

ENSINO DAS CIÊNCIAS DE BASE COGNITIVA: PERSPECTIVAS ATUAIS

Jorge Bonito¹

RESUMO

Os psicólogos cognitivos encaram a aprendizagem como um processo construtivo, que resulta da interação entre o que o estudante já sabe, a informação que acolhe e o que ele realiza durante esse mesmo processo. Por conseguinte, aprender é uma criação do aluno. Este trabalho procura constituir-se como uma revisão da literatura sobre o ensino das ciências actual de base cognitiva. Mergulha no campo das concepções alternativas e no Movimento da Mudança Conceptual, no conhecimento do professor e do estudante e nas estratégias adequadas para o desenvolvimento de aprendizagem de qualidade num quadro de natureza cognitiva, procurando uma resposta para aquelas estratégias de aprendizagem que os alunos adquirem em outras experiências ou em situações de educação não estruturadas.

Palavras-chave: ensino das ciências; concepções alternativas; estratégias cognitivas.

1 DA COGNIÇÃO E DO ENSINO DAS CIÊNCIAS

Pode dizer-se que começa a ser opinião unânime entre os investigadores em ciências da educação que, dada a natureza da ciência e as ambiciosas finalidades estabelecidas para o seu ensino, só é possível compreender integralmente a metodologia científica se as estratégias adoptadas pelo professor se basearem num processo de resolução de problemas (GARCÍA, 2000; PEREIRA, 2000; BONITO, 2005). Um processo de natureza construtivista onde não existe, no ponto de vista de Tobin, Tippins e Gallard (1994)

¹ Universidade de Évora (Portugal). Licenciado em Ensino de Biologia e Geologia (Universidade de Évora); Mestre em Geociências, na Especialidade de Processos Geológicos (Universidade de Coimbra Portugal); Doutor em Ciências da Educação, na Especialidade de Formação de Professores (Universidade de Coimbra-Portugal). jbonito@uevora.pt. O autor deseja agradecer à Dr.ª Anita Helena, pelo convite endereçado para a elaboração deste trabalho.

um currículo pré-estabelecido. Num estudo desenvolvido por Anzai (1991), ficou demonstrado que as diferenças de conhecimento (perícia) no rendimento da resolução de problemas entre docentes e estudantes universitários de física estavam relacionadas com os próprios processos de resolução de problemas. Muitos dos alunos apresentavam concepções erradas ou ideias pré-concebidas, o que lhes dificultou a compreensão dos princípios básicos da física.

2 CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS

Os primeiros trabalhos no âmbito do funcionamento do pensamento do aluno surgiram com Piaget na década de 1920. Piaget (1976) dirigiu os seus estudos para as estruturas lógicas do pensamento. Fez a análise das representações espontâneas que as crianças desenvolvem acerca do mundo para darem sentido às suas experiências pessoais. Os trabalhos do autor dão-nos uma boa perspectiva dos problemas de realismo infantil e dos problemas de causalidade infantil.

Os resultados das investigações de Piaget ficaram, contudo, esquecidos cerca de 40 anos até Ausubel retomar esta linha de trabalho, desta vez centrado na reflexão acerca das concepções prévias dos alunos e das suas consequências para a aprendizagem. Na sua teoria da aprendizagem desenvolvida, Ausubel considerou que a estrutura cognitiva do aluno é um instrumento primordial para o acolhimento e integração de novas informações e conceitos. Na obra conjunta de Ausubel, Novak e Hanesian (1978) escreve-se: "o factor singular, mais importante, que influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já conhece. Descubra o que ele sabe e baseie nisso os seus conhecimentos" (folha de rosto).

O conjunto destas ideias, e os resultados que se foram obtendo neste âmbito, começaram por constituir um movimento pedagógico da década de 1980, designado por Movimento das Concepções Alternativas (MCA)², cuja tendência era atribuir o insucesso escolar essencialmente a obstáculos causados

² Na Península Ibérica, esta perspectiva surge, como objeto de preocupação dos investigadores em didática das ciências, alguns anos mais tarde, com trabalhos precursores de Carrascosa (1983, citado em CALATAYUD *et al.*, 1986), em Espanha, e de Santos e Cruz (1988), em Portugal.

por concepções alternativas que impediam a apropriação de conceitos científicos, gerando fenômenos de regressão.

As concepções alternativas, segundo Giordan e Vecchi (1988), correspondem ao conjunto de ideias coordenadas e de imagens coerentes explicativas que os alunos usam para raciocinar quando são confrontados com situações-problema, e que constituem um elemento motor na construção do conhecimento. Santos (1990) definiu-as como representações subjectivas, esquemas estruturados dotados de certa coerência interna. São esquemas mutuamente inconscientes, com individualidade, persistentes e portentosamente resistentes à mudança, que fazem recordar os modelos históricos ultrapassados da ciência. Nas concepções alternativas há um predomínio da percepção, uma continuidade espaço-temporal e uma linearidade temporal perante os acontecimentos (ALBALADEJO & ECHEVARRÍA, 2000). O MCA sustenta que o aluno, baseando-se na sua experiência, desenvolve teorias alternativas dos fenômenos científicos, cândidas, muito bem articuladas, que lhe proporcionam uma explicação causal do funcionamento do mundo. Comparativamente, os dois modos de conhecimento - concepções alternativas e conceitos científicos - apresentam características distintas (Tabela 1):

Tabela 1 - Aspectos distintivos de dois modos de conhecimento (SANTOS, 1991a).

CONHECIMENTO ASPECTOS	CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS	CONCEITOS CIENTÍFICOS
Estruturais	Solidárias de uma estrutura pensada com base numa lógica de atributos.	Mais estruturados. São pensados com base numa lógica de relações.
Contextuais	Confinam-se a determinados contextos. Sendo interiorizadas com base na experiência própria e de uma maneira que é própria, são pouco generalizáveis.	Transcontextuais e generalizáveis. Sendo construções intersubjetivas, socializadas, não se limitam a experiências e processos pessoais nem a problemas presentes e atuais.

Linguísticos	São penetradas por uma linguagem e por termos indiferenciados (linguagem do senso comum). O sentido aparente das analogias e das metáforas exerce nelas grande influência.	Recorrem a uma superestrutura linguística (linguagem científica). O uso figurativo da linguagem (analogias, metáforas, ...) é apenas um meio de «dar a ver» o que é abstrato.
Causalidade	Tendem para explicações com base	São cada vez menos comandados pelo
versus	em intenções ou motivos que levam	determinismo causal. Em biologia
Teleologia	às ações – causas penetradas por explicações finalistas (não diferenciação causa-fim). Tendem, também, para uma causalidade linear (limitam-se a apontar em sequências, mais ou menos rígidas, que tal causa produz tal efeito (causa-efeito).	evocam-se causas intrínsecas – teleonomia. É atributo do conhecimento científico a intervenção de uma rede complexa de relações causais: a causalidade linear (causa e feito) passa a orientar-se para uma causalidade circular (efeito-causa).
Hipotéticos	Tendem a não se radicar no possível, no hipotético; são «certezas» prematuras; privilegiam observações e ideias que confirmam essas «certezas».	São cada vez mais penetradas pela incerteza, pelo hipotético. Tendem a procurar na experiência o que as refuta e não apenas o que as confirma.
Preditivos	A sua capacidade previsível limita-se a fenômenos da vida corrente.	A sua capacidade previsível ultrapassa largamente as nossas capacidades de observação natural – vai até mundos possíveis.
Operativos versus	Há predominância do modo figurativo sobre o modo operativo;	Recorrem a modos predominantemente operativos.

Figurativos	radicam-se em experiências sensoriais e cinestésicas que tendem a reproduzir a realidade com base em aspectos óbvios da percepção; não resultam de uma prática especificamente orientada para as produzir.	O cientista transforma o real para o conhecer melhor com recurso a ações interiorizadas. Constrói, intencionalmente, artifícios e ignora, voluntariamente, muitos traços da situação estudada.
Aplicação	Têm um campo de aplicação muito restrito e indiferenciado; a sua aplicação limita-se a fenómenos da vida corrente.	Têm um campo de aplicação alargado, incorporam na sua própria significação as condições de aplicação.
Abstracção	Tendem para «coisificar» ou «substancializar» ideias abstractas.	Tendem para a «descoisificação» e para a abstracção matemática.

Os autores Pozo *et al.* (1991) sugeriram que todas as causas conhecidas para explicar a origem das concepções podem classificar-se em três grandes grupos: de origem sensorial (concepções espontâneas), de origem social (concepções induzidas) e de origem analógica (concepções analógicas). Os resultados das investigações de Pintrich, Marx e Boyle (1993), Linn, Songer e Eylon (1996), de Furió (1996) e de Pintó, Aliberas e Gómez (1996) nesta área parecem apontar que as experiências de vida quotidiana, mesmo as que são anteriores ao período de escolarização, são uma importante fonte de dados para o aluno se apoiar e construir as suas concepções. Em consequência, é bom aceitar que essas mesmas teorias alternativas bem desenvolvidas, com algum grau de coerência, embora incorrectas, juntamente com a experiência diária do mundo ao redor que, aparentemente, as confirmam, geram um conjunto de crenças acerca do funcionamento do mundo que é, por conseguinte, muitíssimo difícil remover ou modificar. Em alguns campos do conhecimento, são negadas as provas directas provenientes da observação no campo ou da experimentação na aula.

A este propósito, Kuhn (1989) considerou que a informação errada não se deve traduzir apenas por um conjunto de falsas crenças. Na prática, segundo o autor, a maioria dos alunos não apresenta um sistema conceptual coordenado e coerente que lhes permita compreender o meio. Os seus esquemas são incompletos e descoordenados, e derivam, basicamente, da experiência não orientada. Kuhn (1989) considera que a observação incontrolada é responsável por gerar «cientistas intuitivos» (p. 674). Esta posição não é unânime, havendo alguns autores que opinam contrariamente, como por exemplo Carey e Smith (1993), que os sistemas conceptuais dos alunos são incorrectos, mas muito bem organizados, coerentes, corroborando muitas das observações realizadas no meio natural.

Independentemente da natureza e da estrutura da concepção errada que o aluno tem consigo, não existe actualmente qualquer dúvida de que os alunos trazem consigo abundante informação inexacta acerca da explicação dos fenómenos naturais. Osborne (1991) considera que os professores devem, naturalmente, esperar que os alunos apresentem concepções alternativas e, por isso, devem pesquisá-las. Osborne, Bell e Gilbert (1983, citados em OSBORNE, 1991) opinam que não lhes parece que seja possível que os alunos abandonem as concepções alternativas que têm sem que exista um ensino que «demonstre» que as «ideias novas» são «mais inteligíveis, convincentes e frutíferas» do que as antigas crenças incorrectas que manifestam (p. 84), e que sentem como insatisfatórias em algum sentido (Posner, *et al.*, 1982, *idem*). É provável que a aquisição de novos sistemas conceptuais científicos e mais apropriados se dê de forma lenta mas, de qualquer forma, Hewson (1981, *ibidem*) adverte que qualquer mudança de ponto de vista deverá ser fruto de um processo gradual.

Sequeira e Duarte (1993) e Pintrich, *et al.* (1993) consideraram que a melhor forma de eliminar as concepções alternativas é torná-las claras e enfrentá-las directamente. Os autores opinam que o ensino deve basear-se na experiência dentro do contexto da aula e proporcionar incentivos de motivação à mudança. Ensinar os factos científicos básicos, sem preparação alguma, esperando a mudança conceptual é, segundo Pintrich (*idem*), insuficiente e não atinge os resultados pretendidos. Os referidos autores produziram uma extensa análise dos diversos estudos sobre mudança conceptual, identificando condições básicas comuns entre eles (Tabela 2).

Tabela 2 - Condições básicas para que ocorra mudança conceptual (baseado em PINTRICH, *et al.*, 1993).

CONDIÇÃO	CARACTERÍSTICA
Insatisfação	O aluno deve estar descontente com as concepções que tem acerca do mundo natural, uma vez que não conseguem explicar adequadamente os fenômenos. Se o aluno e o professor não sentirem suficientes razões para abandonar as crenças e concepções alternativas, com pouca probabilidade se dará a mudança conceptual.
Inteligibilidade Verosimilhança	As concepções novas devem ser compreensíveis e de fácil entendimento. A plausibilidade, em que não repugna acreditar, incrementa a possibilidade das novas concepções se relacionarem de forma significativa com o conhecimento já

Existente na estrutura cognitiva do aluno, e que as utilizem na resolução de problemas científicos.

Os novos marcos devem parecer frutíferos, com utilidade para facilitar a posterior investigação.

FRUTIFICAÇÃO

Outro tipo de trabalhos tem-se dedicado a averiguar os tipos de reestruturações conceptuais que se geram no seio de uma mudança conceptual. Vosniadou e Brewer (1987), mais tarde complementarmente Chinn e Brewer (1993), identificaram duas classes de mudança conceptual (Tabela 3).

CLASSE	INDICADORES
Reestruturação débil	<ul style="list-style-type: none"> • Reorganizam-se os conhecimentos existentes numa determinada área, como a geologia, por exemplo, sem aumentá-los. • Adequada quando o aluno tem conhecimento relevante pericial, embora ainda assim o conduza a erradas conclusões.

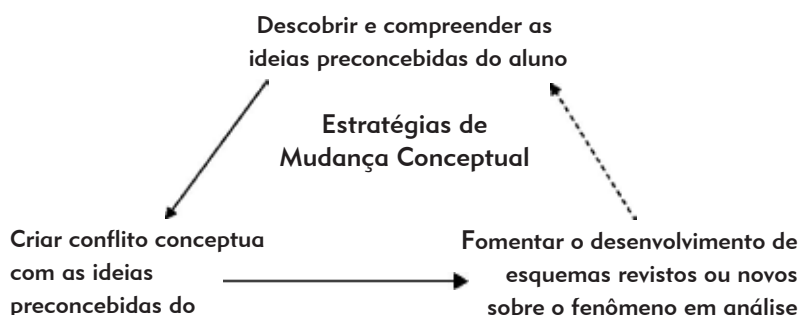
Reestruturação radical	<ul style="list-style-type: none">• Redefinição do que já se sabe e, por vezes, acrescento de novos conhecimentos.• Adequada quando o aluno dispõe de uma base de conhecimento escassa quando comparada com a do professor, e a sua teoria é distinta, em termos de estrutura, do âmbito do fenómeno que explica e dos seus conceitos individuais.• Pode ser necessária quando o aluno apresenta conhecimentos relevantes, embora careça de uma estrutura conceptual importante.
------------------------	--

Santos (1991b) radica as estratégias de mudança conceptual numa pedagogia descontinuista e do erro. Considera que é a desestruturação cognitiva, assumida como rectificação das concepções alternativas, descondicionamento do pensamento do aluno e desorganização estrutural, que abre caminho à reconstrução cognitiva, encarada como reorganização estrutural e reequilíbrio conceptual. É preciso considerar, por conseguinte, estratégias de desestruturação das concepções alternativas e das competências do pensar a elas associadas, acrescidas de estratégias metacognitivas que permitam consciencializar do que se sabe, daquilo que ainda não se sabe, e do que eventualmente se pode vir a saber.

Num trabalho precursor nesta perspectiva, de Nussbaum e Novick (1982), é proposta uma abordagem estratégica triangular para intervir na modificação das concepções alternativas (Figura 1). Num primeiro momento, o professor deve proporcionar oportunidades para que o aluno explicita as suas próprias ideias, de forma clara e concisa, dando-se relevo ao tipo de linguagem que não deve ser ignorada. Isso pode ser conseguido mediante a apresentação de actividades que conduzem o aluno a explicar as suas certezas e o seu pensamento, colocando a descoberto as suas ideias acerca do fenómeno. O aluno sentir-se-á perturbado, provocado e desafiado a invocar as suas ideias correntes. O professor não deve emitir juízos acerca da adequação das respostas dos alunos, incitando a que eles próprios as comparem. Este intercâmbio de pontos de vista entre os alunos possui interesse intrínseco e serve, igualmente, para clarificar o que cada um, em particular, pensa. Santos (1991b) sugere a

utilização, por exemplo, de associação de palavras ou de expressões, a definição de palavras, a evocação de situações (reais e imaginárias), a interpretação de desenhos, a manipulação de dispositivos, o recurso a percursos experimentais, a composição livre, o desenho livre, entre outros aspectos possíveis de considerar.

Figura 1 - Triangulação de estratégias para a mudança conceptual (baseado em NUSSBAUM & NOVICK, 1982). O tracejado representa a nova avaliação das concepções do aluno que é necessária realizar para comprovar, temporalmente, a mudança conceptual.



Com base no modelo de mudança conceptual proposto por Posner, *et al.* (1982), revisto posteriormente por Strike e Posner (1992), têm sido realizadas um sem número de investigações e de experiências didáticas em áreas do conhecimento muito distintas³ e propostos outros modelos (e.g., CHI, SLOTTA & LEEUW, 1994; VOSNIADOU, 1994; HEWSON & BEETH, 1995) de ensino baseados na mudança conceptual, com diferenças muito pontuais, estabelecendo duas condições básicas:

a) Os alunos devem sentir-se insatisfeitos com as suas próprias concepções;

b) A nova concepção deve ser compreensível plausível, e frutífera.

As explicações e os desenhos produzidos pelos alunos podem ajudar a deslocamentos discursivos para visualizar o que é abstracto, e constituir-se como alternativa à concepção que o(s) aluno(s)

³ Existem abundantes trabalhos nesta área como, por exemplo, acerca da origem das rochas, da imutabilidade do relevo, dos sismos, do sistema Terra-Sol, da especiação e extinção, e das ideias sobre o tempo geológico e a formação de montanhas, entre outros.

apresenta(m)⁴. Será preciso resistir à tentação, mesmo quando se é induzido, de apresentar aos alunos a concepção correcta. A discussão em pares é muito apropriada para, por si mesma, modificar concepções dos alunos. Podem formar-se díades de alunos com diferentes pontos de vista e pedir-lhes que escolham o «melhor desenho» e que a justifiquem. No final de um período de tempo adequado, o professor deve consciencializar os alunos da necessidade de uma prova empírica que determine as qualidades das alternativas⁵. O critério da escolha da prova deve ser aquele que, mediante um exame detalhado, elimine todas as concepções alternativas e aceite a correcta.

Num segundo momento, após escolha, análise e discussão da prova empírica, o professor deve proporcionar aos alunos apoio, para que com informação nova ou reelaborada eles possam reestruturar as suas ideias acerca da situação concreta. As repostas dos alunos, ainda que complexas, podem constituir-se alimento de estratégias metacognitivas, recorrendo a perguntas e a comentários, para levá-los até estruturas cognitivas mais complexas (estratégias dialécticas). Santos (1990) sustenta que são estas estratégias dialécticas que vão conduzir a uma síntese transformante. «Esta síntese é uma síntese a posteriori que, de forma recorrente, vai proporcionar a compreensão dos contrários que ela supera» (SANTOS, 1991b, p. 123).

Sequeira, Leite e Duarte (1993), num trabalho desenvolvido no âmbito das atitudes e das práticas dos professores portugueses de ciências relativamente às concepções alternativas, concluíram que, muito embora esta temática esteja incluída nos planos de formação da maioria das disciplinas de didáctica das ciências, o conhecimento transmitido aos alunos em formação tem um reduzido efeito nas suas futuras práticas, onde muitas das vezes há lugar a improvisação para se abordar as concepções alternativas com os seus alunos. Os autores recomendam, por isso, que a perspectiva das concepções alternativas seja um tópico largamente difundido nos cursos de didáctica e de

⁴ No caso da concepção «correcta» ou «científica» não ser a que o aluno formula, o professor pode apresentá-la como se fosse de um aluno de outra turma. ⁵ Perguntas do tipo destas «Como decides qual é o melhor desenho (ou explicação)?», ou «O que podemos fazer para melhor decidires?» contribuirão para ajudar os alunos a dar-se conta da necessidade de terem um conjunto de dados para poderem tomar uma decisão.

⁵ Perguntas do tipo destas «Como decides qual é o melhor desenho (ou explicação)?», ou «O que podemos fazer para melhor decidires?» contribuirão para ajudar os alunos a dar-se conta da necessidade de terem um conjunto de dados para poderem tomar uma decisão.

metodologia, tratado numa perspectiva construtivista e com uma abordagem muito concreta de apresentação de estudos de caso para promover a adopção dessas metodologias na escola.

3 CIÊNCIA DO PROFESSOR E CIÊNCIA DO ALUNO

A investigação sobre o conhecimento do aluno e do professor é, actualmente, um dos aspectos que tem sido bem investigado no campo da formação de professores. Alguns estudos realizados no domínio da educação em física têm contribuído com alguns dados interessantes distintivos entre as formas de resolver problemas do aluno e as maneiras utilizadas por um especialista. A nível da representação dos problemas, os professores organizam o seu conhecimento de maneira esquemática à volta de princípios científicos básicos, que frequentemente se podem retirar, implicitamente, a partir do enunciado do problema (ANZAI, 1991). Os alunos organizam os seus conhecimentos à volta da superfície estrutural da formulação explícita do problema. A activação dos esquemas relacionados com princípios fundamentais conduz a que os professores utilizem o seu conhecimento procedimental armazenado para criar formas de solucionar o problema, que são submetidas a prova relativamente aos requisitos do enunciado do problema.

Kuhn (1989) verificou que grande parte das crianças e muitos dos adultos leigos (por exemplo, adultos jovens que não foram à universidade) não eram capazes de distinguir os aspectos formal e empírico de uma teoria, ajustando os dados experimentais para se adequarem com a teoria, ou modificando a formulação da teoria para se ajustar com os dados, mesmo quando eram ambíguos ou pouco fidedignos. Estas estratégias de ajuste não podem ser aceites uma vez que impedem que as crianças organizem os dados com a teoria. Os adultos que receberam educação formal, e em particular os cientistas, demonstraram uma grande competência de coordenação. O autor individualizou três competências de pensamento científico que considerou essenciais:

- a) Possuir uma consciência explícita daquilo que a teoria assevera;
- b) Discriminar os dados que confirma a teoria daqueles que a contestam;
- c) Fundamentar as razões por que uns dados corroboram uma teoria e não sustentam outra.

Existem abundantes provas de que as crianças, e muitos adultos, não conseguem distinguir umas classes de dados de outras e muitos dos alunos universitários são incapazes de apresentar uma justificação detalhada da razão explicativa de uns dados confirmarem um ponto de vista e não outro. Com base nestas evidências, Kuhn, Amsel e O'Loughlin (1992) propuseram a adopção pelos professores de um conjunto de três estratégias de optimização da argumentação científica que, adicionadas à sugestão de Carey e Smith (1993), constituem uma competência tetralógica de raciocínio científico:

- (a) ajudar a reconhecer e a comparar teorias alternativas; praticar a coordenação de um conjunto de dados com teorias distintas;
- (b) incentivar a consciência metacognitiva do próprio processo de raciocínio científico; e
- (c) construir teoria e reflectir criticamente sobre o processo de construção.

4 DESENHANDO UM POSSÍVEL MODELO PARA ENSINAR CIÊNCIAS

A educação científica actual é claramente de natureza construtivista, diferenciando-se da anterior sistemática instrução baseada em curricula de «grandes ideias», por quatro aspectos particulares (COLLIN, BROWN & NEWMAN, 1989):

- a) Considera a diferença de conhecimento entre professores e alunos;
- b) Traduz o conhecimento declarativo em competências procedimentais;
- c) Procura fomentar uma aprendizagem autêntica mediante a participação orientada em actividades científicas da vida real;
- d) Fomenta a motivação do aluno através da utilização de uma exploração autêntica centrada em si.

No entendimento da actual perspectiva da educação em ciências, o professor deve ajudar o aluno a adquirir conhecimentos científicos, quer sejam de natureza declarativa, quer sejam procedimentos e, em maior relevo, contribuir para a compreensão da função das teorias de raciocínio científico. Esta via conduz o aluno a pensar sobre os problemas científicos em termos de leis científicas subjacentes à disciplina. A investigação neste campo, como se viu, sugere que os alunos necessitam de significativo apoio para adquirir essas competências e para fazerem as inferências com base nos

contextos de enunciados de problemas específicos. Verificou-se que o conhecimento, por si só e à margem de esquemas conceptuais bem estruturados, não é suficiente para causar procedimentos que conduzam à resolução eficaz dos problemas. É preciso escolher cuidadosamente tarefas e conhecimentos para enfrentar o grande armazém de esquemas científicos incorrectos ou incompletos que os alunos possuem e, para além disso, conduzir o aluno ao desenvolvimento e armazenamento de esquemas relacionados com as leis científicas fundamentais.

Esta visão da educação em ciência «impõe» que o ensino seja dirigido para a construção de estruturas de conhecimento, designadas de esquemas, que conduzam o aluno a envolver-se com os problemas com procedimentos de resolução proporcionados e correctos. Na opinião de Bruning, Schraw e Ronning (2002) «o segredo consiste em ajudar [o aluno] a organizar os seus conhecimentos em esquemas que sejam produtivos que estejam relacionados com os conceitos científicos fundamentais» (p. 456). Esta organização parece, de facto, ser decisiva.

Em função do quadro teórico, de natureza cognitiva, apresentado, no desenho de um possível modelo para ensinar ciências podemos formular duas perguntas-chave:

- a) Que tipo de estratégias de ensino devem ser definidas?
- b) O que fazer com aquelas estratégias de aprendizagem que os alunos adquiriram em outras experiências ou em situações de educação não estruturadas?

Como se disse, uma das finalidades da educação em ciência deve ser proporcionar ao aluno novas estratégias de aprendizagem que lhes permita adquirir informação e organizá-la. Um estudo de Roth (1985, Abril) evidenciou que algumas das estratégias de aprendizagem que os alunos adquiriram geram conflitos com a aprendizagem de novas matérias científicas. Neste trabalho foram individualizadas cinco estratégias usadas pelos alunos. Uma delas, curiosamente, traduzia uma reestruturação e afinamento das concepções alternativas.

- a) Excesso de confiança no conhecimento prévio
- b) Excesso de confiança no vocabulário do texto.
- c) Excesso de confiança na informação objectiva
- d) Excesso de confiança nas concepções existentes
- e) Estratégia de mudança conceptual

Os investigadores desta área não têm, ainda, muito claro a razão desta diversidade de estratégias de aprendizagem, embora sejam unânimes em considerar que o professor de ciências tem que as prever. Naquelas situações em que os alunos revelam uma visão epistemológica do mundo do senso comum, com baixo grau de complexidade de raciocínio científico, devem ser proporcionadas situações que condicionem o pensamento a vincular as palavras e os factos a esquemas que ajudam a compreender e a explicar melhor o mundo, afastando-se da concepção que uma teoria é um conjunto de factos baseados e dados inequívocos.

Por nossa parte, consideramos que a tarefa de ensinar do actual professor de ciências é muitíssimo mais exigente e complicada, do que era há algumas décadas atrás, quando se considerava o ensino como a simples aquisição de conteúdos. Os contributos da psicologia cognitiva na definição das teorias da aprendizagem permitiram encarar o ensino das ciências como um processo de construção da compreensão científica. Anderson e Mitchener (1994) são de opinião que os professores devem usar duas estratégias gerais didácticas, apoiadas na investigação que são, em parte, coincidentes para desenvolver a aprendizagem construtiva na aula, a saber:

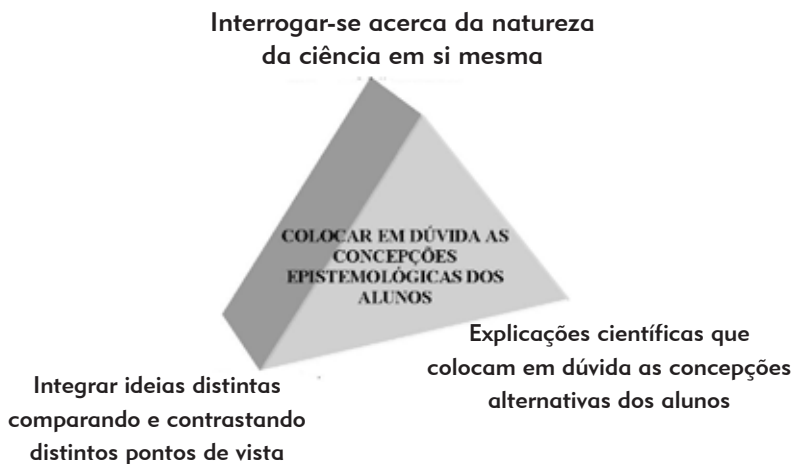
- a) Colocar em dúvida as concepções epistemológicas dos alunos;
- b) Incorporar ensino com estruturas de apoio à construção («ensino andaimado»⁶) nas quais se utilizem actividades cooperativas e de reflexão orientadas para situações autênticas.

Linn, Songer e Eylon (1996) debruçaram-se sobre as considerações de Anderson e Mitchener (1994). Consideram a primeira estratégia como uma focalização triflanqueada (Figura 2) com o objectivo de ajudar o aluno a examinar com maior discernimento as suas crenças epistemológicas, que Santos (1991b) designou de «consciencialização e/ou elucidação» (p. 118).

A focalização triflanqueada da primeira estratégia de Anderson e Mitchener (1994) (baseado em LINN, *et al.*, 1996).

⁶ O conceito de «ensino andaimado» (no original inglês *scaffolded instruction*) encontra-se, como se viu, na linha da perspectiva teórica de Vygotsky. Pressupõe que o professor proporciona aos alunos ajuda selectiva (por exemplo, formulando perguntas, dirigindo a atenção, oferecendo pistas sobre as estratégias a ter em conta, entre outras). Depois, na medida em que os alunos voltam a ser competentes, retira-se o apoio de forma gradual.

Figura 2. Focalização triflanqueada da primeira estratégia de Anderson e Mitchener (1994) (baseado em LINN, *et al.*, 1996).



No primeiro flanco da estratégia, o aluno deve interrogar-se acerca da natureza da ciência, ou seja, encontrar um consenso relativamente ao grau em que a ciência pode informar sobre questionamentos intelectuais importantes. Chinn e Brewer (1993) defenderam no seu trabalho que o «interrogatório epistemológico é um passo essencial na compreensão científica» (p. 47). De seguida, o professor deve proporcionar na aula explicações científicas claras, que colocam em suspeita as concepções alternativas dos alunos. Tobin, *et al.* (1994) verificaram que os professores com reduzidos conhecimentos da ciência que ensinam veiculam explicações menos coerentes, realizam menos questionamentos e oferecem aos alunos menos oportunidade de testar os seus conhecimentos através da construção de teorias e da sua comprovação em laboratório. Finalmente, no terceiro flanco, o aluno deverá integrar ideias distintas, comparando-as e contrastando diferentes opiniões. Neste aspecto, a aprendizagem cooperativa é aquela que oferece melhores vantagens para aumentar a elaboração e avaliação das ideias científicas.

Relativamente à segunda estratégia, existem quatro aspectos que merecem destaque. O primeiro diz respeito à selecção de finalidades gerais que coincidam com as necessidades do aluno. Como se viu, a maior parte dos especialistas recomenda que se insista na função das

competências de resolução de problemas baseadas na indagação e, também, na aquisição de conhecimentos. É preciso, posteriormente, desenvolver e discutir modelos mentais que suportem a aprendizagem, tal como os ambientes de aprendizagem cooperativos que parecem ser eficazes para este fim. A terceira característica deve potenciar aos alunos úteis meios de vinculação como, por exemplo, grupos cooperativos. Finalmente, os alunos devem reflectir acerca da sua aprendizagem através de meios de discussão e de trabalhos escritos que fomentem uma compreensão mais profunda⁷.

Em síntese, para que ocorra esta transformação na forma de ensinar e assuma com carácter de repetibilidade, até se transformar em normalidade, será necessário intervir em três campos, a saber:

- a) Formação de professores, uma vez que a carência de uma formação adequada dos professores gera obstáculos graves para um ensino científico eficaz;
- b) Nas escolas, que devem assumir o ensino das ciências eficaz como indispensável, que requer tempo e dinheiro; e
- c) Na relação entre as escolas e o público, que devem educar as suas comunidades em assuntos científicos.

Tobin e Fraser (1990) sustentam que o conhecimento do professor se relaciona com a qualidade das interações professor-aluno. Os professores com conhecimentos mais reduzidos interagem menos com os alunos e com menor êxito. Para além disso, formulam perguntas mais superficiais e não se preocupam em fomentar o pensamento construtivo nos alunos. Um ensino de qualidade elevada, por assim dizer, melhora a aprendizagem do aluno, na medida que altera as suas estruturas cognitivas (ANDERSON & MITCHENER, 1994). Um estudo longitudinal realizado por Kuhn, *et al.* (1992), acerca do ensino científico eficaz, permitiu construir algumas inferências:

- (a) o raciocínio científico melhora no decurso do tempo;
- (b) a descoberta orientada melhora o pensamento científico a um nível que supera o âmbito específico do problema;
- (c) ao longo do tempo são revistas e melhoradas as estratégias que concorrem para a resolução de um problema, dada a prolongada experimentação sobre um único problema⁸; e

⁷ Tobin, *et al.* (1994) referem, neste âmbito, que o portefólio é um instrumento muito útil na avaliação da aprendizagem.

⁸ Este aspecto revela que o aluno deve ocupar-se de um problema no período de tempo que seja necessário (ou suficiente) para descobrir a sua solução, e não passar para outro sem que tivesse conseguido resolver o anterior.

(d) o ensino de qualidade elevada aumenta a motivação do aluno e, conseqüentemente, a aprendizagem. Brunning, *et al.*, (2002) identificaram vários modos nos quais os ambientes de aprendizagem de qualidade motivam os alunos a aprender mais ciências.

São situações nas quais se usa um ensino «andaimado» e com a oportunidade de experimentar a ciência como modo directo e participativo. Aumenta-se, desta forma, a observação dos fenómenos naturais, bem como o interesse do aluno, o que se encontra relacionado com a sua dedicação e a sua aprendizagem. A autonomia dos alunos aumenta com a sua participação, estando relacionado com um maior rendimento e com metas de domínio. Por fim, a participação activa do aluno incrementa o discurso na aula inter-pares, o que se relaciona com a reestruturação do conhecimento e com a consciência metacognitiva.

Em algumas circunstâncias, os professores dizem que não têm tempo suficiente disponível para colocar em prática o programa didáctico em três fases apresentado.

Apenas excepcionalmente o fazem, com fins demonstrativos. Numa pesquisa que Clement (1983) desenvolveu com alunos universitário do curso de Física relativamente às concepções alternativas, defende que há necessidade de se dedicar muito mais tempo de ensino na universidade a examinar estas ideias pré-concebidas. O autor verificou que os docentes universitários tinham a preocupação de abranger muitos temas de física, em particular quando utilizavam uma linguagem científico-matemática formal, o que de certa forma fazia com que o aluno não conseguisse compreender de forma intuitiva os conceitos newtonianos. Se estes dados puderem ser generalizados, os cursos de ensino superior de ciências acentuam a visão da ciência como uma aquisição de vocabulário, reforçando o uso da linguagem dos alunos para fazer frente às concepções alternativas dos alunos. E se analisarmos a situação ao nível da formação de professores de ciências, dado o objectivo destes cursos, a situação pode ser considerada bem mais grave: no mínimo, corresponde a fazer ensino acerca das... em vez de com as concepções alternativas. Do nosso ponto de vista, esta é uma questão fundamental, a do desfasamento que existe entre o que se diz (quando, de facto, se diz) e o que se faz, relançando o debate sobre como se deve ensinar: usando uma temática didáctica, ou ensinando com essa temática (e.g., ensinar metacognição ou ensinar metacognitivamente).

À GUIA DE CONCLUSÃO

No estado actual dos conhecimentos provenientes da psicologia cognitiva da aprendizagem, defendemos que um ensino centrado nos três «procedimentos» que descrevemos não deve constituir a única estratégia didáctica das ciências a que o professor deve recorrer. Há necessidade, para os professores e para os alunos, de uma diversidade, que é pela natureza humana naturalmente valorizada. Kuhn, *et al.* (1992) e Linn, *et al.* (1996), como anteriormente se discutiu, assinalaram que o ensino das ciências provoca importantes transformações estruturais no modo como o aluno representa os conceitos científicos e reflecte acerca deles, quando se assume uma atitude em coordenar o conhecimento e de como se reflecte acerca dos problemas científicos, em vez se que questionar sobre o que se reflecte. O professor reflexivo, uma corrente de investigação que tem sido amplamente explorada, consegue produzir muitas variações a este modelo de abordagem, cumprindo os seus objectivos básicos: identificar as concepções alternativas dos alunos, gerar um conflito intelectual, e fomentar a acomodação cognitiva de concepções científicas mais maduras.

Tendo por base as anteriores considerações, os principais contributos da psicologia cognitiva para o ensino das ciências podem ser sintetizados num modelo envolvente, que designámos de octópode pedagógico (BONITO, 2008):

- (a) Processo de resolução de problemas;
- (b) Identificar as concepções alternativas;
- (c) Enfrentar, de imediato, as concepções alternativas;
- (d) Utilizar demonstrações práticas;
- (e) Dar tempo suficiente para reestruturar o conhecimento;
- (f) Supervisionar a utilizar de estratégias disfuncionais;
- (g) Ajudar a compreender a natureza das teorias científicas;
- (h) Envolver o núcleo familiar.

ABSTRACT

Cognitive psychologist think of learning as a constructive process, which results from the interaction between what student already know, the information he receives and what he does during this

process. Therefore, learning is a creation of the student. This paper seeks to establish itself as a review of the literature on the current science teaching of cognitive base. Immerse itself in the field of misconceptions and the Movement of Conceptual Change, in teacher and student knowledge and the strategies required to develop quality learning within a framework of cognitive nature, seeking an answer to those learning strategies that students acquire in other experiences or situations of unstructured education.

Key words: Science teaching, misconceptions, cognitive strategies.

RESUMÉN

Los psicólogos cognitivos entienden el aprendizaje como un proceso constructivo, que resulta de la interacción entre lo que el estudiante ya conoce, la información que recibe y lo que hace durante este proceso. Por lo tanto, el aprendizaje es una creación del estudiante. Este trabajo pretende constituirse como una revisión de la literatura sobre la actual enseñanza de las ciencias de base cognitiva. Sumérjase en el ámbito de las concepciones erróneas y en el Movimiento de Cambio Conceptual, en el conocimiento de los docentes y de los estudiantes y en las estrategias necesarias para desarrollar un aprendizaje de calidad dentro de un marco cognitivo, buscando una respuesta para las estrategias de aprendizaje que los estudiantes adquieran en otras experiencias o situaciones de educación no estructurada.

Palabras-clave: enseñanza de las ciencias, concepciones erróneas, estrategias cognitivas.

REFERÊNCIAS

ALBALADEJO, C., & ESCHEVARRÍA, I. Ciências Experimentais. In: J. MATEO (Dir.), *Enciclopédia Geral da Educação*, Vol. 5, Alcabideche, Liarte Editora de Livros, 2000, pp. 1058-1103. ANDERSON, R., & MITCHENER, C. Research on Science Teacher Education. In: G.

Gabel (Ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, New York, Macmillan, 1994, pp. 3-44. ANZAI, Y. Learning and use of Representations for Physics Expertise. In: K. Anders e

Ensino das ciências de base cognitiva... - Jorge Bonito

- J. Smith (Eds.), *Toward a General Theory of Expertise*, New York, Cambridge University Press, 1991, pp. 64-92.
- AUSUBEL, D. P., NOVAK, J. D., & HANESIAN, H. *Educational Psychology: A Cognitive View*, 2.º ed., New York, Holt, Rinehart and Winston, 1978.
- BONITO, J. *Concepções Epistemológicas dos Professores de Biologia e de Geologia do Ensino Básico (3.º Ciclo) e do Ensino Secundário e o Caso das Actividades Práticas no Ensino das Ciências da Terra e das Ciências da Vida*. Tese de Doutoramento (inérita), Coimbra, Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação da Universidade de Coimbra, 2005.
- BONITO, J. Perspectivas actuais sobre o ensino das ciências: clarificação de caminhos. *Terrae Didactica*, 4(1), 2008, 26-42.
- BRUNING, R. H., SCHRAW, G. J., & RONNING, R. R. *Psicología Cognitiva e Instrucción*, Madrid, Alianza Editorial, 2002.
- CALATAYUD, M. L., et. al. *Iniciación a las Ciencias Físico-Químicas en la Enseñanza Media*, Valencia, Universidad de Valencia, 1986.
- CAREY S., & SMITH, C. On Understanding the Nature of Scientific Knowledge. *Educational Psychologist*, 28, 1993, 235-251.
- CHI, M. T. H., SLOTTA, J. D., & LEEUW, N. From Things to Processes: A Theory of Conceptual Change for Learning Science Concepts. *Learning and Instruction*, 4, 1994, 27-43.
- CHINN, C. A., & BREWER, W. R. The Role of Anomalous data in Knowledge acquisition: A Theoretical Framework and Implications for Science Instruction, *Review of Educational Research*, 63, 1993, 1-49.
- CLEMENT, J. A Conceptual Model Discussed by Galileo and used intuitively by Physics Students. In: D. Gentner e A. L. Stevens (Eds.), *Mental Models*, Mahwah, New Jersey, Erlbaum, 1983.
- COLLINS, A. E., BROWN, J. S., & NEWMAN, S. E. Cognitive Apprenticeship: Teaching the Craft of Reading, Writing, and Mathematics. In: L. B. Resnick (Ed.), *Cognition and Instruction: Issues and Agendas*, Mahwah, New Jersey, Erlbaum, 1989.
- ERICSSON, K. A. The Acquisition of Expert Performance. In: K. A. Ericsson (Ed.), *The Road to Excellence: The Acquisition of Expert Performance in the Arts, Sciences, Sports, and Games*, Mahwah, New Jersey, Erlbaum, 1996, pp. 1-50.
- FURIÓ, C. Las Concepciones Alternativas del Alumnado en Ciencias: Dos décadas de Investigación. *Alambique*, 7, 1996, 7-17.

Ensino das ciências de base cognitiva... - Jorge Bonito

GARCÍA, S. ¿Que Hacemos Habitualmente en las Actividades Prácticas? ¿Como Podemos Mejoralas? In: M. Sequeiro (Org.), *Trabalho Prático e Experimental na Educação em Ciências*, Braga, Universidade do Minho, 2000, pp. 43-61.

GIORDAN, A., & VECCHI, G. *Los Orígenes del Saber. De las Concepciones Personales a los Conceptos Científicos*, Sevilla, Díada Editoras, 1988.

HEWSON, P. W., & BEETH, M. E. Enseñanza para un Cambio Conceptual: Ejemplos de Fuerza y de Movimiento. *Enseñanza de las Ciencias*, 13, 1995, 25-35.

KUHN, D. Children and Adults as Intuitive Scientists. *Psychological Review*, 96, 1989, 674-689.

KUHN, D., AMSEL, E., & O'LOUGHLIN, M. *The Development of Scientific Reasoning Skills*, 2.ª ed., San Diego, Academic Press, 1992.

LINN, M. C., SONGER, N. B., & EYLON, B. Shifts and Convergences in Science Learning and Instruction. In: D. C. Berliner e R. C. Calfee (Eds.), *The Handbook of Educational Psychology*, New York, Macmillan, 1996, pp. 438-490.

NUSSBAUM, J., & NOVACK, N. Alternative Frameworks, Conceptual Conflict, and Accommodation: Toward a Principled and Teaching Strategy. *Instructional Science*, 11, 1982, 183-200.

OSBORNE, R. Construir a partir de las Ideas Intuitivas de los Alumnos. In: R. Osborne e P. Freyberg (Coords.), *El Aprendizaje de las Ciencias. Implicaciones de la Ciencia de los Alumnos*, Madrid, Narcea Ediciones, 1991, pp. 74-89.

PEREIRA, M. *Resolução de Problemas no Ensino da Biologia: Um Programa de Formação no Ano de Estágio*, Dissertação de Mestrado (inérita), Aveiro, Departamento de Didáctica e Tecnologia da Universidade de Aveiro, 2000.

PIAGET, J. *La Représentation du Monde chez l'Enfant*, Paris, Presses Universitaire de France, 1976.

PINTÓ, R. ALIBERAS, J., & GÓMEZ, R. Tres Enfoques de la Investigación sobre las Concepciones Alternativas. *Enseñanza de las Ciencias*, 14, 1996, 221-231.

PINTRICH, P. R., MARX, R. W., & BOYLE, R. A. Beyond cold Conceptual Change: The Role of Motivational Beliefs and Classroom Contextual Factors in Process of Conceptual Change. *Review of Educational Research*, 63, 1993, 167-199.

POSNER, G. J., STRIKE, G., HEWSON, & GERTZOG Accommodation of Scientific Conception: Towards a Theory of Conceptual Change. *Science Education*, 66, 1982, 211-227.

POZO, J. I., SANZ, A., GÓMEZ, M. A., & LIMÓN, M. Las Ideas de los Alumnos sobre la Ciencia: Una Interpretación desde la Psicología Cognitiva. *Enseñanza de las Ciencias*, 9, 1991, 83-94.

ROTH, K. J. *Conceptual Change Learning and Student Processing of Science Texts*. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, 69th Chicago, IL, April, 1985. Arquivo consultado em 14 de Dezembro de 2009, disponível em http://www.eric.ed.gov/ERICDocs/data/ericdocs2sql/content_storage_01/0000019b/80/2f/2e/58.pdf

SANTOS, M. E. *Mudança Conceptual na Sala de Aula. Um Desafio Pedagógico*, Lisboa, Livros Horizonte, 1990.

SANTOS, M. E. Concepções Alternativas dos Alunos. In: M. Oliveira (Coord.), *Didáctica da Biologia*, Lisboa, Universidade Aberta (1991a), pp. 73-101.

SANTOS, M. E. Mudança Conceptual na Aprendizagem. In: M. Oliveira (Coord.), *Didáctica da Biologia*, Lisboa, Universidade Aberta, 1991b, pp. 103-126.

SANTOS, M. E., & CRUZ, M. N. Possíveis Estratégias de Mudança Conceptual em Ciências: Sua Fundamentação. In: A. Moreira et al. (Orgs.), *Actas do 1.º Encontro Nacional de Didácticas e Metodologias de Ensino*, Aveiro, Universidade de Aveiro, 1988, pp. 556-563.

SEQUEIRA, M., & DUARTE, M. C. Student's Alternative Frameworks and Teaching Strategies: A Pilot Study. *European Journal of Teacher Education*, 14, 1993, 31-43.

SEQUEIRA, M., LEITE, L., & DUARTE, M. C. Portuguese Science Teacher's Education, Attitudes, and Practice Relative to the issue of Alternative Conceptions. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 1993, 845-856.

STRIKE, G., & POSNER, G. A Revision Theory of Conceptual Change. In: R. A. Duschl e R. J. Hamilton (Eds.), *Philosophy of Science, Cognitive Psychology and Educational Theory and Practice*, New York, State University of New York Press, 1992, pp. 147-176.

TOBIN, K., & FRASER, B. J. What does it mean to be an Exemplary Teacher in Science? *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 1990, 3-25.

Interdisciplinaridade e extensão ... - Sheila C. Monteiro Matos

TOBIN, K., TIPPINS, D. J., & GALLRAD, A. J. Research on Instructional Strategies for Teaching Science. In: G. L. Gabel (Ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, New York, Macmillan, 1994, pp. 45-93.

VOSNIADOU, S., & BREWER, W. F. Theories of Knowledge Restructuring in Development. *Review of Educational Research*, 57, 1987, 51-67.

VOSNIADOU, S. Capturing and Modelling the Process of Conceptual Change. *Learning and Instruction*, 4, 1994, 45-69.

Recebido em abril de 2010

Publicado em agosto de 2010