elemento constitutivo, o "erro".

Durante o período mencionado acima (décadas de 1970 e 1980), a incorporação de abordagens interacionistas contribuiu para importantes avanços nos debates e pesquisas sobre ensino de ciências (cf. Duit & Treagust, 2003; Laburú et al., 2003), fornecendo bases para o questionamento de interpretações simplistas que estavam amplamente disseminadas (ensino como transmissão de informações; aprendizagem como absorção passiva de informações que eram, em seguida, gravadas na mente do aprendiz; aluno como ser sem atividade própria e de mente vazia, cuja virtude principal é a atenção e o silêncio; avaliação como verificação da capacidade do aluno em *reproduzir* definições, descrições, classificações, enunciados, algoritmos etc.).

Críticas às propostas construtivistas

Nos últimos anos, porém, vários trabalhos têm sido publicados com o intuito de analisar criticamente as propostas construtivistas para o ensino de ciências (ver, p. ex., Laburú & Carvalho, 2001; Mortimer, 2000; Matthews, 2000; Cachapuz, 2000; Osborne, 1996; Mortimer, 1995; Solomon, 1994; Suchting, 1992).⁶ Os títulos de alguns desses trabalhos (p. ex., *The rise and fall of constructivism*, *Constructivism deconstructed*, *Beyond constructivism*) sugerem que as abordagens construtivistas perderam sua validade ou estão superadas.

Mortimer (2000) argumenta que as estratégias de ensino voltadas para a mudança conceitual são pouco efetivas e que os indivíduos não abandonam concepções anteriores quando constroem concepções novas. Nesse sentido, ele sugere que a evolução conceitual nos indivíduos seja entendida como modificação de *perfis conceituais*. Um perfil conceitual é um conjunto heterogêneo que reúne simultaneamente diferentes versões para um mesmo conceito.

Solomon (1994, p.11 e 16), apoiando-se em autores como Bourdieu, afirma que sistemas de conhecimento com epistemologias diferentes (p. ex., saber cotidiano

⁶SUCHTING, W. A. *Constructivism deconstructed*. Science & Education, v.1, n.3, p. 223-54, 1992. Citado por Gil Pérez et al., 1999a, p.506.

e ciência) precisam coexistir na mente dos indivíduos, e que o professor, ao tentar produzir mudanças conceituais, pode estar forçando a "submissão em relação a novas formas de pensamento e novos conceitos". Ela afirma também que o "construtivismo" não explica de modo adequado a aprendizagem de conteúdos totalmente novos para o indivíduo.

Para Cachapuz (2000, p.41), o ensino por mudança conceitual enfatiza excessivamente a aprendizagem de conceitos científicos, desvalorizando "finalidades educacionais e culturalmente relevantes".

Moreira & Greca (2003, p.305-6) assinalam que, do ponto de vista da teoria ausubeliana, significados internalizados "significativamente" não substituem os conceitos subsunções existentes, mas são incorporados a eles, modificando-os.

Alguns autores destacam também o caráter *fatalista* e *permissivo* das abordagens construtivistas, cujo resultado final é admitir que "o conhecimento não pode ser transmitido" (Matthews, 2000, p.276) e, desse modo, o aprendiz "deve alcançar o conhecimento de maneira independente, chegando à conclusão sempre e exclusivamente por si próprio" (Laburú & Carvalho, 2001, p.61).

Argumenta-se ainda que o ensino por mudança conceitual desconsidera o papel que os fatores afetivos desempenham na aprendizagem e, por recorrer repetidamente a estratégias de conflito cognitivo, tende a gerar insegurança, inibição e rejeição entre os alunos (Mortimer, 2000, p.54; Gil Pérez et al., 1999a).

Por um novo balanço dos debates sobre construtivismo e ensino de Ciências

Na década de 1990, o surgimento de trabalhos que colocavam objeções ao "construtivismo" causou, tanto no Brasil como no exterior, um enorme desconforto no interior da comunidade de pesquisadores em ensino de ciências, pois grande parte das investigações em andamento ou recém-concluídas apoiava-se explicitamente em abordagens construtivistas.

Hoje, passados quase dez anos, é possível fazer um novo balanço desses debates - e é *justamente essa* a nossa intenção ao escrever o presente artigo.

Em primeiro lugar, está evidente para nós a necessidade de um "pluralismo" de alternativas para se pensar o ensino e a aprendizagem em ciências, tal como colocam

Laburú et al. (2003), Duit & Treagust (2003) e Laburú & Carvalho (2001). Os processos e contextos que caracterizam o ensino de ciências são complexos, e qualquer modelo interpretativo ou norteador da ação que *exclua outras alternativas plausíveis* é necessariamente empobrecedor da realidade (ver, por exemplo, Laburú et al., 2003, p.256-7; Osborne & Wittrock, 1985, p.66).⁷ Infelizmente, porém, esse princípio tão simples nem sempre é observado pelos pesquisadores da área, e gasta-se um tempo enorme exaltando um dado modelo em detrimento de outro, como se fosse possível estabelecer explicações únicas que contemplassem todas as situações e para sempre; em consequência disso, impera a lógica da exclusão: o ensino por *mudança conceitual* vem para suplantá-lo e substituí-lo o ensino por *descoberta*, o ensino por *pesquisa* vem para suplantá-lo e substituí-lo o ensino por *mudança conceitual*, a noção de perfil conceitual (Mortimer, 2000) vem para suplantá-lo e substituí-lo a teoria da mudança conceitual (Posner et al., 1982) etc.

Fiorato (2003) constatou também o seguinte paradoxo: defende-se o pluralismo em alguns casos e, em outros, não. Assim, afirma-se (a) que a educação escolar conduz o indivíduo a uma diversidade de concepções, diversidade esta que é benéfica, e (b) que tanto os conhecimentos clássicos quanto os conhecimentos produzidos mais recentemente têm igual uso em ciência e tecnologia, *mas o mesmo raciocínio não é aplicado quando se trata de discutir modelos de ensino e aprendizagem*, na medida em que se descarta sumariamente aquilo que foi proposto em momentos anteriores.

Em síntese, consideramos importante que os debates e pesquisas ocorridos nas décadas de 1980 e 1990 sejam reavaliados sob a *ótica do pluralismo*, isto é, *evitando tanto glorificar como demonizar* objetos de discussão tais como "construtivismo", ensino por mudança conceitual, estratégias visando conflito cognitivo, teoria da mudança conceitual, ensino por pesquisa, noção de perfil conceitual etc. Nesse sentido, o presente artigo procura levantar e discutir as seguintes questões:

- É plausível supormos que a aprendizagem de conhecimentos científicos esteja predominantemente relacionada a um único processo mental

⁷No presente artigo, propomos como o ensino por *mudança conceitual*, o ensino por *pesquisa* ou as análises *construtivistas* do processo de aprendizagem foram coletivamente referidos como "modelos" (de ensino ou de aprendizagem). Tal designação, embora possa ser considerada falha, – se admitirmos que um modelo de ensino ou aprendizagem deva contemplar a totalidade dos aspectos relevantes do fenômeno, evitando privilegiar, por exemplo, os aspectos cognitivos em detrimento dos afetivos – foi assim mesmo utilizada, com o intuito de garantir maior fluência ao texto, e também pela dificuldade de se encontrar um termo genérico mais adequado. As designações aqui utilizadas (ensino por *descoberta*, ensino por *mudança conceitual* etc.) são aquelas que foram propostas por Cachapuz (2000).

específico, tal como mudança conceitual ou formação de perfil conceitual?

- É possível ou ético o professor manter-se neutro (ensinar sem tentar promover mudança) nos casos em que a existência de concepções alternativas pode ser nociva para o indivíduo e para a comunidade?
- Diante das críticas existentes ao ensino por mudança conceitual, que lugar passam a ocupar as estratégias visando conflito cognitivo? Elas perdem a sua pertinência educacional?
- As diversas críticas a uma abordagem denominada 'construtivismo' afetam consideravelmente a idéia de que os processos de aprendizagem no indivíduo envolvem a construção progressiva de significados? Inviabilizam o uso dessa idéia como referência para a discussão do ensino no escolar de ciências e outras disciplinas?
- Caso se aceite a validade de uma visão segundo a qual os processos de aprendizagem no indivíduo envolvem a construção progressiva de significados (e leve-se em consideração as críticas recentes ao "construtivismo"), que consequências isso tem para pensarmos o ensino no escolar de ciências?

Tendo em vista questões como essas, organizamos a discussão aqui apresentada em cinco seções, a saber:

- *Uso de um rótulo coloca joio e trigo em um mesmo saco*

Nesta seção procuramos mostrar que o termo 'construtivismo' possui significado indefinido, o que contribui para fazer com que as críticas ao "construtivismo" (ensino por mudança conceitual) sejam confundidas com críticas a outros trabalhos e propostas que também têm sido abridos sob o rótulo do "construtivismo".

- *A noção de perfil conceitual*

Nesta seção descrevemos brevemente o modelo interpretativo proposto por Mortimer (2000), a fim de destacarmos algumas de suas características principais, as quais são consideradas em discussões subsequentes.

- Por uma visão mais plural dos processos de aprendizagem

Nesta seção argumenta-se que os processos mentais relacionados à aprendizagem podem seguir por caminhos diversos (mudança conceitual, formação de perfis conceituais, construção de conhecimentos sem status de concepção, ocorrência simultânea ou combinada de dois ou mais processos etc.).

- O fenômeno da distorção

Nesta seção procuramos mostrar que, quaisquer que sejam os processos mentais que predominem durante a aprendizagem (mudança conceitual, formação de perfis conceituais, construção de conhecimentos sem status de concepção etc.), esses processos são afetados pelo fenômeno da distorção (interpretação distorcida de enunciados científicos), e isso tem importantes consequências para se pensar o ensino escolar de ciências.

- Modelos recentes para o ensino de ciências: características comuns e alcance

Nesta seção procura-se mostrar que os modelos recentes para o ensino de ciências partilham similaridades entre si, e não podem ser entendidos como panacéias aplicáveis a toda e qualquer situação de ensino e aprendizagem. Como consequência, reforçamos aqui, novamente, a necessidade de uma pluralidade de possibilidades de interpretação no âmbito tanto das discussões teóricas como da realização prática.

Desenvolvidas as análises propostas nas seções especificadas acima, apresentamos algumas "considerações finais", nas quais realizamos uma recapitulação sintética das principais idéias que procuramos colocar e defender.

Cabe ressaltar finalmente que o presente artigo, em consonância com as características das propostas que analisa (ensino por mudança conceitual, ensino baseado na noção de perfil conceitual etc.), desenvolve uma discussão que se refere principalmente a aspectos cognitivos do processo de ensino e aprendizagem de ciências, isto é, aborda em primeiro plano a problemática da construção ou evolução das concepções dos alunos sobre as coisas da natureza, e não outros aspectos relacionados

e igualmente importantes (aspectos afetivos ou motivacionais, interação professor-aluno e aluno-aluno, contexto institucional, contexto extra-escolar etc.).

Discussão

Uso de um rótulo coloca joio e trigo em um mesmo saco.

Segundo Matthews (2000, p.275), existem "três principais tradições construtivistas: o construtivismo educacional, o construtivismo filosófico e o construtivismo sociológico".

O construtivismo educacional divide-se em construtivismo pessoal e construtivismo sociocultural. O construtivismo pessoal tem suas origens em Piaget, e atualmente é mais claramente professado por Ernst von Glasersfeld. O construtivismo social tem suas origens em Lev Vygotsky [...]. O construtivismo filosófico tem suas origens imediatas no trabalho de Thomas Kuhn [...]. O construtivismo sociológico é identificado com o "Programa Forte" de Edimburgo [...]. Nessa tradição [construtivismo sociológico], o desenvolvimento da ciência e as mudanças em suas teorias e compromissos filosóficos são interpretados em termos das mudanças das condições e interesses sociais. (Matthews, 2000, p.275)

O desenvolvimento progressivo dessas vertentes teóricas tem dado lugar ao surgimento de uma *multiplicidade de linhas e tendências* nos estudos sobre educação científica. Assim, pesquisas recentes vêm buscando subsídios não apenas nos trabalhos de Piaget, Vygotsky e Thomas Kuhn, mas também nos trabalhos de vários outros autores cujas idéias têm sido de algum modo vinculadas ao rótulo "construtivismo" (por exemplo, Kelly, Ausubel, Paulo Freire, Lakatos, Fejerabend etc.). De acordo com Matthews, pode-se encontrar na literatura especializada, por exemplo, a menção de pelo menos vinte e três "variantes" do "construtivismo educacional" (Matthews, 2000, p.276).

Hoje, portanto, o termo 'construtivismo' tornou-se "um rótulo a cobrir um grande número de visões diferentes" (cf. Mortimer, 2000, p.37). O resultado disso é que o uso isolado do termo "construtivismo" *mais confunde do que esclarece* (cabe até mesmo perguntar se não seria melhor que esse termo fosse banido dos debates sobre educação). Por exemplo: podemos afirmar, em uma discussão sobre ensino escolar, que o 'construtivismo' é uma abordagem insatisfatória ou equivocada – no entanto,

o que iso quer dizer, exatamente? Que discordamos das idéias de Piaget – em que aspectos? Que discordamos das idéias de Vygotsky, Ausubel, Paulo Freire ou outros autores – em que aspectos? Que não concordamos com um dado modelo de aprendizagem – que modelo? Que estamos descontentes com um determinado 'método' de ensino – que método? Que consideramos inadequadas as abordagens de ensino que objetivam a mudança conceitual? Que não concordamos com as afirmações da filosofia da ciência contemporânea – que afirmações? Que não concordamos com uma visão permissiva do processo de ensino (aluno aprenderá sozinho)? Que não concordamos com uma visão dogmática do processo de ensino (aluno deverá obrigatoriamente substituir suas concepções pessoais por concepções científicas)?

Em trabalhos como os de Matthews (2000), Gil Pérez et al. (1999a), Mortimer (1995) e Solomon (1994), o principal objeto de análise crítica é um dado modelo de ensino, o ensino por mudança conceitual, e não uma abordagem interacionista do processo de aprendizagem, por exemplo. Não obstante, o uso do rótulo "construtivismo" em vários desses debates faz com que uma crítica ao 'construtivismo' (isto é, ao ensino por mudança conceitual) se confunda com uma crítica a outras idéias e teorias que também têm sido abrigadas sob o rótulo do 'construtivismo' (p. ex., a teoria piagetiana, a teoria vygotskyana, a constatação da impossibilidade da transmissão de conhecimentos, a idéia de que o ensino escolar deva levar em conta as concepções alternativas dos alunos e sua influência sobre a aprendizagem etc.), o que não reflete exatamente o que vem ocorrendo.

Na verdade, as objeções ao ensino por mudança conceitual, sejam elas procedentes ou não, geralmente não dizem respeito a princípios básicos de uma visão construtivista do processo de aprendizagem, tais como interação entre elementos internos e externos à mente do aprendiz, estreita relação entre atividade mental, construção de significados e aprendizagem significativa, influência dos conhecimentos prévios e demais elementos mentais sobre a seleção, interpretação e processamento de informações externas etc.

Além disso, a idéia de que os conhecimentos (cotidianos, científicos, filosóficos etc.) representam construções, produções ou elaborações da mente humana (e não cópias da realidade) *não tem como consequência necessária um ensino por mudança conceitual*, o que significa que, a rigor, o questionamento do ensino por mudança conceitual não pode causar danos a uma visão construtivista do processo de construção de conhecimentos na ciência ou no indivíduo.

Finalmente, a idéia referida no parágrafo anterior (de que os conhecimentos humanos representam construções) está firmemente estabelecida em filosofia e

psicologia, sendo este o *locus* das discussões que poderiam questioná-la, e não o terreno mais restrito dos debates acerca do ensino por mudança conceitual.

Outro aspecto interessante de ser ressaltado aqui é o de que os modelos e propostas que são resultantes de uma reavaliação do 'construtivismo' – a saber, o ensino por pesquisa (ver, por exemplo, Cachapuz, 2000; Gil Pérez et al., 1999a; Gil Pérez et al., 1999b) e um ensino baseado na noção de perfil conceitual (Mortimer, 2000) – apoiam-se também, eles próprios, em bases fornecidas pelo 'construtivismo' (estudos recentes em filosofia da ciência, obra de Piaget, obra de Vygotsky etc.).

Em síntese, há uma confusão significativa associada ao rótulo "construtivismo", *confusão esta que precisa ser evitada*, a fim de que o "joio" e o "trigo" não sejam colocados "em um mesmo saco", e idéias presumivelmente valiosas para as discussões sobre ensino de ciências não sejam descartadas pela simples razão de terem sido vinculadas a outras idéias através de um rótulo comum (no caso, o rótulo "construtivismo").

Mais especificamente, é preciso evitar confusões entre um modelo de ensino em particular que tem sido objeto de crítica – o ensino por mudança conceitual – e as abordagens interacionistas ou construtivistas em geral.

A noção de perfil conceitual

Conforme ressaltamos inicialmente, o ensino escolar de ciências envolve processos e contextos que não nos parecem confináveis a um modelo único que exclua os demais. Assim, julgamos importante que se mantenha um "pluralismo" no que diz respeito à interpretação dos diversos eventos relacionados ao ensino e à aprendizagem.

O trabalho de Mortimer (2000) procura fornecer exemplos de situações em que os alunos, ao invés de terem sofrido mudanças conceituais, adquiriram concepções novas que *passaram a coexistir com as anteriores*. Esse tipo de descrição contribui, sem dúvida, para um pluralismo de interpretações. No entanto, o modelo que é defendido pelo autor está sendo proposto *em substituição ao anterior*, inviabilizando, assim, uma abordagem mais plural.

Mortimer (2000) mostra-se descrente em relação à idéia de que a aprendizagem escolar de ciências possa ser explicada em termos de mudanças conceituais como as foram propostas por Posner et al. (1982). Ele argumenta, ao contrário, que

o indivíduo, conforme vai entrando em contato com as explicações científicas sobre o mundo natural, forma em sua mente aquilo que ele denomina "perfil conceitual", ou seja, um conjunto de duas ou mais versões para um mesmo conceito, conjunto este que comporta simultaneamente as concepções cotidianas e as científicas, mesmo que tais concepções sejam incompatíveis entre si.⁹ Exemplos dessa situação seriam os seguintes:

na ciência como um todo [...] temos muitos exemplos de aplicações de conceitos já tidos como ultrapassados, mas que são úteis em determinados contextos. Um químico que possui sólida cultura quântica (aceitando portanto o átomo formado por inúmeras partículas sub-atômicas) não precisa abandonar totalmente a sua visão daltoniana do átomo, enquanto indestrutível e indivisível. Afinal, os átomos assim permanecem nos processos químicos e para lidar com a estequiometria de equações não é necessário mais do que essa visão simplificada do átomo daltoniano.

[...]

O trabalho de Galili & Bar (1992), por exemplo, mostra que os mesmos estudantes que tiveram um bom desempenho em problemas familiares sobre força e movimento reverteram a um raciocínio pré-newtoniano de 'movimento requer força' em questões não-familiares. Os autores concluem que 'essa regressão a visões ingênuas pelos mesmos sujeitos é uma evidência a mais de que o processo de substituição de crenças ingênuas por novos conhecimentos adquiridos nas aulas de Física é complicado e muitas vezes inconsistente' [...]

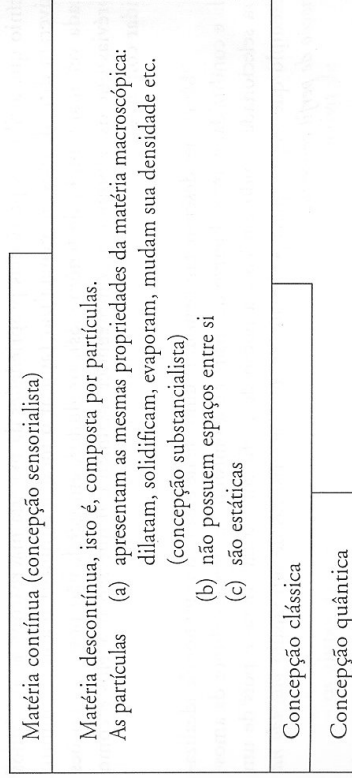
De maneira semelhante, Scott (1987), ao estudar o desenvolvimento de idéias sobre a matéria entre alunos da escola secundária, conclui que 'mudança conceitual' não parece o título apropriado para o que se observa no processo. 'No lugar de mudança conceitual parece haver um desenvolvimento paralelo de idéias sobre partículas e das idéias já existentes (...) O desenvolvimento paralelo de idéias resulta em explicações alternativas que podem ser empregados no momento e situação apropriadas.

⁹Como o próprio autor explica (Mortimer, 2000, p.72-3), a noção de perfil conceitual foi inspirada na noção de "perfil epistemológico" apresentada por Bachelard (BACHELARD, G. Os Pensadores. A Filosofia do Não. São Paulo: Abril Cultural, 1984, p.1-87).

Não há mudança conceitual do tipo referido por Posner et al. (1982) como uma acomodação" [...].¹⁰

O foco específico do trabalho de Mortimer, naquele momento, era o ensino do atomismo clássico, e por isso ele propôs um perfil conceitual "de átomo e estados físicos da matéria" (Mortimer, 2000, p.127-42). Esse perfil, representado a seguir na Figura 1, foi estabelecido considerando-se (a) pesquisas anteriores sobre concepções dos alunos, tais como a de Stavy (1988) e Driver (1985); (b) conhecimentos sobre a evolução histórica do atomismo; e, finalmente, (c) os resultados do acompanhamento sistemático de uma turma de alunos do Ensino Fundamental (8ª série), à qual foi ministrada uma unidade de ensino sobre atomismo clássico.¹¹

Figura 1 – Perfil conceitual referente a átomo e estados físicos da matéria (representação esquemática elaborada com base em Mortimer, 2000, p.127-42)



¹⁰Mortimer, 2000, p.64-6. Os artigos mencionados são os seguintes:

GALLI, I., BAR, V. Motion implies force: where to expect vestiges of misconceptions? International Journal of Science Education, v.14, p. 63-81, 1992.

SCOTT, P. The process of conceptual change in science: A case study of the development of a secondary pupil's ideas relating to matter. In: NOVIK, J. D. (Ed.). The Proceedings of The Second International Seminar: Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics. Ithaca (NY): Cornell University, 1987. v.2, p. 404-19.

¹¹Mortimer, 2000, p.127-42. Os artigos mencionados são os seguintes:

STAVY, R. Children's conceptions of gas. International Journal of Science Education, v.10, n.5, p.530-60, 1988.
DRIVER, R. Beyond appearance: the conservation of matter under physical and chemical transformations. In: DRIVER, R., GUESNE, E., TIBBERGHEN, A. (Eds.). Children's ideas in science. Milton Keynes: Open University Press, 1985.

Esse perfil procura identificar as diferentes concepções que podem existir na mente de um indivíduo, simultaneamente ou não, em relação ao tema considerado.

Os alunos consultados por Mortimer exibiram perfis variados, isto é, perfis que incluíam concepções sensorialistas, concepções substancialistas, concepções mistas (visão sensorialista combinada com visão substancialista), concepções representativas de um atomismo rudimentar, alternância de concepções conforme a situação etc.

Uma das preocupações de Mortimer foi identificar aspectos do perfil conceitual de átomo e estados físicos da matéria que constituíssem obstáculos previsíveis ou reais ao ensino escolar dos temas em questão. Entre os aspectos que parecem constituir obstáculos ao ensino podem ser destacados os seguintes: muitos alunos manifestaram um "horror ao vazio" (resistência em aceitar a idéia de que podem existir espaços vazios entre as partículas); vários alunos tinham dificuldade em abandonar um raciocínio de caráter substancialista (isto é, um raciocínio que atribui às partículas propriedades da matéria macroscópica); os alunos tiveram dificuldades em generalizar (aplicar o modelo atomístico a um conjunto cada vez mais amplo de fenômenos); os alunos, em geral, não possuem noções prévias que os habilitem a compreender facilmente o que são modelos e como lidar com estes.

Mortimer descreve também uma unidade de ensino que foi por ele idealizada e conduzida, com o objetivo de ensinar o atomismo clássico aos alunos da amostra selecionada, tendo em vista a noção de perfil conceitual. Trata-se pois de um exemplo que sugere quais poderiam ser as características de um ensino *baseado na noção de perfil conceitual*.

Antes de se iniciar o processo de ensino foi realizado um "pré-teste". Durante esse pré-teste foram propostos aos alunos problemas que "envolviam um fenômeno no qual o material estivesse sofrendo alguma transformação":

a compressão do ar numa seringa tampada; a dilatação da amostra de ar em um tubo de ensaio com um pequeno balão de látex na boca; o vácuo em um frasco quitazato, através do uso de uma seringa grande conectada a esse frasco; e o espalhamento do cheiro do gás de cozinha vazando de um botijão. Os três primeiros fenômenos foram manipulados pelos alunos em sala de aula, e o último, apenas imaginado.

Foram selecionados ainda, dois outros fenômenos envolvendo líquidos e sólidos: a dilatação, sob a ação do calor da mão, da coluna de mercúrio de um termômetro; e a fusão e vaporização de uma bolinha de naftalina, submetida ao aquecimento em um tubo de ensaio. (Mortimer, 2000, p.184-5)

Para cada um dos fenômenos apresentados, foi solicitado aos alunos que "descrevessem o que havia sido observado e, a seguir, que desenhassem um modelo para o material em questão, antes e depois da transformação". Perguntava-se também "sobre a massa e sobre a densidade do sistema antes e depois" (Idem, p.188).

O processo de ensino propriamente dito foi iniciado com uma atividade de classificação dos materiais como "sólidos, líquidos ou gasosos" (Idem, p.180).

Em seguida, os quatro primeiros fenômenos focalizados no pré-teste (compressão do ar, dilatação do ar, formação do vácuo no frasco quitazato e espalhamento do gás de cozinha) foram considerados um a um, através de ciclos de debates que exibiam o seguinte formato geral:

- o professor selecionava quatro ou cinco modelos entre aqueles que os alunos haviam proposto, no pré-teste, para explicar o fenômeno em questão (por exemplo, a compressão do ar numa seringa tampada);
- o professor apresentava para a turma os quatro ou cinco modelos que selecionara e, com a participação de todos, identificava as características de cada modelo (essa etapa foi logo suprimida, pois os modelos propostos para diferentes fenômenos eram similares);
- os alunos faziam uma discussão em sub-grupos com o objetivo de escolher o modelo que melhor explicava o fenômeno em questão;
- por fim, era realizada uma discussão com a turma toda "para a escolha do melhor modelo" (Idem, p.180-1).

Numa etapa subsequente, com o objetivo de fazer com que os alunos se familiarizassem cada vez mais com o modelo atomístico e sua aplicação a uma ampla gama de fenômenos, foram realizadas as seguintes atividades, quase sempre estruturadas "segundo o mesmo padrão básico de discussões em grupo, seguidas por discussão com a classe toda":

- (a) Recapitulação e generalização "das características de um modelo para gases" [grifo nosso];

(b) Recapitulação e generalização "do modelo atomístico para *sólidos, líquidos e gases*" [grifo nosso];

(c) Generalização do modelo atomístico "a novos fenômenos" (dissolução em água do permanganato de potássio, do sal de cozinha e do açúcar);

(d) Diferentes "concepções de sólidos, líquidos e gases";

(e) Leitura de texto "que recapitula os principais aspectos do conjunto completo de lições" (Idem, p.180-2).

Dado o presumível estágio de conhecimento e desenvolvimento em que os alunos se encontravam, não houve, naquele momento, a tentativa de se ensinar uma segunda possibilidade de modelo científico válido, isto é, um modelo baseado em uma concepção quântica de átomo (quarta e última zona do perfil apresentado na Figura 1).

Notar que a programação de ensino proposta, valendo-se da explicitação e debate dos modelos explicativos selecionados, procurou fazer com que os alunos:

- percebessem que existem quatro ou cinco diferentes modelos que as pessoas utilizam para explicar as propriedades físicas dos materiais;
- soubessem descrever as características principais desses modelos;
- reconhecessem, entre os referidos modelos, qual deles possui validade científica;
- tomassem consciência a respeito de seu próprio perfil conceitual no que diz respeito a átomo e estados físicos da matéria;
- aprendessem a aplicar, conforme a necessidade, o modelo que é considerado válido do ponto de vista científico, isto é, o modelo cinético de partículas;
- superassem "obstáculos epistemológicos" tais como dificuldade em reconhecer similaridades entre fenômenos aparentemente diversos, dificuldade em lidar com modelos, dificuldade em generalizar etc. (Idem, p.176-80).

Por uma visão mais plural dos processos de aprendizagem

Em nossa opinião, a noção de perfil conceitual, tal como descrita por Mortimer, traz as seguintes contribuições importantes, entre outras: (a) destaca uma outra possibilidade para o modo como os indivíduos lidam com novas informações e idéias, além daquela que se relaciona à mudança conceitual; (b) alerta para o fato de que as pessoas leigas, em comparação com os cientistas, estão menos preocupadas em tentar solucionar inconsistências em seus próprios conhecimentos, e que tal aspecto precisa ser considerado ao se propor e conduzir programações de ensino; (c) é particularmente apropriada para se discutir situações de ensino em que existam diferentes formas de interpretação da realidade que está sendo estudada, todas elas, de alguma forma, úteis para que os alunos orientem seu pensamento e ações.

Note-se porém que a possibilidade da coexistência de saberes discrepantes na mente dos indivíduos não deve servir como argumento para negar o fato evidente de que as pessoas, ao longo da vida, podem mudar radicalmente suas idéias, valores e atitudes, em consequência de resolutas opções voluntárias e/ou transformações de natureza ontológica e epistemológica (Duit & Treagust, 2003, p.672 e 677).

Com base em tal constatação, pareceu-nos interessante verificar de que maneira pessoas concretas enxergam suas próprias experiências de aprendizagem, isto é, se elas identificam ou não situações em que consideram ter sofrido mudança conceitual, abandonando concepções anteriores.

Assim, realizamos em 2002 um levantamento empírico sobre o tema.

Nesse levantamento foram consultados 27 professores de escola, os quais, em sua maioria, 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.

Uma vez redigidas as respostas, cada professor participante descreveu brevemente, para os colegas e para um dos autores, os exemplos que relatara.

Os resultados obtidos são apresentados a seguir, em dois quadros, o primeiro referente a exemplos de mudança conceitual (quadro 1), e o segundo, referente a exemplos de formação de perfis (quadro 2).

Os quadros 1 e 2 mostram que os professores consultados mencionaram 23 exemplos de situações em que afirmaram ter sofrido mudança conceitual e 15 exemplos de situações em que afirmaram ter construído uma concepção nova que passou a coexistir com a concepção velha.

Quadro 1

Exemplos de ocorrência de mudança conceitual			
Número de professores consultados: 27			
Concepção anterior	Concepção atual	Nº de identificação dos professores que mencionaram o exemplo	% dos professores que mencionaram o exemplo
Ciência conduz a conhecimentos que são verdades absolutas e imutáveis	Ciência conduz a conhecimentos que não são verdades absolutas e imutáveis	4,12,13,14,15	18%
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	5, 23	7%
Vivemos no interior do planeta Terra	Vivemos na superfície do planeta Terra	3	4%

continuação Quadro 1

Concepção anterior	Concepção atual	Nº de identificação dos professores que mencionaram o exemplo	% dos professores que mencionaram o exemplo
Planetas são sólidos	A maior parte do volume de um planeta pode ser constituída por gases	6	
A escuridão do céu noturno é devida à rotação da Terra em torno de seu próprio eixo, que faz com que uma face do planeta fique sempre em oposição ao Sol	A rotação da Terra em torno de seu próprio eixo não explica a escuridão do céu noturno (o céu noturno deveria ser claro, dada a incontestável quantidade de estrelas)	18	
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	15	
Peso e massa são a mesma coisa	Distinção entre peso e massa	7, 8, 19	11%
Massa de um corpo influencia em seu tempo de queda	Massa não influencia	26	4%
Tempo e espaço são absolutos	Tempo e espaço são relativos	9	
Um movimento acelerado possui sempre aceleração positiva (a aceleração negativa é característica do movimento retardado)	Um movimento acelerado pode sim apresentar aceleração negativa, se o móvel em questão estiver se deslocando em sentido contrário à escala de espaço	19	

continuação Quadro 1

Concepção anterior	Concepção atual	Nº de identificação dos professores que mencionaram o exemplo	% dos professores que mencionaram o exemplo
Concepção alternativa acerca de calor e temperatura (não especificou)	Concepção científica acerca de calor e temperatura (não especificou)	25	
Criacionismo/fixismo	Tória da evolução	17	
Evolução do seres vivos é pré-determinada	Evolução do seres vivos não é pré-determinada	4	
Evolução envolve modificação nos indivíduos	Evolução envolve modificação nas populações	16	
Evolução é progresso, melhoria	Evolução é mudança	20	
As plantas se alimentam de terra	A nutrição das plantas se dá principalmente através do consumo de substâncias produzidas através do processo da fotossíntese	24	
A espécie humana é a única espécie viva dotada de inteligência	Há várias espécies animais que manifestam comportamento inteligente, capacidade de aprendizagem, capacidade de comunicação por meio de símbolos etc.	22	4%
Na espécie humana, o período fértil da fêmea coincide com o período menstrual	Na espécie humana, o período fértil da fêmea coincide com o período menstrual	10	

continuação Quadro 1

Concepção anterior	Concepção atual	Nº de identificação dos professores que mencionaram o exemplo	% dos professores que mencionaram o exemplo
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	27	
Explicar bem é suficiente para que o aluno aprenda	Sem o interesse do aluno não há método didático capaz de ensiná-lo	26	4%
Para uma boa aprendizagem é suficiente que o professor explique a matéria com clareza e o aluno esteja interessado em aprender	Mesmo que o professor explique a matéria com clareza e o aluno esteja interessado em aprender, ocorrem distorções de aprendizagem (enunciados científicos possuindo significados diferentes para professor e alunos)	13	
Construtivismo é um método de ensino (método baseado no espontaneísmo - a criança aprende por si mesma)	Construtivismo não é método de ensino, e não se caracteriza por uma visão espontaneísta	11	
Aceitar uma concepção diferente das atuais requer mudança conceitual	Aceitar uma concepção diferente das atuais pode tanto resultar em mudança conceitual como resultar em formação de perfil	1	
(Citou exemplo que não corresponde a uma mudança conceitual)	- - -	2	4%
(Resposta confusa)	- - -	21	4%

Quadro 2

Exemplos de formação de perfil conceitual

Número de professores consultados: 27

Concepções que coexistem	Nº de identificação dos professores que mencionaram o exemplo	% dos professores que mencionaram o exemplo
Tempo e espaço são absolutos. Tempo e espaço são relativos.	4, 26, 27	11%
Luz pode ser entendida como onda. Luz pode ser entendida como partícula.	5, 25	7%
Vestimentas "são quentes". Vestimentas são isolantes térmicos.	17, 22	7%
A sensação de frio ocorre quando entramos em contato com a substância fria (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.	21, 27	7%
Uma constelação é um conjunto de estrelas que estão próximas. As estrelas de uma mesma constelação podem estar extremamente distantes umas das outras, dado que o universo é tridimensional.	18	4%
Expansão do Universo ocorre no interior de um espaço pré-existente. Expansão do Universo cria seu próprio espaço, não necessitando de espaço externo pré-existente.	9	7%
Matéria é contínua. Matéria é descontínua (formada por partículas).	24	4%
O processo de evolução dos seres vivos ocorre ao acaso. O processo de evolução dos seres vivos é controlado por Deus.	16, 27	

continuação Quadro 2

Concepções que coexistem	Nº de identificação dos professores que mencionaram o exemplo	% dos professores que mencionaram o exemplo
Teoria da evolução. Criacionismo/fixismo.	13	
Células são os "tijolos" (unidades estruturais) que compõem o nosso organismo. Células são unidades funcionais.	12	
A medicina tradicional (baseada na ciência ocidental) tem seus méritos. No entanto, a medicina alternativa (baseada em outras formas de ver o mundo que não a ciência ocidental) também funciona.	15	
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.	20	
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.	6	
Ciência descobre a verdade. Ciência não descobre a verdade.	27	
Grênça na possibilidade de transmissão de conhecimentos do professor para o aluno. Descrênça na possibilidade de transmissão de conhecimentos. (Essa dualidade conduz a uma ambigüidade no que se refere aos métodos de ensino que são empregados)	14	
(Citou exemplo que não corresponde à formação de um perfil conceitual)	1, 3, 8, 10, 19, 23	22%
(Afirmou não se lembrar de um exemplo)	2, 11	7%
(Resposta confusa)	7	4%

Ao cruzarmos esses dados, verifica-se que 63% dos professores consultados consideram ter vivenciado tanto experiências de mudança conceitual quanto experiências de formação de perfil.

Em outras palavras, os resultados obtidos estão de acordo com uma hipótese formulada anteriormente (Bastos et al., 2001), segundo a qual podem ocorrer, em um mesmo indivíduo submetido à escolarização, tanto processos de mudança como processos de formação de perfis.

A professora 15 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 a professora 15, a mudança pela qual ela afirmou ter passado foi um acontecimento que ela considerou positivo (a nova concepção por ela adquirida 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 ao da professora 15, 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 supõe-se 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. (Professora 24)

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").

O professor 5 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 menos restritiva 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).

Destaqueamos, portanto, algumas conclusões parciais que podem ser levantadas a essa altura da discussão:

(a) *Parce evidente que as pessoas podem formar perfis conceituais:*

Há questões que empurram as pessoas para dilemas de difícil solução, incentivando a multiplicidade de concepções:

A ciência descobre ou não a verdade? O processo de evolução dos seres vivos ocorre ao acaso ou é controlado por Deus? O Universo é finito ou infinito? Ele teve um início? Até que ponto a consciência humana, a inteligência, as emoções etc. podem ser explicadas com base em processos de natureza neurofisiológica? Hoje, após a proposição de vários modelos e a realização de inúmeras investigações experimentais, é possível sabermos com certeza o que é o átomo e como ele determina os fenômenos mais corriqueiros de nosso cotidiano? As doenças se curam com a medicina científica e tecnológica do mundo ocidental ou com práticas alternativas de cunho filosófico, espiritual ou religioso? etc.

Há ainda os casos em que um mesmo indivíduo percebe duas diferentes concepções como sendo igualmente úteis, não fazendo sentido optar por uma ou por outra. Exemplos:

- A luz pode ser entendida como onda ou partícula.
- O movimento pode ser interpretado tanto de acordo com a visão da física clássica como de acordo com visões provenientes da física moderna/ contemporânea.
- Os organismos vivos podem ser agrupados segundo critérios evolutivos ou segundo o papel que desempenham nos ecossistemas.
- As doenças que afetam a espécie humana podem ser estudadas e enfrentadas a partir de uma ênfase em aspectos diversos - por exemplo, aspectos biológicos, aspectos psicológicos, aspectos sociais, aspectos epidemiológicos etc.¹²

Uma terceira situação que pode ser citada é aquela que se refere a crenças que são essenciais para o indivíduo biológico ou social.

Posner et al. (1982) analisaram uma experiência pedagógica em que se procurou ensinar a teoria da relatividade especial para pessoas que já possuíam

¹²No caso da contribuição da epidemiologia, Breilh (1991) ressalta, por exemplo, a importância de se considerarem os efeitos do modelo socioeconômico vigente na geração de condições favoráveis à ocorrência de doenças.

uma familiaridade com a física clássica. Dentre os novos conceitos a serem apreendidos e discutidos, estavam os de tempo e espaço relativos. As dificuldades para a obtenção de mudança conceitual foram imensas. Os participantes do curso por vezes distorceram as explicações apresentadas por seus instrutores, de tal forma que os "conteúdos" resultantes pudessem ser assimilados sem provocar mudanças nas concepções anteriores. Nada mais natural, entretanto. Todas as situações experimentadas pelo indivíduo ao longo de sua vida foram caracterizadas, sem exceção, por tempo e espaço absolutos. Além disso, é possível pensarmos a partir de especulações de natureza evolutiva. Percepções relacionadas a tempo e espaço estão entre aquelas que são de importância mais fundamental para a sobrevivência das espécies animais. Por essa razão, é plausível supor que a construção de noções de tempo e espaço na espécie humana sofra algum tipo de influência relacionada a fatores inatos.¹³ Se aceitarmos esse tipo de raciocínio, poderemos imaginar tempo e espaço absolutos que não apenas são confirmados por toda e qualquer experiência, como também possuem vínculo maior ou menor com a *bagagem hereditária da espécie*.

Tendo em vista tais considerações, parece-nos descabido esperar que o estudo da teoria da relatividade leve à *remoção* da crença em tempo e espaço absolutos; nesse caso, ao contrário, o resultado mais plausível de um processo de aprendizagem significativa é que as concepções relacionadas à teoria da relatividade especial passem a coexistir com concepções cotidianas e concepções da física clássica, originando *perfis conceituais*.

Outro exemplo relacionado a crenças essenciais é aquele que se refere à epistemologia manifestada pelos professores. É de suma importância, para o bem-estar psicológico de qualquer indivíduo, que ele acredite ser capaz de comunicar ou transmitir aos demais indivíduos os seus pensamentos, pontos de vista, sentimentos etc. Os professores, enquanto seres humanos inseridos em uma dada sociedade, também compartilham esse tipo de crença. Entretanto, em determinados momentos de sua formação profissional, os professores aprendem que seus conhecimentos não são diretamente comunicáveis aos alunos (Osborne & Wittrock, 1985, p.65). Tal idéia parece ameaçadora, de modo que a nova aprendizagem, caso ocorra, dá lugar à formação de perfil, não havendo abandono completo da concepção anterior, que representa, afinal, uma crença necessária ao bem-estar psicológico. Sob tais circunstâncias, o professor oscila entre duas formas de trabalhar - se ele não se policia durante os momentos em que está trabalhando com seus alunos, volta facilmente ao hábito de "falar, falar e falar para que os alunos aprendam".

¹³Note-se que não se está negando aqui o fato evidente de que a constituição de nossos conceitos de tempo e espaço está indissociavelmente ligada a fatores históricos, culturais e sociais.

- (b) *Não obstante a possibilidade de aprendizagens que resultem em formação de perfis conceituais, os dados aqui apresentados e outras evidências disponíveis sugerem que as pessoas também podem sofrer mudanças de natureza conceitual, em maior ou menor escala.*

De um modo geral, os profissionais que lidam há muito tempo com pesquisa ou ensino nos diversos ramos da física, química ou biologia relatam não possuírem no âmbito de suas áreas de formação acadêmica ou especialidade, as concepções alternativas que caracterizam a visão dos alunos da escola básica. Crenças essenciais e hipóteses não-científicas sobre questões que remetem a dilemas são mantidas, mas há também, com frequência, o descarte de concepções ligadas ao pensamento de senso comum e que são consideradas ingênuas. Estamos fazendo tais afirmações não apenas com base nos dados aqui apresentados, mas também com base em observações informais por nós realizadas ao longo de nossa experiência de trabalho com professores de escola e alunos de mestrado e doutorado.

De fato, é relativamente comum as pessoas afirmarem que possuem uma dada concepção científica e não possuem a concepção alternativa correspondente (o que significa que elas entendem que não mantêm um perfil conceitual caracterizado pela coexistência de concepções alternativas e concepções científicas); ou afirmarem que, no que diz respeito a um dado tema, mudaram efetivamente as suas concepções.

As mudanças a que nos estamos referindo podem ser de dimensões diversas, desde modificações em aspectos pontuais¹⁴ até modificações mais significativas¹⁵, embora pareçam ser, em geral, mais limitadas do que a mudança conceitual que constitui o protótipo discutido em Posner et al. (1982), e que se refere a modificações em crenças profundas do indivíduo, visões de mundo etc., tais como a crença em tempo e espaço absolutos. Assim, diversos níveis e graus de mudanças parecem possíveis, principalmente no caso de as mudanças não adquirirem dimensões exageradas ou caráter ameaçador para o indivíduo.

- (c) *É plausível imaginar situações em que a formação de perfil conceitual corresponda a uma etapa intermediária de um processo mais amplo cujo resultado final é uma mudança de concepções.*

Inspirados nos dados e discussões aqui apresentados, e também em nossa experiência anterior e criatividade, somos capazes de imaginar situações tais como a que descrevemos a seguir.

¹⁴ Por exemplo, aprender que a baleia é considerada um mamífero, e não um peixe.

¹⁵ Por exemplo, rejeitar a idéia anterior de que os conhecimentos científicos são verdades absolutas.

Um indivíduo, quando criança, observando que vasos com plantas precisavam ser regados e adubados regularmente, e que essas plantas "mantêm contato apenas com a terra dos vasos", e não com outros componentes do ambiente, conclui que as plantas se alimentam "de terra". Mais adiante, na escola, ele estuda, em diversos momentos, que o alimento das plantas é produzido por elas próprias, através de um processo conhecido como fotossíntese. Ao mesmo tempo, ele continua tendo contato com plantas que manifestam dependência em relação solo, e tem também a oportunidade de verificar o que as pessoas comuns e a mídia falam a respeito das plantas etc.

Essas diferentes experiências de aprendizagem levam o indivíduo a construir um perfil conceitual ("a planta se alimenta de terra" e "a planta produz seu próprio alimento através da fotossíntese"). Tendo concluído a escola básica, o nosso indivíduo hipotético ingressa em um curso de graduação em ciências biológicas. Nesse curso ele estuda botânica, ecologia, evolução, bioquímica, fisiologia vegetal etc., enriquecendo largamente os seus conhecimentos sobre fotossíntese e sobre o significado da fotossíntese em termos biológicos, ambientais, evolutivos, econômicos etc. Numa etapa subsequente, esse indivíduo é admitido como pesquisador iniciante em um laboratório que trabalha com modelos descritivos relacionados à ação de sistemas fotoquímicos na fotossíntese. Em pouco tempo ele está de tal forma familiarizado com os conhecimentos disponíveis sobre fotossíntese que lhe parece totalmente simplista e ingênuo afirmar que a planta se alimenta "de terra". Assim, durante o período que se iniciou com o seu ingresso no curso de graduação, e que teve prosseguimento em sua experiência de iniciação científica, ele operou em si mesmo uma típica mudança conceitual.

Esse exemplo hipotético descreve uma situação em que um perfil conceitual se forma e se mantém *apenas enquanto o indivíduo não está suficientemente familiarizado e envolvido com os conhecimentos vigentes em uma dada área da ciência*. Superada essa etapa, o indivíduo efetivamente descarta as concepções alternativas que possuía sobre o assunto.

Notar que o descarte de (ou rejeição a) concepções de senso comum é um fenômeno corriqueiro em quaisquer campos da atividade intelectual (filosofia, psicologia, sociologia, ciências políticas, ciências naturais etc.), e constitui *fator essencial para a manutenção de uma (saúdável) visão crítica* acerca da realidade cotidiana (fica evidente, em muitos casos, que a ruptura e a intransigência em relação ao pensamento cotidiano se tornam elementos fundamentais para a conquista de avanços nas condições de existência das populações humanas).

Através da apresentação do exemplo hipotético descrito acima estamos tentando defender a idéia de que o contato continuado, significativo e progressivo com

os conhecimentos produzidos por uma determinada área da ciência pode ser um importante fator que favorece mudanças de concepções nas pessoas.

Julgamos importante que aspectos como os que foram aqui salientados sejam efetivamente considerados nos estudos sobre ensino e aprendizagem de ciências, para que não fiquemos restritos a uma oposição simplista entre mudança conceitual e formação de perfis.

Além da mudança conceitual e da formação de perfis, é provável que outros processos também sejam passíveis de estar ocorrendo na mente do aprendiz. Um desses processos seria a construção e modificação de conhecimentos que não possuem o status de concepção, no sentido de que *não fazem parte do conjunto de saberes que o indivíduo aceita como válidos* naquele momento.

No contexto dos debates ocorridos nas décadas de 1970 e 1980, as entidades que foram denominadas "concepções" – concepções prévias do aluno, concepções alternativas, concepções científicas etc. – correspondem sempre a idéias ou conjuntos de idéias que se caracterizam, entre outras coisas, por serem resolutamente aceitas como válidas e importantes pelos indivíduos que as mantêm e utilizam.

De fato, esse tipo de compreensão acerca de o que as "concepções" representam moldou, durante o período em questão, muito do que foi dito e feito no âmbito da pesquisa em ensino de ciências. As concepções alternativas dos alunos foram entendidas como obstáculos à aprendizagem e pesquisadas com detalhe *justamente porque se mostravam arraigadas* e pareciam impedir a aceitação das concepções científicas. Dentro de tal universo de referências, mudar significava abandonar uma crença em favor de outra; ou seja, não era objeto central de discussão, naquele momento, a possibilidade de o indivíduo aprender a respeito de idéias filosóficas ou científicas *com as quais decide não compactuar*. Sabe-se, porém, que tal possibilidade é comum e tem enorme importância não apenas para a formação cultural e profissional do indivíduo, como também para uma formação que possibilite o exercício da cidadania.

Assim, julgamos útil estabelecer aqui uma distinção entre concepções (idéias ou conjunto de idéias que o indivíduo considera válidas e utiliza resolutamente como elementos norteadores de seus pensamentos e ações) e *conhecimentos sem status de concepção* (conhecimentos que o indivíduo constrói por uma diversidade de razões, mas que não fazem parte do conjunto de idéias com as quais ele se identifica).

Quanto a esse aspecto, a análise realizada por Mortimer (2000) é bastante ambígua. A fim de mostrar que a formação de perfis é o fenômeno predominante ou exclusivo que está na base da aprendizagem em ciências, em contraposição à mudança conceitual proposta por autores como Posner et al. (1982), ele coloca o argumento da blusa de lã, que se tornou famoso entre os pesquisadores da área:

Uma pessoa com formação científica poderia rir da ingenuidade do pensamento infantil, capaz de inventar a entidade frio em contrapartida ao calor [...] No entanto, no seu cotidiano, essa pessoa continuará a usar esses conceitos de uma forma muito natural. Mesmo porque soaria pedante alguém afirmar que "vestiu uma blusa de lã porque ela é um bom isolante térmico, impedindo que o corpo ceda calor para o ambiente". Ora, nós vestimos lã porque ela é quente e nós estamos com frio. *Não há aí nenhum vestígio de concepções ingênuas* [grifo nosso], mas o uso da palavra calor num sentido de senso comum que a nossa cultura consagrou. (Mortimer, 2000, p.60)

Esse tipo de argumento estabelece uma confusão entre as verdades de um indivíduo e os discursos espontâneos que ele produz em contextos cotidianos. Uma concepção, no âmbito dos debates sobre mudança conceitual, é uma idéia com a qual o indivíduo compactua em larga escala, e que representa uma crença sua acerca de um dado aspecto do mundo natural. Se um físico profissional considera ingênuo a idéia da existência da "entidade frio", e usa a palavra calor "num sentido de senso comum que a nossa cultura consagrou", apenas como recurso para a comunicação, sem que isso represente "vestígio de concepções ingênuas" (Mortimer, 2000, p.60), então, no sentido atribuído por autores como Posner et al. (1982), este físico possui *apenas a concepção científica*. Não há perfil propriamente dito, enquanto conjunto de concepções divergentes que coexistem, e sim uma situação bastante banal em que um indivíduo que possui conhecimentos a respeito da linguagem cotidiana empregada num certo meio cultural *possui também* uma dada concepção científica.

Conforme procuraremos mostrar a seguir, a aquisição de conhecimentos que não possuem status de concepção é perfeitamente possível e *também requer atividade mental construtiva* por parte do aprendiz (requer o estabelecimento de relações entre as novas informações e os conhecimentos prévios, construção e reconstrução de significados etc.). Tal processo será aqui exemplificado através de uma situação referente ao ensino de evolução dos seres vivos.

O ensino de evolução, por abordar questões sobre as quais a religião também se pronuncia, não poderá ter como objetivo a mudança conceitual, sob pena de

estar afrontando a liberdade dos educandos ao credo religioso. Diante disso, o trabalho do professor seria melhor descrito como uma tentativa de fazer com que os alunos adquiram e/ou aperfeiçoem uma compreensão satisfatória acerca das explicações científicas, independentemente de aceitarem ou não essas explicações. Nesse contexto, um aluno que possui concepções de caráter criacionista/fixista pode melhorar seus conhecimentos sobre teoria da evolução (pode, por exemplo, entender que as explicações científicas atuais não prevêm herança de caracteres adquiridos) e, no entanto, conservar sua própria crença sobre o assunto.

No caso da construção de conhecimentos sem status de concepção, o indivíduo estacionaria (temporária ou indefinidamente) em uma das etapas do modelo de mudança conceitual proposto por Posner et al., isto é, na etapa em que uma nova idéia se torna "inteligível" para o aprendiz (Posner et al., 1982, p.214).

Pode-se, portanto, afirmar que a aprendizagem com compreensão não requer necessariamente mudança conceitual, formação de perfis ou construção de conhecimentos que sejam aceitos pelo indivíduo como verdadeiros. Nesse sentido, a simples compreensão de idéias torna-se um resultado válido do processo de ensino e aprendizagem.

Na presente seção argumentou-se que os processos mentais relacionados à aprendizagem podem seguir por caminhos diversos: mudança conceitual, formação de perfis conceituais, construção de conhecimentos sem status de concepção, ocorrência simultânea ou combinada de dois ou mais processos etc.

Em síntese, estamos defendendo aqui, novamente, uma posição pluralista, que neste caso corresponde à idéia de que os processos mentais que conduzem à aprendizagem não se restringem apenas à mudança conceitual ou (em oposição a isso) apenas à formação de perfis.

Na seção seguinte procuramos mostrar que, para quaisquer que sejam os processos mentais que predominem durante a aprendizagem (mudança conceitual, formação de perfis conceituais, construção de conhecimentos sem status de concepção etc.), há um fenômeno comum que os afeta, o fenômeno da distorção, e isso tem importantes consequências para se pensar o ensino escolar de ciências.

O fenômeno da distorção

Conforme já foi ressaltado inicialmente, um aspecto importante dos progressos alcançados nos debates recentes sobre ensino de ciências foi a incorporação

de uma visão interacionista do processo de aprendizagem, visão esta que está explicitamente presente na obra de diversos autores que têm sido identificados com o "construtivismo".

De acordo com uma visão interacionista, os dados da experiência são ativamente processados pelo sujeito cognoscente, de modo que os conhecimentos resultantes dessa ação interiorizada variam segundo o estágio de desenvolvimento intelectual do indivíduo e as características de seus conhecimentos prévios, valores, expectativas, interesses etc.

Visões compatíveis com a abordagem interacionista acima explicitada estão firmemente estabelecidas em campos como a psicologia da aprendizagem e a filosofia da ciência.

Chalmers (1993), por exemplo, em sua crítica à visão indutivista da ciência, posiciona-se de forma veementemente contrária à idéia de que a comunidade de cientistas, a partir da simples consideração dos "dados da experiência", seja capaz de produzir conhecimentos objetivos acerca do mundo natural. Ele desenvolve uma série de argumentos para mostrar que os cientistas, sob a influência de perspectivas pessoais e culturais, são fortemente parciais em suas decisões sobre quais enunciados devem ou não ser considerados verdadeiros. O aspecto arbitrário da atividade científica fica claro quando se verifica que cientistas em diferentes épocas e locais produziram conhecimentos diferentes e até mesmo contraditórios entre si.

Quanto à construção de conhecimentos no âmbito do *indivíduo*, Osborne & Wittrock lembram que imagens, sons e outras informações de natureza sensorial não possuem "significado intrínseco", ou seja, o significado de tais informações para o sujeito cognoscente não pode emergir senão por meio de um processo em que ele próprio atribui sentido a esses dados da experiência, a partir de uma perspectiva que também lhe é própria (Osborne & Wittrock, Op. cit., p.65).

Orlandi (2003, p.17 e 36-7) resalta que a linguagem "não é transparente" e que nos processos de interação discursiva intervêm necessariamente os deslocamentos de sentidos, as falhas, os equívocos, enfim, a polissemia.

Argumentos dessa natureza fornecem boas razões para se pensar que o ensino escolar está permanentemente exposto àquilo que denominaremos *fenômeno da distorção*.

O fenômeno da distorção consiste em o aluno construir, para os conhecimentos científicos que estão sendo estudados, uma versão alternativa que, embora ele não perceba, é consideravelmente discrepante da visão dos cientistas. Essa versão alternativa pode ou não se tornar parte do conjunto de idéias em que o aluno acredita; o importante, porém, é que ela representa uma interpretação equivocada a respeito daquilo que os cientistas estão propondo, constituindo pois um resultado indesejável do processo de ensino.

As distorções estão em grande parte relacionadas ao uso de termos e expressões cujo significado é pouco ou nada compartilhado pelos diferentes membros do grupo em questão (professor e alunos). Assim, por exemplo, é comum os alunos atribuírem significados do cotidiano a palavras do vocabulário técnico das ciências (energia é "força"; força é "algo intenso"; fenômeno é "algo raro e surpreendente"; massa é "substância mole e pastosa"; evolução é "progresso"; tecido é "pano" etc.).

O fenômeno da distorção aparece também nas situações em que o professor pretende ensinar um conteúdo através do "contato direto" com objetos e eventos. Zanetic relata, por exemplo, um episódio em que um aluno, depois de observar que uma batata é "mais leve" dentro da água do que fora, concluiu que "a gravidade não atravessa a água" (Zanetic, 1990, p.18).

Essas interpretações equivocadas, embora aparentemente pontuais, somam-se umas às outras, de modo a dificultar enormemente a compreensão adequada de conjuntos complexos de enunciados científicos.

Os processos mentais que estão na base das distorções são similares àqueles que originam as chamadas concepções "espontâneas". Tanto num caso como no outro, as informações externas são interpretadas e processadas pelo indivíduo *de acordo com seus próprios valores, potencialidades cognitivas, idéias prévias etc.*, disso resultando que há inúmeras possibilidades para as conclusões que o indivíduo produz. O que distingue as duas categorias de processos é o contexto em que esses processos ocorrem. As concepções "espontâneas" se estruturam num contexto em que a adequação ou não dos conhecimentos construídos é julgada, em última análise, pelo próprio sujeito cognoscente. A distorção, ao contrário, refere-se a uma situação (de educação formal) em que há um ponto de chegada, pré-estabelecido pelo professor (por exemplo, compreender satisfatoriamente as idéias da física clássica sobre movimento dos corpos), e em que *um aprendiz adequadamente envolvido com a tarefa de aprendizagem envereda por caminhos que o desviam do ponto de chegada pretendido.*

Em tese, uma compreensão distorcida acerca do discurso dos cientistas pode ocorrer tanto em processos de mudança conceitual como em processos de formação de perfis conceituais, de construção de conhecimentos sem status de concepção etc.

Em outras palavras, estamos ressaltando a importância de que o professor esteja atento não apenas às idéias que os alunos possuem *antes de serem ensinados*, mas também às idéias que se estruturam *ao longo do próprio processo de ensino*; de fato, estas últimas podem ser representativas de distorção e, nesse caso, os alunos desenvolvem uma compreensão deformada dos conceitos, teorias e modelos propostos pela ciência.

O fenômeno da distorção parece-nos inevitável. Como há distorção, e essa distorção é frequente e intensa, o ensino escolar deveria estar permanentemente ocupado em uma luta contra as distorções, isto é, deveria propiciar situações em que os alunos pudessem sucessivamente checar e reificar a compreensão que estão fazendo acerca do discurso dos cientistas. Assim, por exemplo, se o aluno, num primeiro momento, chegou à conclusão (inadequada) de que, segundo os cientistas, a evolução dos seres vivos envolve herança de caracteres adquiridos e produz "melhoria" das espécies, ele deve ter a oportunidade de rever essas interpretações equivocadas.

E, em nossa opinião, esse processo de revisão requer explicitação, *problematização e reestruturação de idéias inadequadas* que sejam representativas de distorção. Trata-se, portanto, de engendrar esforços para que, ao final de um período relativamente longo (por exemplo, os onze anos de escolarização básica), os enunciados científicos focalizados pela escola possuam significados similares para professores e alunos. Objetiva-se, pois, *compartilhamento de significados*.

Em síntese, quaisquer que sejam os processos mentais que predominem durante a aprendizagem (mudança conceitual, formação de perfis conceituais, construção de conhecimentos sem status de concepção ou outro), esses processos são afetados pelo fenômeno da distorção, e por isso uma compreensão satisfatória das idéias científicas que são corriqueiramente ensinadas pela escola exigirá etapas sucessivas de construção de significados, checagem e reificação dos significados que estão sendo construídos, estabelecimento de relações etc. Ou seja: se pretendemos que nossos alunos desenvolvam conhecimentos consistentes sobre temas de ciência e tecnologia, *a atividade mental construtora por parte do aprendiz deve estar presente independentemente do tipo de aprendizagem que o professor está tentando promover* (mudança conceitual, formação de perfis conceituais, construção de conhecimentos sem status de concepção etc.).

Modelos recentes para o ensino de ciências: características comuns e alcance

Conforme ressaltado inicialmente, os modelos de ensino mais divulgados nos últimos anos (ensino por mudança conceitual, ensino por pesquisa e ensino baseado na noção de perfil conceitual) têm sido freqüentemente apresentados como inovações que tornam obsoletos os seus predecessores e/ou antagonistas.

É evidente que todos esses modelos representam contribuições significativas para o debate e a pesquisa, entretanto, não consideramos que eles constituam propostas que se diferenciam entre si de forma tão acentuada a ponto de se justificarem os antagonismos que são observados. Além disso, tais modelos, como quaisquer outros, não possuem um alcance ilimitado que os transformem em panacéias, de forma a tornar desnecessárias outras possibilidades de abordagem.

Apesar das características próprias de cada modelo e da tentativa de demarcação empreendida por seus proponentes e/ou defensores, o ensino por mudança conceitual, o ensino por pesquisa e ensino baseado na noção de perfil conceitual compartilham largas similaridades, no sentido, por exemplo, de que os três têm origem e fundamentação em abordagens construtivistas do processo de aprendizagem, e se valem de estratégias de ensino que, em maior ou menor grau, tentam reproduzir uma série de procedimentos que são típicos da racionalidade científica.

O ensino por pesquisa, tal como descrito por Gil Pérez et al. (1999b), organiza-se em torno da idéia de que os alunos, auxiliados pelo professor, empreendam investigações similares às científicas, tendo como ponto de partida situações problemáticas abertas que sejam consideradas de interesse para eles. Assim, os alunos, dependendo da temática em estudo, reproduzem, com maior ou menor grau de aproximação, os procedimentos de trabalho e raciocínios que são empregados pelos cientistas (no caso, cientistas iniciantes que estão sob orientação de cientistas experientes).

O ensino baseado na noção de perfil conceitual, tal como descrito por Mortimer (2000), também se fundamenta no uso, por parte dos alunos, de estratégias de estudo que são análogas às da ciência, já que os alunos são solicitados a observar fenômenos, discuti-los, propor modelos explicativos e realizar debates em que se verifica a coerência entre os modelos propostos e os dados de natureza observacional. Detalhe importante, e que merece destaque, é o de que as atividades realizadas envolvem explicitamente "a escolha do melhor modelo" (Mortimer, 2000, p.180 e 181). Trata-se, pois, de uma abordagem que também traz a racionalidade

científica como um elemento balizador de sua constituição, e, assim como o ensino por mudança conceitual, de uma abordagem que não se desvincula da idéia de que as concepções alternativas e as concepções científicas sejam comparadas entre si em termos de serem ou não as mais lógicas ou adequadas para explicar a realidade observável.

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

- (a) abordagem interpretativa fortemente influenciada pelas idéias de autores que têm sido vinculados à tradição construtivista (Piaget, Ausubel, Thomas Kuhn, Lakatos, Bachelard, Vigotsky 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, soam esquisitos os argumentos que enxergam um determinado modelo ou outro como uma inovação que decreta a obsolescência de seus "antagonistas". Na verdade, não há, em muitos aspectos, o referido antagonismo, e melhor faríamos se tentássemos focalizar *as contribuições que cada modelo*, dentro de suas particularidades, pode oferecer para os debates sobre ensino de ciências, ou *quais elementos de cada modelo* representam avanços que devem ser incorporados.

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

Prossigamos porém com nossa análise, agora de forma a tentar identificar algumas limitações dos modelos referidos, não para negá-los, conforme já foi exaustivamente repetido, 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 enormes dificuldades para estudar o mundo natural de acordo com uma abordagem *estritamente "científica"* (isto é, de acordo com uma abordagem que requiera formulação de hipóteses, proposição de estratégias de investigação, 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 virtualmente impossível* nos casos em que os alunos são muito jovens (por exemplo, alunos de sete a dez anos de idade). Também o ensino por pesquisa sofre restrições dessa ordem (embora em escala menor), 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 um determinado modelo de ensino seja igualmente apropriado 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 (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) as relações entre realidade observável e teoria são de difícil percepção etc.

Esses tipos de situações requerem que os modelos de ensino aqui mencionados sejam adaptados ou substituídos por outros, 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 ciência, é importante lembrarmos aqui as seguintes possibilidades: (a) não-existência de concepções prévias entre os alunos e (b) o professor trabalhar conteúdos diferentes com objetivos diferentes.

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 no 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 - aliás, conforme já ressaltamos, propor hipóteses e modelos é tarefa nada banal, e não é demais lembrar que a própria ciência levou séculos para chegar às hipóteses e modelos vigentes hoje.

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 concluir por si mesmos que a cor branca era uma "mistura de todas as outras cores". Evidentemente, porém, a expectativa alimentada por este professor era totalmente irreal, pois, no caso em questão, assim como em vários outros casos similares, os conhecimentos científicos que conduzem a uma explicação válida não foram produzidos senão após os séculos e séculos necessários ao advento da ciência moderna.

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, conforme já discutimos, o professor pautar-se pelo objetivo de produzir mudanças conceituais em seus alunos.

Entretanto, 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.¹⁶

Em casos com esses, 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

¹⁶Entre as situações em cujo contexto a existência de concepções alternativas é nociva, podem ser mencionadas as seguintes: situações que se referem a primários nocivos, descarte de resíduos sólidos, uso de recursos naturais (água, petróleo, ferro etc.), poluição, operação de máquinas diversas, nutrição humana, prevenção e tratamento de doenças, debates sobre produção agrícola e industrial, debates sobre diferenças genéticas entre indivíduos de diferentes etnias, debates sobre a possibilidade de manipulação genética da espécie humana etc.

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 começar por diagnosticar as pré-concepções e interesses com que os indivíduos e grupos de alunos/as interpretam a realidade e decidem sua prática. Ao mesmo tempo, 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)

Outro aspecto importante dessa discussão é percebermos que nosso crescimento pessoal e intelectual pode ser severamente obstaculizado se nos fecharmos em nossas concepções e nos negarmos a considerar a validade de outras possíveis alternativas de interpretação da realidade. Assim, em nossa opinião, a abertura para a revisão de pontos de vista deve ser valorizada e explicitamente cultivada como uma competência a ser construída por nossos alunos.

Em síntese, é importante que as críticas ao ensino por mudança conceitual não deem 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.

Também é possível (e talvez seja útil) estender a noção de conflito cognitivo para além das situações meramente estressantes. De fato, o conflito cognitivo se expressa por um certo grau de *insatisfação* em relação às concepções que o indivíduo possui no momento, e isso significa que também as lacunas de conhecimento (cf. Mortimer, 2000, p.42-4) - "não sei, e agora fiquei curioso/a para saber" - e, por exemplo, um interesse espontâneo do indivíduo por uma nova idéia, podem ser elementos geradores de um conflito (estimulante) entre o que se sabe e o que se gostaria de saber.

Finalmente, é preciso lembrar que há interessantes exemplos de programações de ensino que foram bem sucedidas e que incluíram, em vários momentos, *estratégias típicas de um ensino para a mudança conceitual*, como o teste e refutação experimental de hipóteses e previsões apresentadas pelos alunos (Carvalho et. al., 1999; Barros Filho, 1999). Segundo relatam os autores desses trabalhos, o conjunto das atividades realizadas (no qual também houve espaço para conflito cognitivo)

despertou entre os alunos um interesse bem maior do que aquele que se verifica em aulas de formato mais tradicional.

Em síntese, a presente seção procurou mostrar que (a) os modelos mais recentes para o ensino de ciências apresentam certa superposição quanto às suas abordagens, não se justificando o antagonismo que é observado (ênfase da mútua exclusão); e (b) esses modelos, apesar de suas virtudes, apresentam limites no que se refere à possibilidade de sua aplicação em diferentes situações de ensino e aprendizagem (limites relacionados, entre outras coisas, à faixa etária em que se encontram os alunos e à enorme diversidade dos conteúdos que são usualmente tratados nas aulas de ciências).

Diante disso, reforçamos aqui, novamente, a idéia da necessidade de uma *pluralidade de interpretações* acerca do processo de ensino e aprendizagem em ciências.

Considerações finais

Os argumentos apresentados nas seções anteriores sugerem que, independentemente da ocorrência ou não de mudanças de natureza conceitual, a aprendizagem de conteúdos de ciências é um processo que requer construção e reconstrução de conhecimentos. A reconstrução sucessiva se torna necessária porque os alunos, em razão do fenômeno da distorção, apresentam diferentes graus de dificuldade em interpretar as informações veiculadas em aula de modo a construir conhecimentos fidedignos (coerentes com o discurso dos cientistas).

Esse nosso posicionamento pretende ratificar abordagens construtivistas segundo as quais a aprendizagem significativa envolve a interação entre fatores internos e externos à mente do aprendiz e exige atividade mental voltada para a construção e reconstrução de significados.

Nesse sentido, portanto, não há a referida "falência do construtivismo".

Por fim, procuramos mostrar que os contextos e processos relacionados ao ensino e à aprendizagem em ciências são extremamente diversificados, o que enfatiza a necessidade de uma pluralidade de perspectivas teórico-práticas que permitam ao professor e ao pesquisador compreender de forma mais aberta e rica o trabalho educativo a ser empreendido pelo ensino escolar de disciplinas científicas (ciências, física, química e biologia).

Assim, no que tange à questão da formação de professores de ciências, as discussões aqui realizadas apontam na direção de se evitar a ênfase em verdades absolutas ou fórmulas fechadas para a compreensão dos processos de aprendizagem e para a condução do ensino escolar.

Referências

- AUSUBEL, D. P., NOVAK, J. D., HANESIAN, H. *Psicologia educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- BARROS FILHO, J. *Construção de um sistema de avaliação contínuo em um curso de eletrodinâmica de nível médio*. Campinas, 1999. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas.
- BASTOS, F. Construtivismo e Ensino de Ciências. In: NARDI, R. (Org.). *Questões atuais no Ensino de Ciências*. São Paulo: Escrituras, 1998. p. 9-25. (Educação para a ciência, 2).
- BASTOS, F. *O conceito de célula viva entre os estudantes de segundo grau*. São Paulo, 1991. 110p. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo.
- BASTOS, F., NARDI, R., DINIZ, R. E. S. Objeções em relação a propostas construtivistas para a Educação em Ciências: possíveis implicações para a constituição de referenciais teóricos norteadores da pesquisa e do ensino. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 3, 2001, Atibaia. *Atas...* (CD-ROM, arquivo o94.htm). Porto Alegre: UFRGS, 2001.
- BREILH, J. *Epidemiologia: economia, política e saúde*. São Paulo: Editora UNESP, HUCITEC, 1991. 276p.
- CACHAPUZ, A. F. (Org.). *Perspectivas de ensino*. 1.ed. Porto: Centro de Estudos de Educação em Ciência, 2000. 80p. (Formação de professores - Ciências, 1).
- CARVALHO, A. M. P. et al. *Termodinâmica: um ensino por investigação*. São Paulo: FEUSP, 1999. 123p.
- CHALMERS, A. F. *O que é ciência afinal?* São Paulo: Brasiliense, 1993.
- DE LA TAILLE, Y. O erro na perspectiva piagetiana. In: AQUINO, J. G. (Org.). *Erro e fracasso na escola: alternativas teóricas e práticas*. São Paulo: Summus, 1997. p.25-44.

- 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.
- FIORATO, P. S. (Faculdade de Ciências, UNESP – Campus de Bauru). Comunicação pessoal, 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. *Comprender e transformar o ensino*. 4.ed. Porto Alegre: ArtMed, 1998.
- HEWSON, P.W., THORLEY, N. R. The conditions of conceptual change in the classroom. *International Journal of Science Education*, v.11, sp.iss., p.541-553, 1989.
- KUHN, T. S. *A estrutura das revoluções científicas*. 3.ed. São Paulo: Editora Perspectiva, 1992. 257p. (Debates, 115). (Texto original publicado em 1962).
- 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.
- MOREIRA, M. A., GRECA, I. M. Cambio conceptual: análisis crítico y propuestas a la luz de la teoría del aprendizaje significativo. *Ciencia & Educación*, v.9, n.2, p.301-315, 2003.
- MORIN, E. *Os Sete Saberes necessários à Educação do Futuro*. 5.ed. São Paulo: Cortez; Brasília: UNESCO, 2000. 116p.
- 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. 383p.
- NOVAK, J. D. Construtivismo humano: un consenso emergente. *Enseñanza de las Ciencias*, v.6, n.3, p.213-23, 1988.
- ORLANDI, E. P. *Análise de discurso: princípios e procedimentos*. 5.ed. Campinas: Pontes, 2003. 100p.
- OSBORNE, J.F. Beyond constructivism. *Science Education*, v.80, n.1, p. 53-82, 1996.
- OSBORNE, R., WITTROCK, M. The generative learning model and its implications for science education. *Studies in Science Education*, v.12, p.59-87, 1985.
- PIAGET, J. *Seis estudos de psicologia*. 22. ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1997. 136p. (Texto original publicado em 1969).
- PINTRICH, P. R., MARX, R. W., BOYLE, R. A. Beyond cold conceptual change: the role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, v.63, n.2, p.167-199, 1993.
- 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.
- ZANETIC, J. Ciência, seu desenvolvimento histórico e social - implicações para o ensino. In: SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Educação. Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas. *Ciências na escola de 1o. grau: textos de apoio à Proposta Curricular*. São Paulo: Secretaria de Estado da Educação, 1990. p.7-19.