

Bonito, J., Raposo, N., Macedo, R., & Trindade, V (2006). Desenhando um Possível Modelo para Ensinar Ciências, in J. Medina, B. V. Aguado, J. Praia e L. Marques (orgs.), *Livro de Actas do Simpósio Ibérico do Ensino da Geologia, XIV Simpósio sobre Enseñanza de la Geología e XXVI Curso de Actualização de Professores de Geociências*, (pp. 21-26), Aveiro, Universidade de Aveiro.

DESENHANDO UM POSSÍVEL MODELO PARA ENSINAR CIÊNCIAS

Designing a Possible Model to Teach Sciences

Jorge Bonito (1), Nicolau Raposo (2), Regêncio Macedo (3), Vítor Trindade (4)

¹ Departamento de Pedagogia e Educação da Universidade de Évora, Apartado 94, 7002-544 Évora (Portugal). Correio electrónico: jbonito@uevora.pt.

² Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação da Universidade de Coimbra, Rua do Colégio Novo, 3001-802 Coimbra (Portugal). Correio electrónico: nupte@fpce.uc.pt.

³ Departamento de Ciências da Terra da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Apartado 3014, 3001-401 Coimbra (Portugal). Correio electrónico: regencio@ci.uc.pt.

⁴ Departamento de Pedagogia e Educação da Universidade de Évora, Apartado 94, 7002-544 Évora (Portugal). Correio electrónico: trindade@uevora.pt.

RESUMO

Este artigo constitui-se como o primeiro de uma trilogia que procura desenhar e caracterizar um possível modelo para ensinar ciências. Congregando os conhecimentos produzidos mais recentemente no âmbito da psicologia cognitiva, reflecte-se acerca do tipo de estratégias a definir e sobre a orientação a dar a estratégias de aprendizagem que os alunos adquiriram em outras experiências ou em situações de educação não estruturadas. Por último apresenta-se um modelo de rendimento dos alunos em ciências, frequentemente esquecido pelos pedagogos e pelos professores.

Palavras-chave: educação científica, esquemas, informação, organização, rendimento prévio.

SUMMARY

This paper is constituted as the first of a trilogy that tries to design and to characterise a possible model to teach sciences. Congregating the knowledge produced more recently in the extent of the cognitive psychology, reflect-if concerning the type of strategies to define and about the orientation to give to learning strategies that the students acquired in other experiences or in no structured education situations. Last he/she come a model of the student's income in sciences, frequently forgotten by the educators and by the teachers.

Key-words: scientific education, scheme, information, organization, previous income.

1. Uma primeira aproximação à educação científica actual

Enquanto que Linn, Songer e Eylon (1996) sustentam que, até ao início da segunda metade do pretérito século, o ensino das ciências se caracterizava por uma sistemática instrução baseada em *curricula* de «grandes ideias», Collin, Brown e Newman (1989) consideram que a educação científica actual é claramente de natureza construtivista, diferenciando-se da anterior por quatro aspectos particulares (Figura 1).

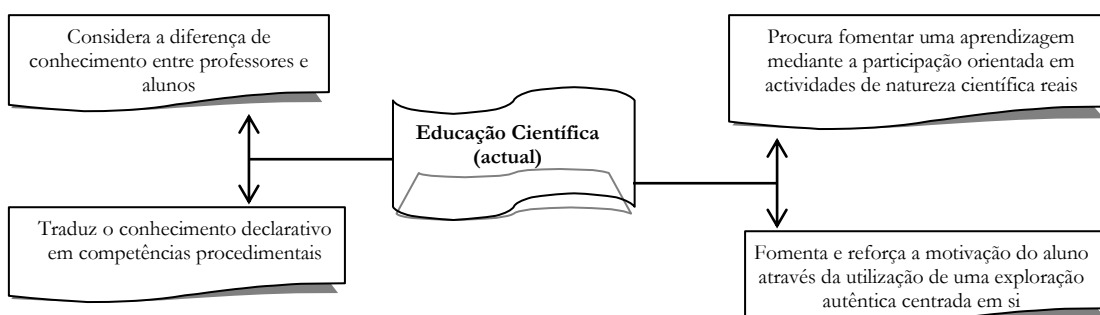


Figura 1. Principais características da educação científica actual (baseado em Collin, Brown e Newman, 1989).

No entendimento da actual perspectiva da educação em ciências, o professor ajuda o aluno a adquirir conhecimentos científicos, quer sejam de natureza declarativa, quer sejam de natureza procedimental e, em maior relevo, ajuda-o na compreensão das funções das teorias de raciocínio científico, na construção das relações Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente e no desenvolvimento de atitudes científicas. Esta via conduz o aluno a pensar sobre os problemas científicos em termos de leis científicas subjacentes à disciplina. A investigação neste campo sugere que os alunos necessitam de significativo apoio para adquirir essas competências e para fazerem as inferências com base nos contextos de problemas específicos, quer lhes sejam apresentados ou formulados por eles. No caso do professor, essas mesmas inferências activam esquemas que geram processos que conduzem à aproximação de uma solução. Verificou-se que o conhecimento, por si só e à margem de esquemas conceptuais bem estruturados, não é suficiente para gerar procedimentos que conduzam à resolução eficaz dos problemas. Por outro lado, Kuhn (1989) e Linn, Songer e Eylon (1996) concluíram que é preciso escolher cuidadosamente tarefas e conhecimentos para enfrentar a grande bagagem de esquemas científicos incorrectos ou incompletos que os alunos possuem e, para além disso, conduzir o aluno ao desenvolvimento e aquisição 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 metodologicamente correctos. Na opinião de Bruning, Schraw e Ronning (1999/2002) «o segredo consiste em ajudar [o aluno] a organizar os seus conhecimentos em esquemas que sejam produtivos e que estejam relacionados com os conceitos científicos fundamentais» (p. 456). A investigação parece revelar, de facto, que esta organização é decisiva.

Em função deste quadro teórico, de natureza cognitiva, e do conhecimento actual acerca das formas como os alunos aprendem, no desenho de um possível modelo para ensinar ciências existem, do nosso ponto de vista, duas perguntas-chave a formular:

- Que tipo de estratégias de ensino devem ser definidas?
- O que fazer com as aquelas estratégias de aprendizagem que os alunos já 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 lhe permita adquirir informação e organizá-la. Um estudo de Roth (1985) evidenciou que algumas das estratégias de aprendizagem que os alunos adquiriram geram conflitos com a aprendizagem de novas matérias científicas. Neste trabalho, Roth (1985) solicitou a uma amostra de alunos de um conjunto de escolas básicas e secundárias da cidade de Chicago (E.U.A.) que lessem documentos científicos, previamente escritos para o seu ano de escolaridade, e examinou, *a posteriori*, o que cada um pensava sobre esses materiais. Foram individualizadas cinco estratégias usadas pelos alunos. Uma delas, curiosamente, traduzia uma reestruturação e afinamento das concepções alternativas.

- Excesso de confiança no conhecimento prévio

Este tipo de estratégia gera associações do material novo com o conhecimento prévio que se constitui como um sério obstáculo à absoluta compreensão de um problema ou de uma tarefa. No caso em apreciação, os alunos que usaram esta estratégia descuraram a atenção dirigida sobre a informação do texto, julgando que já conheciam os conteúdos, o que, na prática, não veio a demonstrar-se.

- Excesso de confiança no vocabulário do texto

Nesta estratégia, isola-se uma, ou várias, palavra(s) ou expressão(ões) novas do texto, amiúde fora de contexto, e assume-se que o seu uso corresponde à compreensão do conceito. Neste sentido, os alunos que usam este tipo de estratégias

consideram que, para responder a perguntas acerca de um texto, é suficiente recordar as palavras novas ou importantes, ou alguma frase sobre elas, completamente isoladas do contexto da sua própria experiência. É uma estratégia que conduz ao fracasso da aprendizagem conceptual.

- Excesso de confiança na informação objectiva

Muitos alunos têm uma visão epistemológica do mundo de senso comum, em vez de uma visão crítica. Assumem com frequência, tacitamente, que uma teoria é uma acumulação de factos baseados em dados inequívocos. Roth (1985) verificou que muitos alunos recordavam, com bastante precisão, informação factual e de outros fenómenos naturais, mas não distinguiam os aspectos fundamentais. Curiosamente, Roth (1985) verificou que estes alunos tinham boas classificações na avaliação das aprendizagens com professores que tinham uma concepção da ciência essencialmente orientada para o vocabulário.

- Excesso de confiança nas concepções existentes

Um número significativo de alunos confiava, integralmente, nas suas crenças e concepções acerca dos fenómenos naturais, como demonstram outros estudos no mesmo âmbito (Burbules e Linn, 1991; Pintrich, Marx e Boyle, 1993). Eram alunos muito motivados, que procuravam confirmar a correcção das suas concepções com o conhecimento que provinha do texto. Em algumas situações, havia informação que era desprezada ou distorcida uma vez que poderia, eventualmente, confrontar-se com as concepções dos alunos e colocá-las em causa.

- Estratégia de mudança conceptual

Os documentos escritos são considerados, para os alunos que utilizam este tipo de estratégia, como um instrumento para modificar os esquemas que possuem. Roth (1985) verificou que ao conciliar as ideias antigas com o novo material apresentado, os alunos identificavam e aprendiam as principais ideias do texto, e eram capazes de afirmar quais eram os esquemas que contestavam as suas ideias prévias. O texto era considerado uma nova fonte de conhecimento. Estes alunos transpareciam uma humildade de pensamento, afirmando que o texto os confundia, estando dispostos a rever os seus antigos esquemas face à nova informação disponível.

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. Suponhamos que os alunos afirmam que um texto novo que o professor forneceu tem, apenas, «coisas antigas». Partindo dos resultados obtidos por Roth (1985), o professor deverá expor uma situação didáctica que crie a comparação e desequilíbrio dos conceitos dos alunos. Isto deve permitir o reconhecimento de que o material apresentado é, efectivamente, novo, e que deve ser acomodado aos esquemas revistos, onde o aluno encontra uma reorganização estrutural. Por outro lado, 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 os termos e os factos a esquemas que ajudam a compreender e a explicar melhor o mundo, ultrapassando a concepção que uma teoria é um conjunto de factos baseados em informações objectivas e inequívocas.

Pela 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 do conhecimento científico. Anderson e Mitchener (1994) são de opinião que os professores devem usar duas estratégias didácticas gerais, apoiadas na investigação que são, em parte coincidentes, para desenvolver a aprendizagem construtiva na aula, a saber:

- (i) Colocar em dúvida as concepções epistemológicas dos alunos; e

(ii) Incorporar no ensino estruturas de apoio à construção do conhecimento («ensino andaimado»¹) nas quais se utilizem actividades cooperativas e de reflexão orientadas para situações autênticas.

2. Um modelo de rendimento científico

Numa crítica recente à designada pedagogia romântica e construtivista, Nuno Crato (2006) escreveu que se assiste ao «destaque exagerado na motivação», sendo «comum ouvir-se a tese de que os alunos não conseguem estudar porque os professores não os motivam, não lhes explicam a importância do que se está a estudar nem as suas aplicações» (p. 104). Contrariando esta ideia, Crato (2006) baseia-se em estudos de psicólogos canadianos e norte-americanos². Na continuação, o autor citado concluiu que «a ideia de que os alunos não obtêm sucesso porque os professores não conseguem motivá-los é insistir num aspecto parcelar do problema e fomentar a ideia errada de que nada se pode fazer sem previamente os entusiasmar» (p. 105).

Partamos, então, de uma formulação interrogativa: quais serão os factores que interferem na produção do rendimento científico para além do conhecimento especializado e das estratégias de resolução de problemas? Reynolds e Walberg (1991) procuraram, precisamente, dar resposta a esta pergunta que também, certamente, os inquietou. Na sua investigação, incluíram mais de 5 000 alunos de escolas básicas e secundárias americanas. Foram examinados possíveis factores que influenciavam o rendimento científico dos alunos como, por exemplo, o ambiente familiar, o rendimento anterior nas disciplinas de ciências, a motivação, e o tempo e a qualidade do ensino. Os investigadores, mediante o uso de uma modelação estatística, que denominaram de LISREL, conseguiram estudar as inter-relações de várias variáveis em simultâneo, podendo separar os efeitos directos³ de uma variável dos seus efeitos indirectos. Estes autores verificaram, por exemplo, que o tempo de ensino se relacionava directamente com o rendimento científico no 8.º ano de escolaridade. Assume-se esta variável com efeito directo, ou seja, mais tempo de ensino produziu maior rendimento, com independência de outras variáveis. O meio familiar influenciou o rendimento prévio de ciências (7.º ano de escolaridade), que, por sua vez, foi influenciar o 8.º ano de escolaridade, sendo considerado um efeito indirecto.

Reynolds e Walberg (1992) aplicaram os mesmos procedimentos anteriores (LISREL) no estudo do rendimento dos alunos de ciências do ensino secundário, tendo obtido idênticos resultados. O âmago das investigações permitiu-lhes construir um modelo único de rendimento em ciências, designado de «diagrama de fluxos» (Figura 2). As variáveis consideradas encontram-se representadas nas caixas, e as suas relações através de setas. A ausência de flechas significa que não foi encontrado nenhum tipo de relação estatística significativa entre as variáveis. Os valores das correlações entre variáveis determinados encontram-se ao lado das setas.

¹ O conceito de «ensino andaimado» (no original inglês *scaffolded instruction*) encontra-se 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 já utilizam as novas competências, retira-se o apoio de forma gradual.

² Baumeister, Campbell, Krueger e Vohs (2003) – Does High Self-Esteem Cause Better Performance, Interpersonal Success, Happiness, or Healthier Lifestyles?, *Psychological Science in Public Interest*, 4(1), 1-44, citados por Crato (2006).

³ Reynolds e Walberg (1991) definiram «efeito directo» quando «uma variável provoca directamente uma modificação em outra variável» (p. 102). Um efeito indirecto surge quando uma variável medeia relativamente a outras duas.

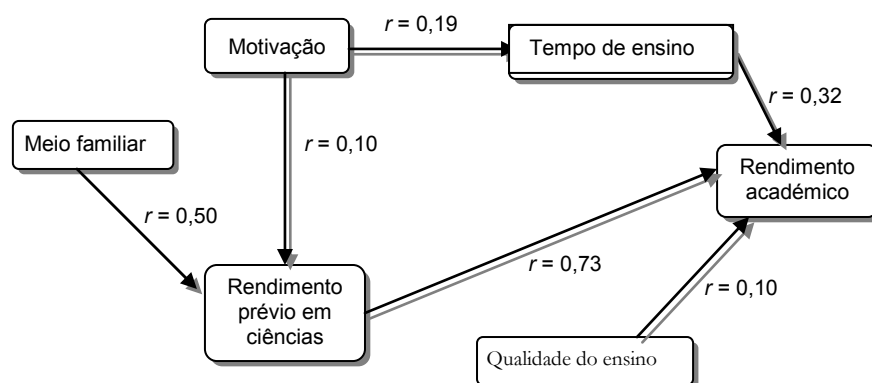


Figura 2. Diagrama de fluxos do rendimento do aluno em ciências (adaptado de Reynolds e Walberg, 1992).

A análise da Figura 2 permite verificar que se elaborem algumas considerações. O diagrama de fluxos evidencia que o rendimento prévio em ciências está intimamente relacionado com o actual ($r = 0,73$), indicador que vem sublinhar a função decisiva do conhecimento anterior e da prática distribuída na aprendizagem e na resolução de problemas científicos. Por outro lado, o tempo de ensino constitui também um factor a ter em conta no rendimento da aprendizagem das ciências ($r = 0,32$)⁴. O rendimento prévio em ciências é facilitado pelo meio familiar, que desempenha neste contexto um importante papel⁵ ($r = 0,50$).

Não foram encontradas relações expressivas que, à partida, são evidentes do ponto de vista intuitivo. Não se apurou relação estatística significativa entre o tempo e a qualidade do ensino, nem uma relação de destaque entre a qualidade de instrução e o rendimento actual em ciências ($r = 0,10$). É preciso contudo, do nosso ponto de vista, ter alguma prudência na interpretação destes resultados, que ainda assim são muito expressivos para o desenvolvimento de um rendimento em ciências de sucesso. Os dados apontam no sentido de que a quantidade de ensino é mais importante do que a sua qualidade. Todavia, como os autores não caracterizaram a variável qualidade, não podemos estar seguros da validade daquele resultado. Presumivelmente, a qualidade do ensino poderia ter sido uniformemente alta, ou baixa, em toda a amostra, condição que alteraria a magnitude da correlação observada.

3. Em jeito de síntese

Em síntese, os trabalhos de investigação apresentam como conclusão que o conhecimento prévio do aluno e o tempo dedicado ao ensino de uma tarefa produzem níveis mais elevados de rendimento académico em ciências. O meio familiar e a motivação são variáveis importantes que concorrem para o rendimento académico, reforçando as ideias das crenças de auto-eficácia e as abordagens necessariamente globais, onde intervém o núcleo familiar para melhorar a educação científica. Outras variáveis não referidas terão a sua cota parte neste processo de aprendizagem, talvez em muito menor grau do que as apontadas.

Kahle, Parker, Rennie e Riley (1993) decidiram estudar uma outra variável, não considerada no diagrama de fluxos de Reynolds e Walberg (1992): as diferenças de género. Estes autores concluíram que os alunos do género masculino se diferenciam daqueles do género feminino pela sua auto-eficácia científica e no tipo de acessos aos materiais científicos nas aulas de ciências. Estas diferenças parecem aumentar na medida em que o professor crê que os rapazes têm muito mais segurança em si mesmos, formulando-lhes perguntas de maior nível de elaboração. Os dados das investigações apontam, em geral, para a grande importância das

⁴ Algumas hipóteses explicativas podem ser adiantadas: (i) os alunos recebem um treino mais diversificado; (ii) os alunos dedicam mais tempo a estudar a resolução de um número mais reduzido de problemas, fazendo-o com maior detalhe.

⁵ Com probabilidade, as concepções e as atitudes que os pais e os irmãos (e, eventualmente, os avós) têm acerca das ciências influenciam, sobremaneira, a dedicação do aluno nas suas primeiras etapas escolares. Não é função da escola, todavia, intervir no meio familiar.

expectativas do professor relativamente ao género, que contribuem para a diferença entre os sexos relativamente à auto-segurança e ao rendimento científico. Linn, Songer e Eylon (1996) referem a este propósito, que as diferenças geradas podem ser amplamente reduzidas através de intervenções que procurem destruir os estereótipos dos professores e dos alunos.

O rendimento académico no ensino das ciências pode definir-se por três características: (i) a dotação de um conhecimento conceptual especializado; (ii) um repertório flexível de estratégias de resolução de problemas; e (iii) uma compreensão das características entre a teoria e os dados. É preciso ter presente que este rendimento se inicia no meio familiar, motivando o aluno, e que o ambiente escolar proporciona um acesso igualitário inter-pares. A aquisição de conhecimento científico e as competências necessárias para aplicar esse mesmo conhecimento são processos, em grande parte, complexos que transcendem, sem dúvida, o sistema-aula. «Nenhuma pedagogia será capaz de fazer com que os alunos acedam ao saber e ao conhecimento se ignorar os processos que os impedem de mobilizar os seus recursos intelectuais, de compreender e de aprender, quaisquer que sejam a qualidade e as competências dos pedagogos» (U.S. Secretary of Education, 2005).

É nossa convicção que num futuro imediato é preciso transformar as atitudes dos vários agentes no processo educativo se queremos, efectivamente, que os nossos alunos sejam cidadãos com capacidade de raciocínio científico e técnicos e cientistas competitivos nas empresas onde se empregam. E para que isso aconteça já⁶, é preciso haver vontades de vária ordem em todos os agentes educativos⁷.

Referências bibliográficas

- Anderson, R. D. & Mitchner, C. P. (1994)– Research on Science Teacher Education, in G. L. Gabel (ed.), Handbook of Research on Science Teaching and Learning, New York, Macmillan, pp. 3-44.
- Bruning, R. H., Schraw, G. J. & Ronning, R. R. (2002)– Psicología Cognitiva e Instrucción, Madrid, Alianza Editorial. (Trabalho original em inglês publicado em 1999)
- Burbules, N. C. & Linn, M. C. (1991)– Science Education and the Philosophy of Science: Congruent or Contradiction?, International Journal of Science Education, 13, 227-241.
- Collin, A. E., Brown, J. S. & Newman, S. E. (1989)– 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.
- Crato, N. (2006)– O 'Eduquês' em Discurso Directo. Uma Crítica da Pedagogia Romântica e Construtivista, Lisboa, Gradiva Publicações.
- Kahle, J. B., Parker, L. H. e Reniie, L. J. & Riley, D. (1993)– Gender Differences in Science Education: Building a Model, Educational Psychologist, 28, 379-404.
- Kuhn, D. (1989)– Children and Adults as Intuitive Scientists, Psychological Review, 96, 674-689.
- Linn, M. C., Songer, N. B. & Eylon, B. (1996)– 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, pp. 438-490.
- Patrício, M. F. (2000)– A Formação Antropagógica dos Professores do Ensino Superior, comunicação apresentada no Colóquio A Formação Pedagógica dos Professores no Ensino Superior, Lisboa.
- Pintrich, P. R., Marx, R. W. & Boyle, R. A. (1993)– Beyond cold Conceptual Change: The Role of Motivational Beliefs and Classroom Contextual Factors in Process of Conceptual Change, Review of Educational Research, 63, 167-199.
- Reynolds, A. J. & Walberg, H. J. (1991)– A Structural Model of Science Achievement, Journal of Educational Psychology, 83, 97-107.
- Reynolds, A. J. & Walberg, H. J. (1992)– A Structural Model of Science Achievement and Attitude: An Extension to High School, Journal of Educational Psychology, 84, 371-382.
- Roth, K. J. (1985, Abril)– Conceptual Change Learning and Student Processing of Science Texts, Comunicação apresentada na Reunião Annual da American Educational Research Association, Chicago. [Arquivo capturado em 2003, disponível em URL: <http://www.aera.com/aeraar/1985/roth/201.658/html>]
- U.S. SECRETARY OF EDUCATION (2005) – High School Leadership Summit, Secretary of Education, USA. [Arquivo capturado em 2005, disponível em URL: <http://www.ed.gov/about/offices/list/ovae/pi/hsinit/index.html>]

⁶ Alusão à inscrição «Queremos tudo! Já!», referida por Patrício (2000), escrita na parede da Cervejaria Portugália de Lisboa pelos mais radicais em 1975.

⁷ Em 14 de Junho de 2005, a Associação Académica da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, a propósito do fim das remunerações aos alunos estagiários e da não atribuição de turmas para leccionação, colocou na porta da Faculdade a seguinte inscrição: «Porque queremos saber ensinar, deixem-nos aprender».