

ESTRATÉGIAS CONSTRUTIVISTAS E INVESTIGATIVAS NO ENSINO DAS CIÊNCIAS¹

Jorge Valadares - Universidade Aberta

jvalad@univ-ab.pt

Resumo

Esta comunicação incide sobre o ensino das ciências nas escolas secundárias. Vive-se agora, em Portugal, uma alteração dos currículos de ciências (Física, Química, Biologia e Geologia), tendo em vista uma melhoria do seu ensino, com uma componente experimental obrigatória.

Porém, os novos programas só por si não trarão qualquer benefício para o ensino se as estratégias dos professores não forem consideravelmente modificadas. E a reintrodução das actividades experimentais nos moldes em que se realizavam antigamente também poucos ou nenhuns benefícios trará. Investigações referidas neste trabalho têm mostrado que as expectativas relativamente às actividades experimentais não têm sido satisfeitas. Interessa reflectir neste facto e daí uma das razões deste artigo. Nele se defendem estratégias construtivistas e investigativas para diversas actividades, com especial ênfase nas actividades experimentais. Após uma definição do que se entende por estratégias construtivistas e investigativas, que passam pela criação de ambientes que aqui serão caracterizados, é defendido o recurso a metodologias e instrumentos guiados pela teoria da aprendizagem significativa, uma teoria construtivista em que, e com a qual, há vários anos vimos trabalhando.

Termina-se apresentando alguns exemplos de Vês do conhecimento construídos especialmente para apoiar estratégias construtivistas e investigativas de abordagem de actividades experimentais dos novos programas do ensino secundário português.

¹ Este documento corresponde ao texto integral de uma conferência proferida no Encontro «O Ensino das Ciências no âmbito dos Novos Programas», no dia 4 de Maio, na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Introdução

Ao observar o desdobrável do Encontro que aqui nos reúne, «O Ensino das Ciências no âmbito dos Novos Programas», fui particularmente sensibilizado pela figura em que aparece a questão: «Que caminhos?».

Trata-se de uma questão decisiva. De facto, há que encontrar novos caminhos que conduzam a um ensino das ciências mais aliciante, motivador e frutuoso, porque mais adequado à natureza da ciência, aos princípios psicológicos do desenvolvimento e da aprendizagens dos alunos e ao mundo da informação, do conhecimento e da mudança em que vivemos.

Devemos estar conscientes de que o ensino das ciências nas escolas secundárias é condicionado por diversos factores que em grande parte nos escapam, que, por exemplo, as condições de trabalho de que dispomos raramente são as que gostaríamos de ter para desenvolver um trabalho mais individualizado com cada aluno e levar a cabo, da melhor forma, as estratégias de ensino e avaliação que vamos concebendo. Além disso, “o factor mais importante de que depende a aprendizagem dos alunos é aquilo que eles já sabem” (Ausubel *et al.*, 1978) e é um facto que os alunos sabem por vezes muito pouco quando iniciam as aulas no 10^o ano de escolaridade. Começar pelos próprios *curricula* que nem sempre são aqueles que gostaríamos que com as condições de trabalho nas escolas, com os equipamentos laboratoriais disponíveis, com o maior ou menor apoio sócio - económico em que se integram, com a formação dos professores, etc. Mas, o não controlo de muitos factores de «governança» (Gowin, 1981) do processo educativo dos nossos estudantes, não nos liberta a consciência de darmos o nosso melhor contributo pessoal para que a educação dos nossos alunos e, em particular, a sua educação científica, se processe da melhor forma possível, no contexto em que ela decorre.

Um dos factores de êxito da actividade do professor de ciências passa pelo recurso a estratégias variadas e adequadas. Mas adequadas a quê e, ou a quem? Sem dúvida aos alunos e, para tal, necessariamente adequadas à natureza daquilo que se pretende que aprendam, a ciência, e aos princípios psicológicos mais consensuais que foi possível atingir. As estratégias construtivistas e investigativas sobre que versa esta conferência procuram esse duplo suporte: serem adequadas à natureza da ciência e aos princípios psicológicos referentes ao desenvolvimento e aprendizagem das crianças. Os dois adjectivos «construtivistas» e «investigativas» estão longe de ser claros e consensuais. Torna-se pois necessário clarificar aquilo que significam.

À procura de uma definição de estratégia construtivista

Estratégias construtivistas são estratégias baseadas no construtivismo. Mas, o que é isso do construtivismo?

Não há uma resposta unânime para esta questão e muito menos uma aceitação universal do construtivismo, pelo menos nas suas formas mais radicais.

Podemos, seguindo uma linha próxima do que fez Martin Dougiamas (1998), distinguir construtivismo radical e trivial, construtivismo social, construtivismo cultural, e construtivismo crítico. E Dougiamas, neste seu artigo publicado na Internet, desconhece outras formas de construtivismo, como por exemplo o construtivismo humano (Novak, 1990, Mintzes *et al.*, 1997). Também podemos fazer outra abordagem e encarar o construtivismo como um paradigma com repercussões na filosofia da ciência, na psicologia educacional e na educação científica (Valadares, 1995, pp. 123 a 167).

Uma análise da evolução histórica de diversas ideias científicas, como por exemplo as que conduziram ao estabelecimento da Teoria da Relatividade Restrita (Valadares, 2000), uma longa reflexão sobre os problemas filosóficos do conhecimento científico baseada na leitura de diversas obras, entre as quais o livro marcante *Erkenntnistheorie*, do filósofo alemão Johannes Hessen, professor da universidade de Colónia, publicado em 1926, e traduzido para Portugal em 1987, e o conhecimento que nos proporcionou a incursão no domínio da Psicologia da Educação (com particular relevo para a Psicologia de Ausubel), conduziram-nos a uma posição dialecticamente superadora das grandes antíteses dogmatismo-cepticismo, empirismo-racionalismo e realismo-idealismo (Valadares, 1995 e 1999). A nossa visão do construtivismo humano pode ser traduzida na seguinte frase:

O conhecimento científico, qualquer que ele seja, é uma construção humana resultante de interações complexas envolvendo sujeitos e objectos em que nem uns nem outros têm a hegemonia. (Valadares, 2000).

No quadro seguinte o construtivismo surge, num contexto histórico, como superação das grandes antíteses filosóficas que procuraram responder aos grandes problemas acerca do conhecimento. São referidas, por simplicidade, apenas as filosofias mais importantes para as ciências e alguns dos primitivos defensores das mesmas (Idem).

PROBLEMAS	ANTÍTESES HISTÓRICAS	SUPERAÇÕES
Problema da possibilidade do conhecimento	<p>(i) Dogmatismo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dogmatismo ingénuo (pré-socráticos) - Dogmatismo teórico (diversos pensadores) <p>(ii) Cépticismo</p> <ul style="list-style-type: none"> - Céptic. radical ou absoluto (Pirrón de Elis) - Céptic. intermédio (Arcesilao e Carneades) - Positivismo (Augusto Comte) - Neopositivismo - Subjectivismo (sofistas) - Relativismo (Oswaldo Spengler) - Pragmatismo (William James, Schiller) 	<p>Críticismo (cujo fundador foi Kant)</p> <p>Construtivismo</p>
Problema da origem do conhecimento	<p>(i) Racionalismo</p> <ul style="list-style-type: none"> - Racionalismo transcendente (Platão) - Racion. teológico (Sto Agostinho e Malebranche) - Racionalismo imanente (Descartes, Leibnitz) - Racionalismo lógico (séculos XIX e XX) <p>(ii) Empirismo</p> <ul style="list-style-type: none"> - Empirismo inglês do século XVIII (Locke) - Sensualismo (Condillac) 	<p>Intelectualismo (cujo fundador foi Aristóteles)</p> <p>Apriorismo (cujo fundador foi Kant)</p> <p>Construtivismo</p>
Problema da essência do conhecimento	<p>(i) Realismo</p> <ul style="list-style-type: none"> - Realismo ingénuo (pré-socráticos) - Realismo natural (Aristóteles) - Realismo crítico (Demócrito, Galileu, etc.) - Realismo volitivo (Maine de Birau, Guilherme Dilthey, Max Scheler) <p>(ii) Idealismo</p> <ul style="list-style-type: none"> - Idealismo subjectivo ou psicológico (Berkeley) - Empiriocriticismo (Avenarius, Mach) - Idealismo objectivo ou lógico (neokantismo da Escola de Marburgo) 	<p>Fenomenalismo (fundado por Kant)</p> <p>Construtivismo</p>

Ser filosoficamente construtivista é, pois, não ser dogmático nem céptico, não ser empirista nem racionalista, não ser nem realista nem idealista, mas aceitar e superar argumentos de todas estas filosofias.

Tal como afirma o filósofo actual Kuno Lorenz (1999, p. 148),

“toda a disputa moderna, que, no princípio, se desenrolou entre o racionalismo clássico e o empirismo – incluindo os seus cognatos analíticos no século XX, o racionalismo lógico e o empirismo lógico, e, presentemente, o mentalismo e o behaviourismo, ou as recentes fusões de estruturalismo e funcionalismo “de cima para baixo” ou “de baixo para cima”, no que diz respeito à fundação do conhecimento científico – toda essa moderna disputa pode basicamente ser compreendida como uma disputa sobre o que é que vem primeiro, a

forma ou a matéria, os poderes da mente ou os poderes da natureza, disputa essa na qual as duas partes se encontram, em regra, completamente cónscias do facto que a mente pertence à natureza e que falar da natureza é uma particular realização da mente.”

Sem o recurso ao conteúdo da mente seria impossível interrogar a natureza e sem os dados fornecidos pela natureza não haveria mais conhecimento científico na mais rica das mentes.

É, pois, descabido defender-se um método, seja ele empírico-indutivista ou racionalista, conforme se mostra através das respectivas simulações que se seguem:

Simulando um modelo de método científico empirista...

1º - *Observação*: aplicar atentamente os sentidos, fazer as medições com todo o cuidado para recolher dados científicos o mais exactamente possível.

2º - *Hipótese*: fazer uma suposição acerca da lei que explica o fenómeno.

3º - *Experimentação*: recriar o fenómeno no laboratório, usando os aparelhos experimentais e as regras de Francis Bacon, preenchendo uma «tábua de presenças», outra «de ausências» e «outra de graus» ou, querendo ser mais actual, a metodologia de Stuart Mill, um refinamento da de Bacon ou, querendo ser ainda mais moderno, recorrendo às actuais tabelas de dupla ou tripla entrada, estatísticas, etc.

4º - *Indução*: generalizar as regularidades encontradas com as transformações dos dados obtidos experimentalmente para todos os fenómenos análogos ao fenómeno em causa.

5º - Etc., etc.

Crítica

No ponto 1 há que aplicar atentamente os sentidos. Para observar o quê? Ao acaso? Estamos à espera que a natureza se encarregue de nos dar de bandeja os dados de que nós necessitamos? Falta uma reflexão profunda para sabermos o que vamos observar e como vamos observar. Falta um passo 0 chamado reflexão (uso da mente).

Passemos ao ponto três. Como usar os aparelhos sem ter por trás um conhecimento teórico acerca do seu funcionamento, da teoria dos erros cometidos, etc.?

Simulação de um modelo de método científico racionalista...

1º- *Axiomas*: formulam-se um, dois ou três princípios com carácter axiomático, o mínimo necessário para se construir a teoria do fenómeno.

2º- *Dedução*: por meio do raciocínio hipotético - dedutivo, com todo o rigor lógico proporcionado pela Matemática, desenvolvemos uma teoria baseada nos axiomas.

3º- *Leis secundárias*: com base na teoria deduzimos racionalmente leis válidas para o fenómeno.

4º - Etc., etc.

Crítica

No ponto um são formulados princípios básicos. Mas porquê esses e não outros? Com princípios diferentes, podemos chegar a conclusões semelhantes acerca dos mesmos fenómenos. Veja-se os princípios da física newtoniana, diferentes dos da física einsteiniana e chegando a previsões semelhantes para os fenómenos de movimento a baixas velocidades.

O que nos garante que esses princípios são os correctos e não outros? Não temos qualquer garantia absoluta. O indício de quais são os correctos é fornecido pela experiência. Portanto, está escondido um ponto 0, que é: experiências vividas que indiciam os princípios adoptados.

O conhecimento de como a ciência se constrói conduz-nos ao construtivismo, mas não ao construtivismo radical, que consideramos demasiado subjectivo e céptico, dando-nos uma imagem distorcida da história e dos sucessos da ciência, tal como muito bem mostra Robert Nola (1998, p. 54) ao colocar 8 objecções a esse construtivismo. Na impossibilidade de nos debruçarmos aqui sobre essas e outras objecções ao construtivismo radical, remetemos o leitor interessado para este artigo de Nola.

Esta visão filosófica do construtivismo é acompanhada de uma visão psicológica predominantemente cognitivista. Assim, numa perspectiva psicológica, o construtivismo que defendemos tem as seguintes características (Valadares e Graça, 1998, p. 17, adaptado):

- Não considera a mente como uma «caixa negra» cognoscível através apenas das respostas a estímulos.
- Supera o objectivismo e o subjectivismo das percepções, não considerando estas nem dependentes apenas dos objectos exteriores nem dependentes apenas das ideias prévias do sujeito.
- Considera que a passagem do significado lógico do conhecimento a significado psicológico por cada mente é influenciada por factores endógenos que actuam de modo complexo, que o pensamento, sentimentos, emoções e paixões por um lado, e a acção por outro, estão envolvidos de um modo complexo no processo individual de construção do conhecimento.

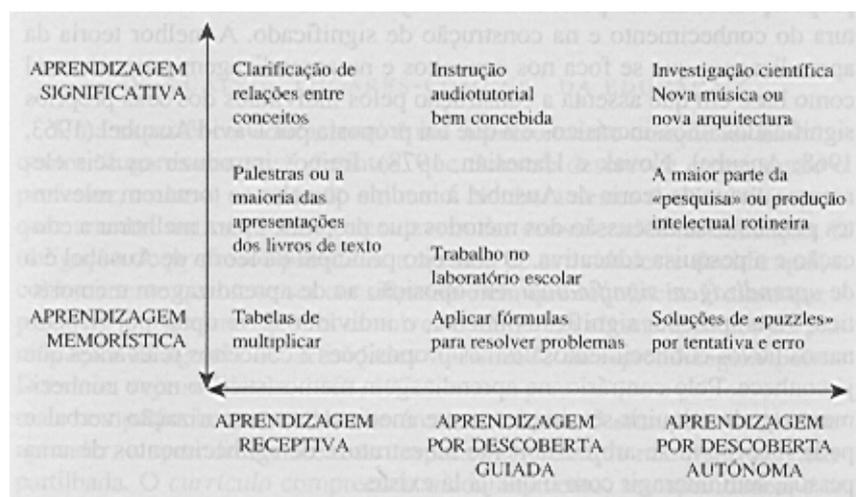
É com esta base epistemológica e psicológica que chegamos a uma nova visão pedagógica segundo a qual a aprendizagem de cada aluno é um processo activo, pessoal e idiossincrático, de construção do seu conhecimento. Nesse processo, o conhecimento prévio do aluno e a forma

como está estruturado na sua mente (estrutura cognitiva do aluno) é decisivo. A sua mente não pode de modo algum ser considerada uma «tábua rasa» que recebe gratuitamente dados do exterior e que os aceita passivamente atribuindo-lhes objectivamente sempre o mesmo significado.

Tal como afirma Scott (1987), construtivista será aquele que “entende os estudantes como aprendizes activos que vêm para as aulas de ciências já com ideias acerca dos fenómenos naturais e que eles usam para dar sentido às experiências diárias.” (in Crowther, 1997).

A mente do aluno é adaptativa, vai construindo e reconstruindo as ideias que possui à medida que vai vivendo as mais diversas experiências, de modo a adaptar-se a estas e atribuir-lhes significado. A aprendizagem, como mudança do significado das experiências, consiste em mecanismos de mudança mais ou menos acentuada da rede conceptual previamente disponível na memória, de modo a que os novos conceitos fiquem integrados, de modo mais ou menos substantivo, nessa rede conceptual modificada.

Se a integração dos conhecimentos novos for substantiva, se a mente assimilar mais ou menos profundamente os significados dos novos conceitos, a aprendizagem será significativa. Se os novos conhecimentos forem incorporados sem se integrarem na estrutura cognitiva prévia, sem modificarem os subsunçores ou conceitos integradores (Ausubel *et al.*, 1978), se forem simplesmente memorizados, então os seus significados não serão assimilados e a aprendizagem será mecânica ou memorística. Há toda uma variação contínua da aprendizagem altamente significativa à aprendizagem mecânica.



(In «Aprender a aprender», por

J. Novak e D. Gowin, 1999, Lisboa: Plátano Edições Técnicas, p.24)

Estamos agora finalmente em condições de apresentar uma primeira definição do que é uma **estratégia de aprendizagem construtivista**: é aquela **que tem em linha de conta o construtivismo, tal como o acabámos de caracterizar**.

À procura de uma definição de estratégia construtivista e investigativa

Aceitamos como um facto que a aprendizagem por recepção pode ser significativa, desde que a mente construa e reconstrua activamente o seu próprio conhecimento a partir de material potencialmente significativo que lhe é apresentado numa forma acabada (ver quadro da secção anterior). E, é preciso dizê-lo, grande parte dos conhecimentos que aprendemos ao longo da vida são aprendidos desse modo.

Na escola, o papel do professor passa também por apresentar aos alunos um maior ou menor volume de informação com a estrutura final que se pretende que o aluno aprenda. Mas grande número de capacidades, que são fundamentais no mundo de hoje, não serão estimuladas e desenvolvidas nos alunos se o professor não adoptar estratégias em que eles terão de investigar, com objectos e fenómenos, questões de complexidade adequada, à procura de respostas a essas questões. São os alunos que, mais ou menos guiados pelo professor, encontrarão as respostas às questões e, deste modo, construirão novos conhecimentos. E é desta forma que desenvolverão capacidades fundamentais para o seu futuro como membros de uma sociedade em mudança permanente.

Estas estratégias construtivistas e investigativas são particularmente recomendáveis nas actividades experimentais, mas também poderão ser utilizadas na resolução de problemas de papel e lápis ou no «desempacotamento» da informação contida numa fonte de conhecimento escrito (um *paper*, por exemplo) de modo a aprender significativamente o seu conteúdo (veremos no final um exemplo).

Mas, como neste momento há por parte dos responsáveis da educação o desejo de que haja um fortalecimento do ensino experimental das ciências, desejo esse que se espera venha a ser compartilhado pela grande maioria dos professores, é no domínio das actividades experimentais que agora nos iremos centrar. Neste domínio, as estratégias construtivistas e investigativas são realmente fundamentais.

Leslie Trowbridge e Rodger Bybee fazem uma classificação bastante exaustiva das capacidades que se poderão adquirir com as actividades experimentais (1990, p. 239 e 240). Vou-me limitar aqui a reproduzir as categorias dessas capacidades e alguns exemplos, com ligeiríssimas adaptações num caso ou noutro:

A - *Capacidades aquisitivas:*

1. *Ouvir* – ser atento, estar alerta, questionar.
2. *Observar* – ser preciso, atento, sistemático.
3. *Pesquisar* – localizar fontes, utilizar variadas fontes, ser auto-confiante, adquirir capacidades de consulta bibliográfica.
4. *Inquirir* – perguntar, intervir, corresponder.
5. Etc.

B – *Capacidades organizacionais:*

1. *Registar* – construir tábuas e mapas, trabalhar com regularidades, efectuar registos completos.
2. *Comparar* – notar em que as coisas se assemelham, procurar similaridades, notar aspectos idênticos.
3. *Contrastar* - notar em que as coisas diferem, procurar diferenças, notar aspectos distintos.
4. *Classificar* – etc.

C- *Capacidades criativas:*

1. *Planificar* – ver saídas possíveis, modos de ataque, estabelecer hipóteses.
 2. *Arquitectar* - conceber novos problemas, novas abordagens , novos utensílios ou sistemas.
 3. *Inventar* – criar um método, utensílio ou sistema
- Etc...

D – *Capacidades manipulativas*

1. *Manipular* - usar um instrumento, etc...

E – *Capacidades comunicativas*

1. *Questionar* - formular questões, etc...

Tem havido muita investigação no sentido de comparar métodos de ensino baseados em actividades experimentais com métodos baseados em actividades não experimentais e os resultados estão muito aquém das expectativas. No que respeita, por exemplo, a conhecimento conceptual, compreensão e aplicação dos processos de ciência e aquisição de atitudes positivas face à ciência, não têm sido reveladas diferenças significativas (Coulter, 1966, Siegal & Raven, 1971, Hofstein & Lunetta, 1982, Araújo, 1985, Glasson, 1989, cit. por Frade, 2000, p. 37). De facto, se continuarmos a encarar as actividades experimentais numa perspectiva fechada, empirista, condutista, na base de guiões tipo receita, continuaremos a desprezar as enormes potencialidades desse tipo de actividades. Teremos de adoptar estratégias construtivistas e investigativas se pretendermos explorar essas actividades para uma aprendizagem mais significativa da ciência e para o desenvolvimento das enormes e fundamentais capacidades que Trowbridge e Bybee referem.

A criação de ambientes adequados a uma boa aprendizagem

Uma boa aprendizagem exige a criação de um bom ambiente de aprendizagem. Vários autores referem-se a esses ambientes como ambientes construtivistas (Cunningham, Duffy and Knuth, 1993, Jonassen, 1994, Savery & Duffy, 1995).

Baseando-nos nos trabalhos destes estudiosos e no nosso próprio trabalho, vamos indicar algumas características desses ambientes construtivistas:

1ª - Põem a ênfase na construção do conhecimento e não na sua reprodução de memória.

2ª - Privilegiam as tarefas dos alunos em contextos significativos em vez das prelecções abstractas do professor fora dos contextos adequados.

3ª - Privilegiam as situações do mundo real e do dia a dia em vez das sequências de ensino rígidas e pré-determinadas.

4ª - Propiciam múltiplas representações da mesma realidade e não uma só (representações icónicas, verbais, formais, qualitativas, semiquantitativas, quantitativas, etc.).

5ª - Encorajam a reflexão crítica constante dos alunos durante as suas actividades.

6ª - Propiciam actividades dependentes do contexto e do conteúdo e têm em conta os estilos de aprendizagem dos alunos.

7ª - Estimulam a construção colaborativa do conhecimento através da negociação social e não a competição individual pela classificação.

8ª - Privilegiam a avaliação formadora que, tal como a encaramos, deve estar voltada não só para a regulação da aprendizagem de cada aluno como também para a reflexão, auto-avaliação e autocorreção da própria aprendizagem.

9ª - São agradáveis e propiciadores de boas relações interpessoais dentro e fora das aulas.

10ª - São motivadores e responsabilizadores dos alunos pelas suas próprias aprendizagens

A aprendizagem cooperativa que estes ambientes estimulam deve ser levada a cabo tendo em linha de conta os estudos que têm sido efectuados sobre esse tipo de aprendizagem. Hoje já dispomos de boas obras sobre esse tema, por exemplo a de Johnson e Johnson (1987).

Afirmou-se que os ambientes construtivistas deverão ter em linha de conta os estilos de aprendizagem dos alunos. Alguns pesquisadores classificaram mesmo os alunos de acordo com o estilo de aprendizagem. Fernandez e Placing (2000) referem a seguinte classificação:

- os *visualisadores* – recorrem imenso aos aspectos icónicos para aprenderem;
- os *verbalizadores* – aprendem explicando para si mesmos e para os outros;
- os *perguntadores* – recorrem imenso a perguntas aos outros;
- os *socializadores* – aprendem discutindo com os outros;
- os *ouvintes* – gostam de aprender ouvindo os outros.

Independentemente dos estilos de aprendizagem que deverão ser tanto quanto possível respeitados, as estratégias construtivistas e investigativas deverão fazer com que os alunos (Jonassen and Tessmer, 1996/7) sejam:

Activos – para interagirem com o ambiente e os materiais de aprendizagem que lhes são proporcionados;

Pesquisadores – para explorarem os materiais e o ambiente de aprendizagem que lhes são proporcionados;

Intencionais - procurando espontaneamente e de boa vontade atingir os objectivos cognitivos;

Dialogantes – envolvidos em diálogos uns com os outros e com o professor;

Reflexivos – articulando o que aprenderam e reflectindo nos processos e nas decisões tomadas;

Ampliativos – gerando juízos ou asserções, atributos e implicações com base no que aprenderam.

Dois autores bastante citados pelos estudiosos do construtivismo, particularmente das implicações deste na sala de aula, são Brooks e Brooks (1993 e 1999). Estes autores consideram, e bem, que a aprendizagem está longe de ser um processo linear, e

“a qualidade do ambiente de aprendizagem não é apenas função de aonde os alunos «vão terminar» nos períodos de testes ou de quantos estudantes «terminam aí». A natureza dinâmica da aprendizagem torna difícil circunscrever nos instrumentos de avaliação os limites do conhecimento e da expressão”.

Questionando os ambientes tradicionais da sala de aula e da sua «fobia» para a preparação para os testes, estes autores acabam por considerar que

“numa sala de aula construtivista, o professor procura conhecer os entendimentos dos estudantes acerca dos conceitos e, a seguir, estrutura oportunidades para os estudantes refinarem ou reverem estes entendimentos colocando-os em contradições, apresentando-lhes novas informações, colocando-lhes questões, encorajando-os à pesquisa e, ou envolvendo os estudantes em inquéritos concebidos para desafiar as suas concepções actuais.”

Ainda segundo estes autores, são 5 os princípios que deverão estar sempre presentes numa sala de aula construtivista:

- Os professores deverão procurar conhecer e valorizar os pontos de vista dos alunos.
- As actividades da sala de aula deverão desafiar as suposições dos alunos.
- Os professores deverão colocar problemas cuja relevância emerge do aluno.
- Os professores deverão conceber as suas aulas em torno de conceitos primários e “grandes” ideias, no sentido da sua abrangência e generalidade.
- Os professores deverão avaliar a aprendizagem dos estudantes no contexto do ensino do dia a dia.

Termina-se esta secção dedicada ao ambiente que deve presidir às actividades construtivistas e investigativas afirmando que, no fundo, o que está subjacente a este ambiente é o facto de a aprendizagem ser definitivamente aceite como uma actividade pessoal e idiossincrática de cada aluno, e que lhe deve ser dada a liberdade controlada e a responsabilidade partilhada para aprender num ambiente estimulador de diálogo e cooperação em que o professor é um apoiante e facilitador, um mediador fundamental.

O recurso a metodologias e instrumentos guiados pela teoria construtivista da aprendizagem significativa

Felizmente dispomos hoje de alguns instrumentos guiados pela teoria da aprendizagem significativa e que se encaixam perfeitamente nos ambientes construtivistas e nas estratégias construtivistas e investigativas. Iremos terminar esta conferência falando principalmente de dois desses instrumentos que são cada vez mais conhecidos, mas cujas potencialidades estão ainda muito por explorar: os mapas conceptuais e os Vês do conhecimento.

Não deixamos, porém de despertar a atenção dos presentes para outros instrumentos que ainda são pouco conhecidos e pouco trabalhados e investigados, mas em que talvez valha a pena começar a apostar como representações em espinha de peixe, gráficos K-W-L, etc. (Mintzes et al., 2000, p. 100 a 129).

Os mapas conceptuais de Novak

Mapas conceptuais são diagramas em que conceitos estão hierarquicamente dispostos e ligados entre si na forma de proposições, através do recurso a palavras de ligação. Quando um mapa conceptual é construído por um aluno, ele de certo modo «externaliza» a sua estrutura cognitiva, revelando deficiências conceptuais nesta, em particular as tão vulgares «misconceptions».

Quando um mapa conceptual é construído com base na análise de um texto, ele revela o modo como o autor do mapa «vê mentalmente» a estrutura conceptual do texto, como ele encara a organização dos conceitos, quais os que destaca como mais gerais e mais importantes e como estes estão diferenciados ao longo do texto.

Como um mapa está condicionado pelo número de dimensões que possui (quase sempre as duas dimensões do plano onde ele é construído) e pelo número de conceitos e relações conceptuais que pode possuir, ele constitui sempre uma visão grosseira da organização da estrutura conceptual que pretende retratar. Há, porém, sempre a possibilidade de construir mapas de malha cada vez mais apertada, e portanto mais minuciosos, do mesmo modo que há cartas geográficas ou mapas de estradas de malha larga para todo um país e de malha estreita para uma pequena região desse país.

Quando alguém constrói um mapa conceptual, tentando interpretar a estrutura de um assunto, ele deve ser encarado como apenas **um** mapa revelador do modo como o autor captou a referida estrutura, e nunca como **o** mapa correcto referente a esse assunto.

Não há um processo correcto único de construir mapas conceptuais porque não há um processo único de realçar o conceito principal e o modo como ele está diferenciado (muitas vezes de cima para baixo, mas também o pode ser do centro para a periferia). O que é importante é que um mapa revele uma hierarquia de conceitos coerente com a estrutura do assunto e com o contexto em que decorreu a apreensão do seu significado. O que é igualmente importante é que o mapa revele relações significativas entre conceitos na forma de proposições cientificamente correctas, o que exige uma escolha cuidadosa das palavras de ligação.

Há que não encarar os mapas conceptuais na lógica dos organigramas, dos fluxos de conceitos ou dos mapas rodoviários. A fundamentação dos mapas conceptuais assenta na *teoria da aprendizagem significativa de Ausubel*, na sua versão actual. Os mapas muito lineares são geralmente fracos, pois revelam uma fraca diferenciação e reconciliação integrativa dos conceitos, dois dos mecanismos ausubelianos de produção do conhecimento. Os bons mapas são geralmente bastante ramificados com ligações cruzadas de ramo para ramo.

Alguns dos aspectos que mais se deverão valorizar nos mapas conceptuais são os seguintes:

- o aspecto dendrítico, ou seja a existência de ramificações como numa árvore;
- a validade dos níveis de hierarquia;
- a correcção das relações entre os conceitos;
- as ligações transversais entre conceitos de ramos distintos;
- a correcção dos exemplos.

Os Vês do Conhecimento

É sabido que o conhecimento construído por cada ser humano ou pela comunidade científica tem uma estrutura, não é caótico. A análise da estrutura de uma determinada fonte de conhecimento é fundamental para podermos aprender significativamente o mesmo. O *Vê do conhecimento*, *Vê heurístico*, *Vê epistemológico* ou *Vê de Gowin* é um instrumento que permite analisar a estrutura de um dado conhecimento, identificar as suas componentes e clarificar as relações entre essas componentes.

Estamos a defender estratégias construtivistas e investigativas no ensino e, em particular, no ensino experimental. Pois bem, o Vê do conhecimento tem-se revelado um instrumento excelente para servir de orientação a actividades experimentais numa óptica construtivista e investigativa.

A sua forma é exactamente a da letra «Vê», apontando para os acontecimentos e/ou objectos sobre os quais incide a investigação que conduzirá ao conhecimento. Na parte superior, ao centro, figura a questão fulcral, ou seja o problema a investigar. Toda a investigação (muita da aprendizagem significativa de um aluno resulta de uma actividade de pesquisa pessoal) se centra nos objectos/acontecimentos e na questão fulcral ou questão-chave formulada a respeito dos mesmos.

Ao contrário do que supunham os positivistas, a pesquisa nunca é neutra, é sempre influenciada pela «ideologia» do pesquisador. Por isso é extremamente importante o lado esquerdo do Vê, onde o aluno investigador vai assumir a sua «filosofia», as teorias e os princípios em que se baseia, os conceitos que possui na sua estrutura cognitiva (um mapa conceptual, em vez de uma simples definição dos conceitos, é ainda mais esclarecedor). Toda esta «ideologia» irá influenciar o modo como o aluno observa os fenómenos/objectos, as interrogações que vai ter, as interpretações das observações, os juízos cognitivos como respostas à questão fulcral, e os juízos de valor acerca dos resultados obtidos e das suas repercussões, da metodologia utilizada, etc. Tudo isto faz parte integrante do lado direito do Vê, a que Gowin chama a componente metodológica da produção do conhecimento. A interacção entre as componentes conceptual (lado esquerdo) e metodológica (lado direito) está na base da produção do conhecimento.

Os *Vês heurísticos* construídos por um aluno, para além de servirem de orientação à produção do seu conhecimento, são instrumentos que revelam o modo como o aluno vai construindo o seu conhecimento nas mais variadas experiências educativas, realçando as dificuldades conceptuais e metodológicas. Daí o seu interesse como ferramenta de avaliação formativa e, mais do que formativa, formadora.

Alguns dos aspectos que mais se deverão valorizar numa investigação baseada num Vê do conhecimento são os seguintes:

- clareza da explicação das teorias assumidas;
- clareza da enunciação dos princípios;
- rigor da definição dos conceitos;
- rigor dos registos formulados;
- rigor das transformações dos dados;
- adequação dos juízos cognitivos;
- adequação dos juízos de valor.

Conclusão

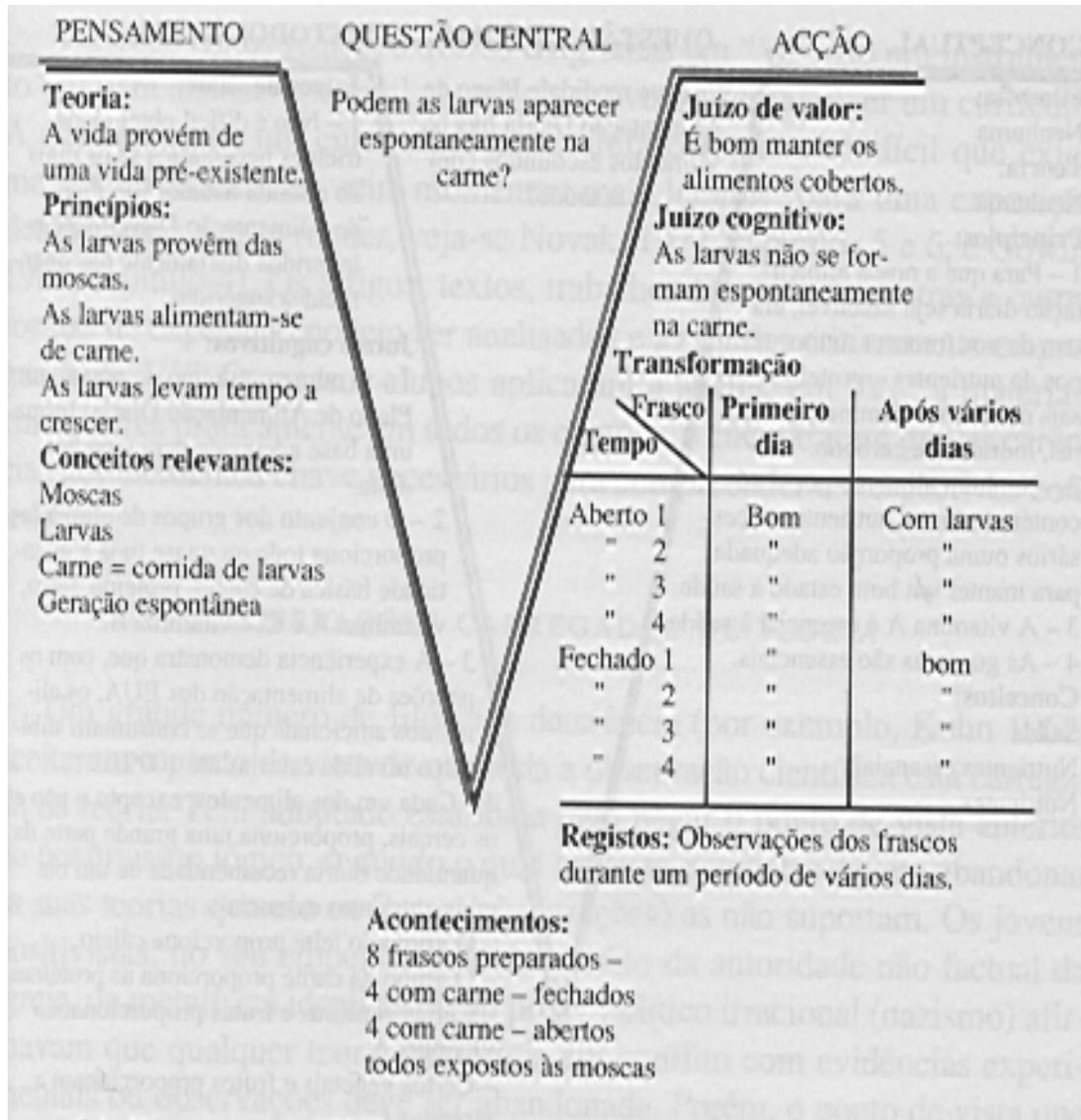
A adopção de estratégias construtivistas e investigativas obriga a que sejam respeitados determinados pressupostos epistemológicos e psicológicos, que aqui se procuraram, de um modo necessariamente sintético, formular. Na sua essência, esses pressupostos conduzem a um aluno necessariamente activo e participativo, cuja aprendizagem da ciência é uma construção pessoal e idiossincrática, ainda que mediatizada por diversos factores altamente influentes, entre os quais se destaca o papel essencial do professor. Este deverá criar um ambiente construtivista, que também se procurou caracterizar. O recurso ao trabalho cooperativo em pequenos grupos e no grupo-turma, bem concebido e orientado, a uma avaliação formadora claramente voltada para a metacognição, a actividades experimentais orientadas pelos Vês de Gowin e pelos mapas conceptuais (ou, no mínimo, pelo espírito construtivista subjacente a eles) são fortemente recomendados.

Bibliografia

- Abrecht, R. (1994).** *A avaliação formativa*. Rio Tinto: Edições Asa
- Allal, L. (1986),** *Estratégias de avaliação formativa: Concepções psicopedagógicas e modalidades de aplicação*. In L. Allal, J. Cardinet, P. Perrenoud (Orgs.). *A avaliação num ensino diferenciado*. Coimbra : Almedina.
- Anderson, O. (1992).** *Some Interrelationships between Constructivist Models of Learning and Current Neurobiological Theory, with Implications for Science Education*. Journal of Research in Science Teaching, pp. 1037-1058.
- Ausubel, D.; Novak, J.; Hanesian, H. (1980)** , *Psicologia Educacional*. Rio De Janeiro, Ed. Interamericana.
- Brooks, J.; Brooks, M. (1999).** *In Search of Understanding – The Case for Constructivist Classrooms* (revised edition). <http://www.ascd.org/readingroom/books/brooks99book.html>
- Cardinet, J. (1986).** *Avaliar é medir?* Lisboa: Asa.
- Crowther, D. (1997).** *Editorial: The Constructivist Zone*. Electronic Journal of Science Education. Vol 2, Nº 2. <http://unr.edu/homepage/jcannon/ejse/ejsev2n2ed.html>
- Damásio, A. (1995).** *O Erro de Descartes, Emoção, razão e cérebro humano*. Lisboa: Publicações Europa América.
- Dougiamas, M. (1998).** A journey into Constructivism. martin@dougiamas.com
- Durant, W. (s/d).** *História da Filosofia*. Lisboa: Edições Livros do Brasil.
- Fernandes, D. (1994).** *Avaliação na escola básica obrigatória: fundamentos para uma mudança de práticas*. In Pedro da Cunha (Org.) *Educação em Debate*. Lisboa:U.C.
- Fernandez, A.; Placing, K. (2000).** *UniServe Science*. Stage 6:web-based references and resouces. <http://science.uniserve.edu.au/>
- Galsersfeld, E. Von (1978).** *Radical constructivism and Piaget's concept of knowledge*. MURRAY, F.B. (Ed) *The Impact of Piagetian Theory*. Baltimore: University Park Press.
- Galsersfeld, E. Von (1996).** *Construtivismo Radical - uma forma de conhecer e aprender*. Colecção Epigénese e desenvolvimento. Lisboa: Instituto Piaget.
- Galsersfeld, E. Von (1998).** *Construtivismo Reconstructed: A reply to Schuting*. In *Constructivism in Science Education – a Philosophical Examination*. Ed. Michael Matthews, Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers.
- Gil, F. (1999).** *A ciência tal qual se faz (Prefácio)*. Lisboa: Edições João Sá da Costa.
- Goleman, D. (1997).** *Inteligência Emocional*. Lisboa: Temas e Debates.
- Gowin D. B. (1990).** *Educating*. Ithaca: Cornell University Press.
- Harper, B.; Hedberg, J. (1997).** *Creating Motivating Interactive Learning Environments: a Constructivist View*. <http://www.ascilite.org.au/conferences/perth97/papers/Harper/Harper.html>
- Hessen, J. (1987).** *Teoria do Conhecimento*. Coimbra: Arménio Amado Editora.
- Kant, I. (1990).** *Crítica da razão Pura*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Ladrière, J. (1999).** *A interpretação na ciência*. In *A ciência tal qual se faz, coordenação e apresentação de Fernando Gil*. Lisboa: Edições João Sá da Costa.
- Leal, L. (1992).** *Avaliação da aprendizagem num contexto de inovação curricular*. Tese de Mestrado. Lisboa: A.P.M.
- Lorenz K. (1999).** *Intuição e Formalism*. In *A ciência tal qual se faz, coordenação e apresentação de Fernando Gil*. Lisboa: Edições João Sá da Costa.
- Lynch, M. e Mc Nally, R. (1999).** *Aprisionando um monstro: a produção de representações num campo impuro*. In *A ciência tal qual se faz, coordenação e apresentação de Fernando Gil*. Lisboa: Edições João Sá da Costa.
- Matthews M. (1998).** *Constructivism In Science Education – A Philosophical Examination*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Mintzes, J. e Wandersee, J. (1998).** *Reform and Innovation in Science Teaching: A Human Constructivist View*. MINTZES, WANDERSEE E NOVAK (Ed) *Teaching Science for Understanding*. San Diego, London. Boston: Academic Press
- Mintzes, J., Wandersee, J. E Novak, J. (2000).** *Ensinando A Ciência Para A Compreensão*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, Colecção Plátano Universitária.

- Moreira, M. E Buchweitz, B.** (1993). *Novas Estratégias De Ensino E Aprendizagem*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, Coleção Aula Prática.
- Nola, R.** (1998). *Constructivism in Science and Science Education; A Philosophical Critique*. In *Constructivism in Science Education – a Philosophical Examination*, Edit. Michael Matthews. Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers.
- Novak, J.** (1992), *A Theory Of Education, Second Edition (Draft)*. Ithaca, N.Y. : Cornell University Press.
- Novak, J.** (1993). *Human Constructivism: a unification of psychological and epistemological phenomena in meaning making*. International Journal of Personal Construct Psychology, 6, 167-193
- Novak, J.** (1998). *Learning, Creating and Using Knowledge*. London: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Novak, J. D. e Gowin D. B.** (1984). *Learning how to Learn*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Novak, J. D. E Gowin D. B.** (1996). *Aprender A Aprender*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, Coleção Plátano Universitária.
- Petitot, J.** (1999). *Em direcção a uma física das ciências humanas*. In *A ciência tal qual se faz, coordenação e apresentação de Fernando Gil*. Lisboa: Edições João Sá da Costa.
- Piaget, J. e Garcia, R.** (1987). *Psicogénese e História das Ciências*. Lisboa: Publicações Dom Quixote.
- Pinto, J.** (1994). *Teoria e práticas de avaliação: entre o passado e o presente, que perspectivas para o futuro?*. Adaptação livre de um texto de Jean Cardinet. *Corriger Les Copies*. Paris: Hachette.
- Schurmann, P.** (1946). *História de la Física*, 1º e 2º volumes. Buenos Aires: editorial Nova.
- Schwab, J.** (1964). *Problems, Topics and Issues*. In S. Elam, *Education and the Structure of Knowledge*. Chicago, IL: Rand McNally.
- Schwab, J.** (1973). *The Practical 3: Translation Into Curriculum*. *School Review*, 81 (4):501-22
- Trowbridge, J. e Wandersee, J.** (1998). *Theory-Driven Organizers*. In Mintzes, J. et al., *Teaching Science for Understanding – a Human Constructivist View*. San Diego: Academic Press.
- Valadares, J.** (1988). *Avaliação educativa: perspectiva histórica e perspectiva actual*. Palestra Promovida no Forum Picoas.
- Valadares, J.** (1995). *Concepções Alternativas no ensino da Física à luz da Filosofia da Ciência*, Vol.s 1 e 2. Tese de Doutoramento. Lisboa: Universidade Aberta.
- Valadares, J.** (1999). *O Vê de Gowin: um instrumento poderoso de construção conceptual*. Comunicação ao VII Encontro Nacional - Educação em Ciências que decorreu na Universiade do Algarve (em publicação).
- Valadares, J. ; Pereira, D.** (1991). *Didáctica da Física e da Química*. Lisboa: Universidade Aberta.
- Valadares, J.; Graça, M.** (1998). *Avaliando para melhorar a aprendizagem*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, Coleção Plátano Universitária.

Vê referente a uma experiência de Biologia



In **Aprender a Aprender** (1984), de Joseph Novak e D. Bob Gowin,
Plátano Edições Técnicas, p. 131