CONSTRUTIVISMO E ENSINO DE CIÊNCIAS

Fernando Bastos *

1-A heterogeneidade do construtivismo contemporâneo

É hoje comum que se fale em *construtivismo*, ensino *construtivista*, *construção* de conhecimentos. Porém, o que de fato significam essas expressões tão exaustivamente repetidas nos debates sobre educação e ensino? Seria o construtivismo um método de ensino? Uma filosofia da prática docente? Uma politica do Estado para a área da educação? Quantos professores conseguem realmente situar a idéia de construção no contexto mais amplo das discussões acerca de como o conhecimento é produzido e de como os indivíduos de uma sociedade se apropriam deste mesmo conhecimento?

Um primeiro erro que se comete é o de se acreditar que existe uma noção única de construtivismo, a noção 'correta' sem a qual não seremos capazes de superar as práticas docentes tradicionais.

De fato, muitos 'construtivismos' diferentes são possíveis. A idéia de construção está presente não apenas nas obras de Piaget e Vygotsky, mas também, por exemplo, na de Carl Rogers (construção da pessoa humana e das relações interpessoais significativas) e na de Paulo Freire (construção do homem novo, livre, consciente de sua historicidade; construção do saber e da cultura como expressões dos anseios e expectativas das camadas populares). Como bem se vê, são vertentes bastante diferenciadas, todas elas compartilhando da idéia de construção. Outro aspecto importante é a existência de interpretações ecléticas do processo de construção do conhecimento, as quais acomodam num mesmo corpo teórico elementos provenientes de diferentes vertentes. Há por exemplo quem hoje identifique um construtivismo pós-piagetiano que se apoia tanto em aspectos do trabalho do próprio Piaget como em aspectos dos trabalhos de Vygotsky, Wallon, Paulo Freire, Freud e Marx, entre outros ([1]). No âmbito desta junção heterodoxa de saberes, muitas possibilidades de abordagem são possíveis.

Por outro lado, ainda que consideremos o território relativamente bem delimitado de um certo 'construtivismo cognitivista', também neste caso a discordância e o debate estão francamente presentes. Ausubel, Novak, Osborne, Hewson e Driver (para citarmos apenas cinco autores vinculados a esta tendência) têm seus próprios pontos de vista acerca das questões da aprendizagem e da construção do conhecimento no indivíduo.

---

* Departamento de Educação da Faculdade de Ciências do Campus de Bauru (SP) da Universidade Estadual Paulista (UNESP)

([1]) Cf. GROSSI, E. P. & BORDIN, J. (Org.). *Construtivismo pós-piagetiano. Um novo paradigma sobre aprendizagem*. Petrópolis, Vozes, 1993.

Acrescente-se ainda que são vários os autores que pretendem estender o conceito de construção para além dos limites estreitos da aprendizagem do aluno, com base na idéia de que os professores e pesquisadores educacionais também estão permanentemente *construindo* novos conhecimentos acerca de como se ensina e de como se aprende. De acordo com esta tendência, professores, alunos, administradores e pesquisadores devem todos estar envolvidos num mesmo trabalho coletivo de *construção de um currículo* entendido como um conjunto de hipóteses. As diferentes soluções práticas propostas são mantidas, rejeitadas ou aperfeiçoadas tanto a partir de seus resultados práticos como a partir das idéias produzidas pelo grupo e do recurso à literatura especializada ([2]).

Assim, uma das coisas que se pode dizer é que um aspecto importante do construtivismo contemporâneo é sua heterogeneidade. De fato, há pouco ou nenhum consenso acerca dos mecanismos psicológicos que conduzem à aprendizagem, bem como dos procedimentos didáticos considerados mais adequados. Além disso, as diversas teorias do desenvolvimento e da aprendizagem que têm sido apresentadas são consideravelmente elaboradas e sofisticadas. Estes fatores todos transformam a implementação de um currículo construtivista em tarefa árdua. Os professores interessados num projeto desse tipo precisarão dispender um tempo razoável em pesquisa, leituras e debates. O ideal é que se trabalhe coletivamente. Durante a elaboração do currículo, os professores levarão em consideração não apenas o conhecimento teórico adquirido mas também suas próprias idéias e soluções, assim como o contexto real em que a ação didática vai ser desenvolvida (clientela escolar, carga horária das disciplinas, recursos materiais disponíveis, condições de trabalho de alunos e professores etc.). Os programas de ensino assim produzidos apresentarão características próprias, correspondendo a propostas originais e não a meras cópias de programas-modelo.

2-O processo de construção do conhecimento na ciência como fonte de inspiração para a definição de estratégias de ensino

Uma vertente importante do construtivismo que está sendo proposto às nossas escolas de 1o. e 2o. graus é aquela que identificarei como 'construtivismo cognitivista' ([3]). Este 'construtivismo cognitivista' (tendência à qual estão vinculados autores como Piaget e Ausubel) tem influenciado sobremaneira o debate acadêmico

---

([2]) Sobre a importância do trabalho coletivo na escola e a construção como um conceito que transcende os limites da aprendizagem do aluno, cf. GRUPO INVESTIGACIÓN EN LA ESCUELA. *Proyecto Curricular "Investigación y Renovación Escolar" (IRES) (Versión provisional). III. El curriculo para la formación permanente del professorado*. Espanha, 1986, e CARVALHO, A. M. P. & GIL-PÉREZ, D. *Formação de professores de ciências*. São Paulo, Cortez, 1993.

([3]) O termo cognitivista (cognição = ato de conhecer) refere-se ao interesse destas correntes em estudar e levar em consideração os processos mentais relacionados ao desenvolvimento intelectual e à aquisição de conhecimentos.

acerca do ensino de diferentes conteúdos escolares (matemática, leitura e escrita, história, geografia etc.). Note-se porém que no presente texto não discutirei o 'construtivismo cognitivista' em relação às múltiplas áreas em que é ele adotado, mas somente em relação *a uma* delas, a *do ensino de ciências naturais* (física, química e biologia).

No âmbito do 'construtivismo cognitivista' as teorias sobre ensino e aprendizagem freqüentemente têm tomado como referência analogias ou relações que são feitas entre a produção do conhecimento na ciência e a produção do conhecimento no indivíduo. Tais analogias ou relações, embora tenham sido explicitamente discutidas em diversas oportunidades ([4]), parecem estar presentes também de modo implícito, subentendidas na tendência em definir as habilidades lógico-matemáticas como o ápice do desenvolvimento intelectual. Neste caso, o raciocínio (passível de crítica) poderia ser o seguinte: se a ciência, que é a expressão máxima das potencialidades do homem (?), tem um de seus grandes eixos nos processos lógico-matemáticos, não será que as manifestações mais elevadas da mente dos indivíduos também estão (ou deveriam estar) intimamente relacionadas a processos lógico-matemáticos?

Assim, embora outras delimitações fossem possíveis, a temática central do presente texto será a discussão de algumas das relações entre ciência, indivíduo e ensino que teóricos do 'construtivismo cognitivista' têm implícita ou explicitamente sugerido. A razão da escolha de uma tal temática é que ela me parece fornecer um excelente caminho para alcançarmos uma melhor compreensão dos programas e estratégias de ação didática que têm como finalidade um ensino construtivista de ciências.

Nos últimos anos o 'construtivismo cognitivista' freqüentemente tem adotado a análise do processo de produção do conhecimento na ciência como *uma de suas fontes de inspiração* para a definição de *modelos de aprendizagem* ([5]). Assim, por meio da discussão das implicações que estes modelos de aprendizagem teriam para a ação didática, conhecimentos da filosofia da ciência têm sido inseridos nos referenciais teóricos que orientam a elaboração de *currículos e estratégias de ensino*.

Note-se porém que este 'construtivismo cognitivista', ao procurar compreender a dinâmica da atividade científica, não se apoia numa filosofia da ciência qualquer, mas principalmente na chamada *nova filosofia da ciência*, que adota visões *não- empiristas* e descarta visões *empiristas* do processo de produção do conhecimento.

Vejamos pois, de modo bastante simplificado e esquemático, quais seriam os aspectos centrais desta discussão entre empiristas e não-empiristas:

Para os filósofos empiristas, as leis e princípios que a ciência vai enunciando estão codificados *a priori* nos fenômenos naturais, cabendo ao cientista

---

([4]) Cf. por exemplo PIAGET, J. & GARCIA, R. *Psicogénese e história das ciências*. Lisboa, Publicações Dom Quixote, 1987 (Ciência Nova).

([5]) Simplificadamente falando, modelos de aprendizagem são modelos teóricos que procuram explicar os mecanismos psicológicos através dos quais as pessoas adquirem conhecimentos.

simplesmente *extrair* da natureza os elementos que ali já estavam definidos previamente. Este processo de extração de princípios em nenhum momento depende da *criação* ou da *construção*, pois nada é criado. Os princípios e leis já existem de antemão na natureza e o cientista apenas os descobre, recolhe, enuncia, sistematiza. No entanto, um exame mais crítico do processo de produção do conhecimento na ciência não poderá aceitar uma tal visão sem questionamento. Foi de fato o que ocorreu durante o século atual. Os novos filósofos da ciência denunciaram a contradição que havia entre o modelo empirista e o fato de que as hipóteses e teorias da ciência são continuamente substituídas por hipóteses e teorias mais recentes. Se a história da ciência, em todos os seus períodos, registra uma multiplicidade de hipóteses e teorias conflituosas entre si, então torna-se lícito supor que tais teorias e hipóteses *não tenham sido* leituras imparciais da natureza, mas sim *criações*, *construções*, interpretações da realidade que levavam em conta não só os fatos objetivos de que os cientistas dispunham, mas também sua visões pessoais, suas especulações, suas expectativas, suas preferências estéticas, suas motivações etc., daí o caráter divergente dos conhecimentos produzidos em diferentes contextos ([6]). Em outras palavras, teorias e hipóteses produzidas pela ciência corresponderiam não a verdades absolutas extraídas diretamente da natureza, mas a *explicações provisórias* elaboradas pelos cientistas de modo a acomodar as evidências disponíveis da melhor maneira possível, explicações estas que seriam dependentes do contexto e estariam sujeitas à substituição por teorias e hipóteses consideradas mais poderosas.

Ressalte-se ainda que esta discussão acerca do modo de ação da ciência (extração x criação/construção) não se tem dado isoladamente do questionamento de vários outros aspectos da atividade científica, os quais poderiam ser sumarizados da seguinte maneira: (a) embora seja amplamente aceito que a atividade científica corresponda a uma atividade de resolução de problemas, há uma visível discordância acerca de quais são as condições prévias necessárias para que um problema venha a ser enunciado e passe a mobilizar os esforços dos cientistas; para os empiristas, a definição de problemas é decorrência natural da observação, o que significa que um dado problema científico poderia ser identificado independentemente do contexto e da época nos quais os cientistas trabalham; para os não-empiristas, ao contrário, os diferentes problemas que virão a ser abordados pela ciência só passam a fazer sentido quando as teorias, hipóteses, modelos, necessidades e expectativas da época assim o permitem, ou seja, o fato de um problema estar sendo investigado significa que a comunidade científica não só está preparada para compreendê-lo (a partir de suas teorias atuais) como também o considera relevante; (c) um problema científico é visto como tal justamente porque desafia os conhecimentos vigentes; (d) há discordância acerca do significado do ato de observar; para os empiristas, a observação adequadamente conduzida resulta em dados fielmente representativos da realidade;

([6]) Um excelente exemplo da arbitrariedade do conhecimento científico são as classificações biológicas. Quantas vezes já não tivemos notícia de um ser vivo que mudou de gênero, de família, de ordem, de classe, de filo, de reino? Quantas vezes já não tivemos noticia de famílias e outras entidades taxionômicas que foram reunidas, desmembradas, suprimidas?

para os não-empiristas, ao contrário, a observação é um ato interpretativo que depende de teorias, expectativas e motivações prévias, o que significa que cientistas diferentes (ou cientistas inseridos em contextos diferentes) poderão chegar a diferentes conclusões a partir da observação de um mesmo objeto, processo ou fenômeno; (e) o processo de produção de conhecimento na ciência pode envolver a reformulação ou a substituição de hipóteses e teorias anteriormente vigentes, isto é, ele não se dá de modo linear, por mero acúmulo de conhecimentos, mas envolve rupturas e mudanças de rumo; de acordo com o modelo desenvolvido por Kuhn, a ciência alterna períodos de turbulência e mudança (períodos de *revolução científica*, como por exemplo o da revolução copernicíana, em que o modelo geocêntrico do universo é substituído pelo modelo heliocêntrico) e períodos de relativa calmaria caracterizados pela exploração quadro teórico (*paradigma*) vigente (períodos de *ciência normal*) ([7]); (f) de um modo geral a investigação de um problema científico não se resolve a partir de ações isoladas, mas exige etapas sucessivas de construção, desconstrução, reconstrução, etapas essas que dependem mais do esforço coletivo que das 'descobertas fabulosas' dos 'gênios da ciência'; (g) o processo da ciência é significativamente afetado por contingências externas (fatores econômicos, sociais, políticos, culturais, históricos etc.), inclusive no que diz respeito ao resultado final das investigações desenvolvidas; um exemplo bastante elucidativo do comprometimento da ciência com fatores que lhe são externos é o dos programas de pesquisa desenvolvidos no século XIX acerca do fenômeno da geração espontânea (enquanto Pasteur, na França, produzia evidências em favor da impossibilidade da geração espontânea, cientistas britânicos chegavam justamente à conclusão oposta) ([8]).

Pois bem: o que têm feito alguns teóricos da educação contemporânea é justamente *transportar essa discussão* para os planos da psicologia do desenvolvimento, da psicologia da aprendizagem, do ensino escolar. Assim, simplificadamente, a uma interpretação empirista da ciência corresponderia a idéia de que o aluno aprende *por absorção de informações* que já estão prontas no discurso do professor, na lousa, no livro, nos fenômenos da natureza etc.; neste caso, nada é construído. Uma outra visão é possível, no entanto: a de que o conhecimento adquirido pelo aluno resulta de uma síntese pessoal, de uma construção, sendo portanto *reelaboração* daquilo que é dito pelo professor ou daquilo que está registrado no livro didático. Os conhecimentos prévios do aluno e as informações veiculadas pela escola funcionariam portanto como uma espécie de *matéria-prima* a partir da qual os novos conhecimentos do aluno seriam produzidos. De acordo com esta perspectiva, a aprendizagem é um processo ativo, já que o aluno dependerá de si próprio para a construção de seu saber pessoal.

([7]) Cf. KUHN, T. S. *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo, Perspectiva, 1993.

([8]) Para uma discussão detalhada deste episódio, cf. BIZZO, N. M. V. A biologia numa perspectiva histórica: o darwinismo em questão. *In*: SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Educação. Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas. *Ensino de biologia: dos fundamentos à prática*. São Paulo, SE/CENP, 1990. v.1, PP. 28-30.

Vejamos agora, com maior detalhe, de que maneira esta analogia entre ciência e aprendizagem dá origem a uma nova interpretação da problemática do ensino escolar:

A-Em cada época e local a ciência apresenta possibilidades e limitações decorrentes do tipo de teorias, hipóteses e modelos disponíveis. De um modo geral, as teorias vigentes constituem o 'caldo de cultura' no qual novos conhecimentos vão ser gerados. No entanto, há momentos de crise em que as teorias dominantes se esgotam, e a elaboração de novos conhecimentos passa a depender do surgimento ou da descoberta de teorias inéditas que venham a redirecionar os caminhos trilhados pela pesquisa. Configura-se assim um quadro de *ausência de teorias* que possam responder às necessidades da época. Essa ausência do instrumental teórico adequado para elaboração de novos conhecimentos é conhecida como *obstáculo epistemológico*. Os obstáculos epistemológicos manifestam-se também quando o excessivo apego a determinadas teorias impede que teorias mais promissoras sejam notadas e utilizadas. Pergunta-se hoje, portanto, se processos semelhantes também não se repetem nos indivíduos. Parece ser amplamente aceito que os conhecimentos prévios que os indivíduos possuem influenciam significativamente a aprendizagem. Supõe-se que tal influência possa ser positiva (no caso dos conhecimentos que funcionam como pontos de partida para a aquisição de idéias cientificamente corretas) ou negativa (no caso de conhecimentos que contradizem o saber científico). A posse de determinados conhecimentos e a não-posse de outros poderiam representar obstáculos epistemológicos para o indivíduo. Há porém sérias controvérsias em torno deste assunto. De fato, é arriscado afirmar-se que o abandono de determinadas idéias não-científicas seja benéfico para o indivíduo, já que tais idéias podem ter utilidade na vida cotidiana. Por outro lado, acredita-se que idéias científicas e de senso comum podem conviver numa mesma pessoa, sem a necessidade de exclusão de uma ou outra (discutirei este assunto mais adiante). De um modo geral, no entanto, o que se propõe é que as aulas das diferentes disciplinas escolares *sejam planejadas de modo a aproveitar, complementar, desenvolver e transformar as idéias, teorias e conhecimentos que os alunos trazem consigo*.

B-Pode-se afirmar que os processos de reflexão na ciência são desencadeados a partir da formulação de problemas relevantes. Estes problemas são devidamente enunciados e colocados somente quando representam indagações compatíveis com os conhecimentos e as necessidades da época. Assim sendo, como esperar que o ensino escolar tenha sucesso, se ele ignora os problemas que os alunos consideram compreensíveis, importantes e estimulantes, substituindo-os por problemas que serão vistos como ininteligíveis, irrelevantes, desestimulantes? Por que não inserir no currículo atividades de ensino que proponham a formulação e a resolução de problemas *pelos próprios alunos*? Não será que o uso de desse tipo de atividades contribuiria para um maior interesse pelos assuntos a serem estudados, para uma maior proximidade entre o que os alunos já sabem e o que se vai ensinar, enfim, para uma melhor aprendizagem dos conteúdos?

C-Outra indagação inspirada pelos estudos de filosofia da ciência seria a seguinte: teriam as situações desafiadoras um papel de destaque no contexto da aprendizagem? Parece pouco provável que o conhecimento se transforme em

situações em que não exista conflito. Tanto na ciência como na vida cotidiana, as teorias e hipóteses que explicam adequadamente a realidade podem ser mantidas por tempo indefinido. A necessidade de novas teorias e hipóteses surge principalmente quando nos defrontamos com fatos novos que não conseguimos explicar ou com situações problemáticas que impliquem soluções práticas desconhecidas. De um modo geral, as situações rotineiras são resolvidas a partir de ações mecanizadas que exigem pouca ou nenhuma reflexão, e estas ações se fundamentam em conhecimentos já sedimentados. Assim, a importância das situações desafiadoras, problemáticas poderia ser a seguinte: produzir o *conflito cognitivo*, ou seja, fazer com que o indivíduo perceba a inadequação de suas teorias atuais em relação aos novos problemas, estimulando-o a refletir, buscar informações, pesquisar alternativas, construir conhecimentos. Note-se todavia que este assunto também está relacionado à controvérsia referida em A (pode-se argumentar com razão que nem sempre a aprendizagem exigirá conflitos de idéias ou a substituição de certas teorias por outras; discutirei este assunto mais adiante).

D-Relacionando-se o que foi dito em B e C, poder-se-ia afirmar o seguinte: se o ensino escolar não for capaz de propor problemas compreensíveis que os alunos julguem importantes, interessantes, estimulantes, diminue ou anula-se a possibilidade de que os alunos se envolvam em situações de conflito cognitivo e se sintam motivados a substituir suas teorias atuais por teorias mais poderosas e abrangentes. Isto significa que o professor precisará aprender (i) a coordenar discussões em sala de aula de modo que estas conduzam à formulação de problemas relevantes para o estudo de sua disciplina; (ii) a colecionar evidências (acessíveis a todos, compreensíveis) que contradigam as teorias não-científicas dos alunos; (iii) a utilizar essas evidências em discussões e atividades de ensino apropriadas, no sentido de auxiliar os alunos a construir teorias condizentes com o saber científico.

3-O construtivismo e a pesquisa educacional

É importante ressaltar que as soluções que o 'construtivismo cognitivista' propõe em relação à prática de ensino não se apoiam somente na análise do processo da ciência, mas também num amplo e heterogêneo conjunto de investigações sobre o desenvolvimento intelectual, a aprendizagem de idéias, os programas alternativos para o ensino escolar, a dinâmica da sala de aula etc. Tais investigações vêm sendo realizadas há um tempo considerável, e encontram um marco importante nos conhecidos trabalhos de Jean Piaget.

Outro marco importante da pesquisa educacional construtivista foi o surgimento do chamado *movimento das concepções alternativas* (décadas de 1970 e 1980). Este movimento interessou-se principalmente pelos "conteúdos das idéias dos estudantes", tendo significado a uma espécie de reação às pesquisas que, colocando o foco de atenção principalmente no processo de formação das estruturas lógicas do

indivíduo, deixaram em segundo plano a questão de como as pessoas constróem e transformam suas concepções acerca dos fenômenos da natureza ([9]).

A pesquisa sistemática das idéias dos alunos por autores vinculados ao movimento das concepções alternativas demonstrou que no mundo inteiro o ensino escolar tem falhado em desenvolver nas crianças e nos jovens conceitos cientificamente aceitáveis. Ao que parece, as experiências cotidianas (observação de fenômenos naturais, contato com seres vivos, materiais, objetos e artefatos, conversas com outras pessoas, contato com os meios de comunicação) podem contribuir para que os alunos formem idéias e teorias claramente divergentes do saber científico. O ensino escolar, por sua vez, ou não altera essas idéias e teorias prévias ou as modifica de modo imprevisto e indesejável.

Idéias dos alunos que não coincidem com o saber científico têm sido designadas pelos pesquisadores como idéias, conceitos ou concepções intuitivos, espontâneos ou alternativos.

Consideremos, a título de exemplo, a pesquisa em ensino de biologia. Entre os trabalhos de pesquisa clássicos que se ocuparam do estudo das idéias alternativas das crianças e jovens figuram os de Brumby (1984, seleção natural), Deadman & Kelly (1978, evolução e hereditariedade), Dreyfus & Jungwirth (1988, célula), Longden (1982, conceitos em genética), Ochiai (1989, conceito de vida) e Stavy (1987, fotossíntese).

Conforme já foi ressaltado, supõe-se que as idéias prévias dos alunos, alternativas ou não, influenciam significativamente a aprendizagem escolar, principalmente porque elas determinam possibilidades e limites para aquilo que pode ser aprendido num determinado momento. Um exemplo: a idéia de que a planta se alimenta a partir de material extraído do solo pode funcionar como suporte de um estudo sobre a importância dos fertilizantes na agricultura, mas não como suporte de um estudo sobre o papel da fotossíntese na fisiologia da planta ou na dinâmica do ecossistema. Outro exemplo: a idéia de que as propriedades macroscópicas dos seres vivos dependem de fenômenos microscópicos não é essencial para a construção de um conceito preliminar de ser vivo (este conceito pode limitar-se às características dos seres vivos que a maioria das pessoas facilmente observa: os seres vivos têm sua origem em outros seres vivos, crescem, reproduzem-se, respiram, apresentam movimento, necessitam de alimento etc.), porém uma compreensão mais ampla do conceito de vida exigirá obrigatoriamente o recurso à bioquímica, à biologia molecular, à biologia celular, à fisiologia etc., isto é, à idéia de que o fenômeno da vida depende de outros fenômenos que não são diretamente observáveis.

A constatação de que os alunos chegam à escola com idéias que divergem do saber científico tem motivado os educadores construtivistas a pesquisar os caminhos pelos quais as concepções não-científicas dos alunos podem ser mudadas ou substituídas. Na verdade, tem-se estabelecido firmemente a idéia (em parte

---

([9]) Cf. MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? *In*: ESCOLA DE VERÃO FEUSP, 3a. *Caderno de Textos*. São Paulo, FEUSP, 1994, p. 55.

questionável, como veremos) de que a aprendizagem é, em essência, um processo de mudança.

Entre os modelos de ação didática que as correntes construtivistas têm proposto a fim de enfrentar a problemática das idéias alternativas, um modelo muito importante e enfatizado é o da *mudança conceitual*, fundamentado principalmente nos trabalhos de Posner et al. e Hewson & Thorley ([10]).

De acordo com Hewson & Thorley, a mudança conceitual é um processo em que a concepção prévia do aluno perde *status* e a concepção científica apresentada pelo professor ganha *status*. Uma concepção que o aluno tende a reter é aquela que para ele é *inteligível*, *plausível* e *proveitosa*. 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 proveitosas que as concepções de senso comum que possui atualmente. Para que isto ocorra, no entanto, o professor precisará criar situações em que o aluno se torne *insatisfeito* com suas concepções prévias, isto é, situações em que as concepções prévias do aluno se tornem pouco plausíveis e pouco proveitosas ([11]).

Um aspecto importantíssimo da presente discussão são as diferenças entre as concepções de alunos e professores e as consequências disto para a aprendizagem. O ensino escolar tradicional supõe que o aluno é uma folha em branco na qual o professor poderá imprimir livremente suas palavras. Assim, nada existe internamente ao aluno que possa conduzir a uma aprendizagem defeituosa. Os problemas que ocorrem ficam por conta da incapacidade, da desatenção e do desleixo do aluno. Não é o que de fato parece ocorrer. Uma mesma palavra, uma mesma frase, um mesmo texto, uma mesma experiência (no sentido de *situação vivenciada*) são interpretados diferentemente por diferentes indivíduos. Temos então *1 ensino* e *múltiplas aprendizagens*. Se o professor afirma simplesmente que vai falar sobre *seres vivos*, o aluno pode entender que estará estudando *animais* como o cachorro e o gato, e não as plantas terrestres, as algas, os fungos, os protozoários, as bactérias, os vírus. Uma esponja e um coral são animais? Um inseto é um animal, ou este termo só se aplica aos chamados animais domésticos? O que o aluno aprende, a partir da palavra do professor, pode variar de acordo com suas experiências prévias.

Um excelente exemplo da possível divergência entre as interpretações do aluno e do professor é aquele que João Zanetic nos apresenta. Diante de uma classe de 2a. série do 1o. grau, o autor pendurou uma batata na extremidade de uma mola, sendo que a mola sofreu uma elongação bastante evidente.

> [...] Peguei um béquer transparente cheio de água. Mergulhei a batata ainda presa na extremidade da mola

---

([10]) Cf. POSNER, G. J., STRIKE, K. A., HEWSON, P. W. & GERTZOG, W. A. (1982). Accomodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education* 66(2), 211-227; HEWSON, P. W. & THORLEY, N. R. (1989). The conditions of conceptual change in the classroom. *International Journal of Science Education* 11(Special Issue), 541-553.

([11]) Cf. HEWSON, P. W. & THORLEY, N. R., op. cit., p. 542.

> nessa água. O indicador da mola voltou praticamente ao zero inicial de quando a mola estava sem carga. Aí eu perguntei para a turma: por que isso ocorreu? Esperava aquela resposta clássica: o empuxo da água devia fazer com que a batata flutuasse, como ocorre quando a gente está numa piscina ou numa banheira. Pois bem, antes desse tipo de resposta acontecer, um menininho de nove anos afirmou: "isso ocorreu porque a gravidade não atravessa a água". Fiquei espantado [...] com o modelo que aquele menino havia construído sobre a gravidade [...] ([12]).

Episódios como este evidenciam a importância dos conhecimentos prévios na comunicação entre pessoas. Uma mesma situação poderá ter significados completamente diferentes para pessoas com diferentes conhecimentos prévios.

Outro aspecto importante das concepções alternativas dos alunos é o fato de que elas freqüentemente resistem à mudança. Assim, se as idéias do aluno, ainda que cientificamente inaceitáveis, têm-se mostrado úteis na vida cotidiana, no sentido de satisfazer necessidades de explicação de fatos ou de permitir previsões que auxiliem a escolha de modos de ação frente à realidade, estando, por outro lado, firmemente assentadas na experiência pessoal, então é difícil que as práticas escolares tradicionais consigam transformá-las.

5-Breve crítica dos modelos construtivistas de aprendizagem

Conforme foi ressaltado, a proliferação de pesquisas que evidenciam a inadequação dos conhecimentos prévios que os alunos levam à escola tem dado origem à idéia de que a aprendizagem em ciências deve centrar-se principalmente num processo de mudança conceitual em que as concepções alternativas dos alunos são contestadas e em seguida substituídas pelas concepções cientificamente corretas.

Não há porém qualquer evidência de que a construção de uma concepção cientificamente correta esteja na dependência da descontrução das concepções alternativas que o indivíduo possua acerca daquele mesmo assunto. Ao que parece, as concepções alternativas podem coexistir com as concepções aceitas pela ciência e inclusive ter um papel bem definido em uma série de situações. Mortimer menciona, a esse respeito, o exemplo dos cientistas, que precisam dos significados de senso comum para que possam continuar comunicando-se normalmente com os demais indivíduos:

([12]) 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, SE/CENP, 1990, p. 18.

> [...] Uma pessoa com formação científica poderia rir da ingenuidade do pensamento infantil, capaz de inventar a entidade frio em contrapartida ao *calor*, e de distinguir duas formas de 'energia' que podem fluir de um corpo ao outro: o calor e o frio [...]. No entanto, no seu cotidiano, essa pessoa usará 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 ai nenhum vestígio de concepções ingênuas, mas o uso da palavra calor num sentido de senso comum que a nossa cultura consagrou [...] ([13]).

Assim, pode-se afirmar hipoteticamente que as pessoas retêm múltiplos significados para um mesmo conceito, sem que isso signifique prejuízo da capacidade de compreender o mundo. A tarefa da escola seria portanto a de discutir os contextos específicos em que as diferentes versões de um mesmo conceito tornam-se mais ou menos apropriadas.

Uma questão que cabe agora considerar é a do conflito cognitivo como um fenômeno *pode ou não estar presente* nos processos de aprendizagem. Há evidências de que em certos casos a construção da concepção científica não força necessariamente a eliminação da concepção alternativa correspondente (ambas passam a existir simultaneamente no indivíduo), e isto sugere que as relações entre as duas concepções não se tenham dado em termos de oposição ou conflito cognitivo, indicando que o conflito cognitivo *pode não ter tido papel algum* na elaboração de um conhecimento cientificamente correto. De fato, para evitar modificar suas idéias, teorias e convicções, o aluno pode incorporar as idéias a serem usadas no contexto cotidiano e as idéias a serem usadas no contexto escolar em diferentes setores de sua estrutura cognitiva, favorecendo o surgimento daquilo que, na criança, Osborne chamou de três tipos de ciência (ciência baseada na intuição, ciência baseada no uso cotidiano da linguagem e ciência escolar) ([14]). Outra possibilidade é o aluno construir explicações adicionais que anulem ou justifiquem as contradições observadas. É importante que percebamos que as pessoas não precisam ser internamente tão coerentes como o corpo teórico das disciplinas científicas, e que realmente não o são, o que indica que, neste particular, uma analogia estreita entre ciência e indivíduo pode conduzir a conclusões bastante inadequadas. Tudo isto nos leva a crer que as pessoas não dependem somente de situações conflituosas para poder aprender, e que o conflito cognitivo, na verdade, tem uma importância significativamente menor do que aquela

---

([13]) MORTIMER, E. F., op. cit., p. 61.

([14]) Cf. OSBORNE, R. (1985). The generative learning model and its implications for science education. *Studies in Science Education* 12, 59-87.

que lhe foi inicialmente atribuída ([15]). Pode-se também admitir que a noção de conflito que tem sido utilizada (conflito como oposição entre idéias incompatíveis) é problemática, devendo ser substituída por uma noção mais ampla que considere também as *lacunas de conhecimento* como elementos geradores de conflito. Em certos casos a construção de uma concepção cientificamente correta está bloqueada não por uma concepção alternativa, mas principalmente pela *ausência* de determinados conhecimentos que permitiriam a reordenação ou reinterpretação de conhecimentos já existentes. Numa tal situação a tarefa da escola seria a de fornecer condições para que o aluno pudesse (i) construir os conhecimentos que lhe faltam e (ii) utilizar esses conhecimentos de modo eficaz na construção da concepção científica pertinente.

Outro problema relacionado à idéia da aprendizagem como mudança conceitual é o de que nem sempre as concepções alternativas podem servir como pontos de partida para a construção das concepções cientificamente corretas. Há casos em que as concepções alternativas dos alunos vão por caminhos completamente divergentes daqueles que o professor desejaria trilhar. Vejamos o seguinte exemplo:

> [...] as explicações dos estudantes para alguns fenômenos relacionados à pressão atmosférica não auxiliam na construção da explicação científica. Os estudantes, por exemplo, explicam o colapso da embalagem de refresco, à medida em que ele é sugado, tendo como base a idéia de vácuo e a ação humana de sugar. Essas idéias não auxiliam na construção de um explicação baseada nas diferenças entre as pressões internas e externas [...].

Num caso como este, talvez o ideal fosse construir a nova explicação "em primeiro lugar", calcada em concepções prévias *que não as concepções alternativas referentes ao assunto*, o que significa que o modelo explicativo que serviria como ponto de partida para a reflexão dos alunos seria fornecido *de antemão* pelo professor ([16]).

Enfim, o professor deve estar atento para as seguintes possibilidades: (a) um novo conteúdo não precisa necessariamente ser desenvolvido a partir das concepções alternativas dos alunos; em muitos casos é mais interessante que o ensino de um dado conceito principie pela introdução de certas noções ou modelos (inteligíveis, compatíveis com determinados conhecimentos prévios dos alunos) que o professor seleciona segundo determinados critérios e não pela discussão explícita das concepções alternativas dos alunos; (b) a aquisição de um conceito científico não precisa necessariamente ser acompanhada da eliminação de antigas concepções, mesmo porque essas últimas podem apresentar utilidade em diversas situações do cotidiano do aluno; (c) uma analogia muito forte entre ciência e aprendizagem pode

---

([15]) Cf. MORTIMER, E. F., PP. 59-60.
([16]) Cf. MORTIMER, E. F., op. cit., p. 60.

conduzir à idéia de que educar é transformar o aluno num pequeno cientista, o que não só não é plausível como também pode fazer com que a escola enfatize excessivamente os aspectos racionais da personalidade do aluno em detrimento de outros aspectos que também são importantes (aspectos afetivos, aspectos psicomotores, sensibilidade artística etc.).

9-Bibliografia

Esta bibliografia compreende não apenas os títulos mencionados no presente texto como também diversos outros títulos que podem auxiliar a compreensão dos assuntos abordados.

AEBLI, H. *Didática psicológica*. Aplicação à didática da psicologia de Jean Piaget. São Paulo, Ed. Nacional, 1978 (Atualidades Pedagógicas).

BIZZO, N. M. V. A biologia numa perspectiva histórica: o darwinismo em questão. In: SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Educação. Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas. *Ensíno de biologia: dos fundamentos à prática*. São Paulo, SE/CENP, 1990. v.1.

BRUMBY, Margareth N. (1984). Misconceptions about the concept of natural selection by medical biology students. *Science Education* 68(4), 493-503.

BRUNER, J. S. *O processo da educação*. São Paulo, Ed. Nacional, 1978 (Atualidades Pedagógicas).

DEADMAN, J. A. & KELLY, P. J. (1978). What do secondary school boys understand about evolution and heredity before they are taught the topics? *Journal of Biological Education* 12(1), 7-15.

DREYFUS, A. & JUNGWIRTH, E. (1988). The cell concept of 10th graders: curricular expectations and reality. *International Journal of Science Education* 10(2), 221-229.

CARVALHO, A. M. P. & GIL-PÉREZ, D. *Formação de professores de ciências*. São Paulo, Cortez, 1993.

CARVALHO, A. M. P., LABURU, C. E., SILVA, D., MORTIMER, E. F., GONÇALVES, M. E. R., TEIXEIRA, O. P. B., ITACARAMBI, R. R., CASTRO, R. S. O construtivismo e o ensino de ciências. *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, SE/CENP, 1990, pp. 63-73.

FRACALANZA, H., AMARAL, I. A. & GOUVEIA, M. S. F. *O ensino de ciências no primeiro grau*. São Paulo, Atual, 1986 (Projeto Magistério).

FREIRE, P. *Educação como prática da liberdade*. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1983.

FURTH, H. G. *Piaget na sala de aula*. Rio de Janeiro, Forense-Universitária, 1982.

GROSSI, E. P. & BORDIN, J. (Org.). *Construtivismo pós-piagetiano*. Um novo paradigma sobre aprendizagem. Petrópolis, Vozes, 1993.

GRUPO INVESTIGACIÓN EN LA ESCUELA. *Proyecto Curricular "Investigación y Renovación Escolar" (IRES) (Versión provisional). III. El curriculo para la formación permanente del professorado*. Espanha, 1986.

HEWSON, P. W. & THORLEY, N. R. (1989). The conditions of conceptual change in the classroom. *International Journal of Science Education* 11(Special Issue), 541-553.

KUHN, T. S. *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo, Perspectiva, 1993 (Coleção Debates).

LA TAILLE, Y., OLIVEIRA, M. K. & DANTAS, H. *Piaget, Vygotsky e Wallon: teorias psicogenéticas em discussão*.São Paulo, Summus, 1992.

LAWSON, A. E. (1980). Relationships among level of intellectual development, cognitive style, and grades in a college biology course. *Science Education* 64(1), 95-102.

LAWSON, A. E. (1985). A review of research on formal reasoning and science teaching. *Journal of Research in Science Teaching* 22(7), 569-618.

LAWSON, A. E. (1988). Formal reasoning ability and misconceptions concerning genetics and natural selection. *Journal of Research in Science Teaching* 25(9), 733-746.

LONGDEN, B. (1982). Genetics - are there inherent learning difficulties? *Journal of Biological Education* 16(2), 135-140.

MIZUKAMI, MARIA DA GRAÇA N. *Ensino: as abordagens do processo*. EPU, São Paulo, 1986 (Temas Básicos de Educação e Ensino).

MOREIRA, M. A. & MASINI, E. F. S. *Aprendizagem significativa. A teoria de David Ausubel*. São Paulo, Ed. Moraes, 1982.

MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? In: ESCOLA DE VERÃO FEUSP, 3a. *Caderno de Textos*. São Paulo, FEUSP, 1994, pp.56-74.

NOVAK, J. D. *Uma teoria de educação*. São Paulo, Pioneira, 1981 (Biblioteca Pioneira de Ciências Sociais).

OCHIAI, M. (1989). The role of knowledge in the development of the life concept. *Human Development* 32, 72-78.

OSBORNE, R. (1985). The generative learning model and its implications for science education. *Studies in Science Education* 12, 59-87.

PIAGET, J. & GARCIA, R. *Psicogénese e história das ciências*. Lisboa, Publicações Dom Quixote, 1987 (Ciência Nova)

PIAGET, J. & INHELDER, B. *A Psicologia da Criança*. Difel, Rio de Janeiro, 1978.

POSNER, G. J., STRIKE, K. A., HEWSON, P. W. & GERTZOG, W. A. (1982). Accomodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education* 66(2), 211-227.

POZO, J. A., SANZ, A., GOMÉZ CRESPO, M. A. & LIM_N, M. (1991). Las ideas de los alumnos sobre la ciencia: una interpretación desde la psicologia cognitiva. *Enseñanza de las Ciencias* 9(1), 83-94.

STAVY, R., EISEN, Y. & YAAKOBI, D. (1987). How students aged 13-15 understand photosynthesis. *International Journal of Science Education* 9(1), 105-115.

VYGOTSKY, L. S. *Pensamento e linguagem*. São Paulo, Martins Fontes, 1991.

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, SE/CENP, 1990, pp. 7-19.