

UM PANORAMA ACTUAL ACERCA DO ENSINO DAS CIÊNCIAS

Jorge Bonito
Universidade de Évora
<http://evunix.uevora.pt/~jbonito>

1. - Um prévio apontamento

Este texto é consequência da minha intervenção no Debate realizado por ocasião do 1.º Centenário do Nascimento do Professor Rómulo de Carvalho em 16 de Dezembro de 2006, organizado pelo Centro de Investigação em Educação «Paulo Freire» da Universidade de Évora. Nesse sentido, quero manifestar, em primeiro lugar, o meu agradecimento à Comissão Organizadora deste evento pelo convite que me foi endereçado para participar como orador e pela oportunidade que me foi proporcionada para apresentar, publicamente, os meus pontos de vista sobre o tema em discussão.

O meu primeiro contacto com a obra do Professor Rómulo de Carvalho, para além de alguma poesia musicada que eu cantava e tocava em guitarra clássica a partir de 1985, foi com o manual escolar *Física para o 10.º ano de Escolaridade/Curso Complementar*, na sua 11.ª edição de 1985, revista e actualizada de acordo com o programa vigente, publicado pela Livraria Sá da Costa Editora¹, de sua co-autoria com Alcina do Aido, Maria Adélia Passos Ponte, Maria Aurelina Martins, Maria Gertrudes Abreu Bastos, Maria Josefina Pereira e Maria Margarida Leitão. Frequentava, então, a Escola Secundária de Vitorino Nemésio, em Lisboa. Com este manual me introduzi no estudo, sob o ensino da Professora Maria de Jesus Carvalho, dos movimentos e das forças, do impulso, do trabalho e da energia e das medições de grandezas.

Mais tarde, em estudos de graduação, acabei por decidir estudar ciências da Terra e da vida, pese embora recorde as aulas que tive com satisfação e o entusiasmo que sentia por estudar física e os 17 valores que obtive como nota final na disciplina. Lamentei então, como hoje ainda o faço, que tenha estudado física, química e biologia numa escola secundária de Lisboa, nos anos lectivos de 1985-1986 a 1987-1988, sem que tivesse tido aulas em laboratórios, pelo simples facto deles não existirem². Hoje penso que o problema, ou o meu azar, foi eu ter precisamente escolhido frequentar aquela escola, com tantas outras disponíveis que ofereciam um âmbito de instalações, de actividades curriculares e projectos bem diferenciado e rico em significados que produzem. Mas disso ficaram as memórias, fundamentais para que hoje me ajudem a reflectir sobre o «novo» paradigma da qualidade³ que muitos parecem estar a (re)descobrir.

¹ Foi também a obra destes autores a adoptada para a disciplina de Física do 11.º ano na escola onde estudei, no ano lectivo de 1986-1987, em concreto a sua 14.ª edição, publicada em 1986. Por curiosidade, fui aluno neste ano lectivo do jovem Henrique Vicente, aluno universitário do Curso de Química, que é actualmente Professor Auxiliar no Departamento de Química da Universidade de Évora.

² Ainda assim, a minha Professora de Biologia, Maria Benedita Ferreira Pires, lá decidia, de quando em vez, levar para a sala de aula, que tinha como mesas estiradores, algum equipamento de laboratório para realizar esta ou aquela demonstração por si desenvolvida. Para além da ausência de laboratórios, a Escola Secundária de Vitorino Nemésio construída em madeira não tinha, há altura, nem refeitório nem ginásio para a prática da actividade física, para além de outras grandes e sérias limitações que me marcaram e também, seguramente, os demais estudantes que por lá passaram nesse período.

³ Nesse mesmo período, no *Report by Her Majesty's Inspectors on the Effects of Local Authority Expenditure Policies on Education Provision in England - 1985* (Department of Education and Science, 1986, HMSO, London), partindo do pressuposto que existia «uma relação estatisticamente significativa entre a qualidade do trabalho produzido e a adequação dos locais disponíveis» (parágrafo 60), os inspectores declararam que «muitos alunos e docentes encontram-se em locais inadaptados, que não propiciam um cenário de trabalho aceitável. Uma das consequências manifestas desta situação é que a qualidade do trabalho efectuado e os resultados obtidos pelos alunos ressentem-se disso» (parágrafo 62). Poucos anos depois, em 1989, o relatório de John Lowe e David Istance, publicado sob a responsabilidade do Secretariado Geral da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (*in* As Escolas e a Qualidade, 1992, Edições ASA) concluiu que «o 'moral' depende, por exemplo, do domínio do meio ambiente, da impressão dos progressos efectuados e da identificação com

O tema do debate do Programa de Comemoração do 1.º Centenário do Professor Rómulo de Carvalho, no qual participei, foi «O Papel da Experimentação no Ensino das Ciências e a Formação Inicial dos Professores de Ciências». Competia-me, em consequência, apresentar um conjunto de pontos de vista e debatê-los sobre este duplo aspecto que, como entendi, o segundo se subordinaria ao primeiro.

Recorrendo ao referido manual de *Física para o 10.º ano de escolaridade* (Aido et al., op. cit.), transcrevo o extracto de um texto que constitui parte da *Introdução*, que me alimentará nas considerações que fizer de seguida e que pautou, implicitamente, a minha intervenção no Debate.

Os autores escrevem, a propósito de Galileo, que:

O seu método de investigação consistiu em observar um dado facto, imaginar uma hipótese que tornasse possível interpretá-lo, recorrer à experimentação para confirmar essa hipótese e, uma vez confirmada, construir sobre ela uma teoria expositiva capaz de permitir a previsão de novos factos. (p. 10)

Este método de trabalho tornou-se, no futuro, o modelo de como se deve orientar uma investigação, e chamou-se-lhe *método experimental* embora nele o recurso à experiência seja apenas um dos passos do método. Também o mesmo se designa às vezes por *método científico*, designação menos correcta porque dá a entender que esse será o método, por excelência, a que se recorre na investigação científica, quando não é assim. (p. 11)

Retornando ao próprio tema do Debate, verifica-se hoje, sem qualquer dúvida, abundantes escritos sobre o papel da «experimentação» e do «trabalho experimental», particularmente das actividades desenvolvidas no laboratório e no campo, no ensino das ciências. Toda a comunidade académica reclama trabalho experimental ou, sendo o caso, mais e mais experimentação.

Parece-me, todavia, que esta exigência pode trazer consequências que não são as desejadas. Na verdade, no ensino durante o século XX passou-se de um período onde se usavam variadas demonstrações de conceitos associadas a muita manipulação de equipamento⁴, para um quadro cada vez mais teórico, quer fosse por limitações de recursos quer fosse por opção metodológica ou de natureza curricular⁵. Posteriormente, já no último quartel, sob influencia de reformas educativas operadas em outros países, primeiro nos Estados Unidos da América e depois na Europa, chamou-se para a ribalta o referido «trabalho experimental», o «trabalho prático» e tudo o que fosse prático, laboratório ou campo, manipulação, enfim, ocupação manual.

É deste último período a criação das disciplinas de Técnicas Laboratoriais no ensino secundário, no início da década de 1990, pese embora a inexistência de uma fundamentação epistemológica aceitável. Tive oportunidade de ser professor da disciplina de Técnicas Laboratoriais de Biologia I (TLB) no início do ano lectivo de

o espaço circundante. É pois evidente que as construções escolares podem favorecê-lo de forma apreciável. Locais em que é difícil instaurar um clima caloroso, tranquilizante e acolhedor não podem contribuir muito para melhorar a qualidade do ensino» (p. 194).

⁴ Recordemos, por exemplo, os «trabalhos práticos individuais» (Decreto 896 de 26 de Setembro de 1914).

⁵ A minha experiência enquanto aluno do ensino não-superior foi, severamente, paradigmática, afirmando-o, neste espaço, em primeira-mão. Em oito anos de escolaridade (entre o 2.º ano do Ensino Preparatório e o 12.º ano de escolaridade) frequentei estabelecimentos de ensino privados (Colégio Bartolomeu Dias, em Santa Iria de Azóia) e públicos (Escola Preparatória da Póvoa de Santa Iria e Escola Secundária de Vitorino Nemésio) sem que neles existissem laboratórios ou estivessem em uso. Foram oito anos de aprendizagens de ciência sem haver contacto, ainda que aproximado, com a resolução de problemas em espaço laboratorial. E, apesar disso, o sistema educativo não impedia que não se obtivessem boas classificações na avaliação das aprendizagens meramente teóricas.

1993-1994, quando ainda não existiam manuais para os alunos. Mediante a análise que realizei ao Programa da disciplina, pese embora a minha inexperiência docente, percebi que a sua sustentação era muito ténue. Com as limitações próprias do meu percurso no momento, tomei a iniciativa de apresentar algumas ideias e expressá-las num artigo que apelidei de *Técnicas Laboratoriais de Biologia: Um Deslumbramento Pedagógico*, publicado na revista *Brotéria Genética*⁶ em 1994. Foi o meu primeiro artigo. Nessa altura escrevi:

É verdade que as actividades laboratoriais envolvem a absorção e compreensão de factos, construção de princípios, teorias e leis. Mas, também é verdade que todas as práticas laboratoriais têm que estar teoricamente fundamentadas. Uma teoria é condição *sine qua non* de uma prática. (p. 100)

Contestei que a disciplina de Ciências da Terra e da Vida (CTV), existindo, não fosse o suporte teórico das práticas das TLB: «as CTV deveriam ser um suporte teórico efectivo e eficaz a uma prática e prática-teórica desses saberes. Uns saberes que se operacionalizam em saberes-fazer nas TLB» (p. 100). O elenco temático do Programa da disciplina de TLB iniciava com «Trabalho laboratorial em Biologia: laboratório de Biologia». Escrevi, na altura, que «não perde a validade, mas torna-se insuficiente». Sugeri, então, influenciado pelos ensinamentos do Professor Vítor Trindade (na disciplina de Didáctica da Biologia e Geologia) e do Professor Leite Videira (na disciplina de História da Ciência), que o Programa deveria fazer o seguinte desenvolvimento curricular⁷: 1. - O que é ciência?; 1.1. - De ontem até hoje; 1.2. - As leis da Natureza; 1.3. - Previsibilidade: Mister e possibilidade; 1.4. - O Mundo exterior; 1.5. - Um Universo à medida do homem. Seguia-se a proposta de um segundo capítulo dedicado à «Biologia como ciência».

Mais recentemente, a nova Reforma do ensino secundário, que veio incorporar algumas dos conhecimentos produzidos pela didáctica das ciências, percebeu que não se pode separar, por um lado, corpo doutrinal e, por outro, *praxis*. Ainda assim, regulamentou-se acerca da obrigatoriedade de se realizarem aulas práticas semanais no conjunto das demais aulas.

A estas inquietudes e tentativas de avanços e recuos nas formas de programar o ensino das ciências de forma mais eficaz coloca-se, no meu ponto de vista, a seguinte formulação: para se ser fiel à própria natureza da ciência haverá outra forma de a ensinar e aprender que não seja seguindo a própria forma como o conhecimento científico se constrói? Estou em crer que não. Em consequência, parece-me exagerado e potencialmente perigoso insistir no «papel da experimentação», quando nos deveríamos preocupar com a aprendizagem da ciência, vista no seu conjunto que, obviamente, incluirá a experimentação, mas prioritariamente a reflexão, igualmente a observação, a formulação de problema(s), o confronto entre o que se sabe (quadro conceptual) e o fenómeno ou facto procurando-se uma explicação (hipóteses).

Em verdade, uma metodologia de base que desenvolva no aluno as grandes potencialidades que existem na adopção, face a determinados problemas da nossa vida, formas de pensamento e de acção que perscrutam a solução ou dela se aproximam porque, inclusivamente, muitos problemas não necessitam de uma metodologia científica para serem resolvidos e outros há que têm solução sem recurso à experimentação, torna-se muito adequada por produzir resultados eficazes e desejados. O perigo, como anteriormente disse, é querer elevar a

⁶ J. Bonito (1994). *Técnicas laboratoriais de biologia: um deslumbramento pedagógico*, *Brotéria Genética*, XV(XC), 99-102.

⁷ É preciso ver que só mais recentemente se tem falado de um professor gestor do currículo, desenvolvendo-o e construindo-o quando é conveniente (veja-se, por exemplo, V. Trindade (2003). *Uma Perspectiva didáctica para o ensino das ciências*, in A Neto et al. (Orgs), *Didácticas e metodologias da educação* (pp. 1075-1095). Évora, Universidade de Évora.

experimentação a um estatuto tão elevado, a par da própria ciência, como se autónoma fosse.

Num processo de aprendizagem da ciência a experimentação surgirá, em determinada altura e quando reclamada, como absolutamente necessária, porque não haveria uma outra forma adequada para realizar esse processo (as aprendizagens não seriam as mesmas). São geralmente as teorias que geram as práticas e não o contrário. Foi com base nestes pressupostos, que dei o título «Um Panorama Actual acerca do Ensino das Ciências».

2. - Notas acerca do Ensino das Ciências

2.1. - Abordagem Construtivista

As orientações da educação científica actual são, claramente, de natureza construtivista, diferenciando-se da anterior visão, que era centrada numa sistemática instrução baseada em *curricula* de «grandes ideias», por quatro aspectos particulares (Figura 1.).

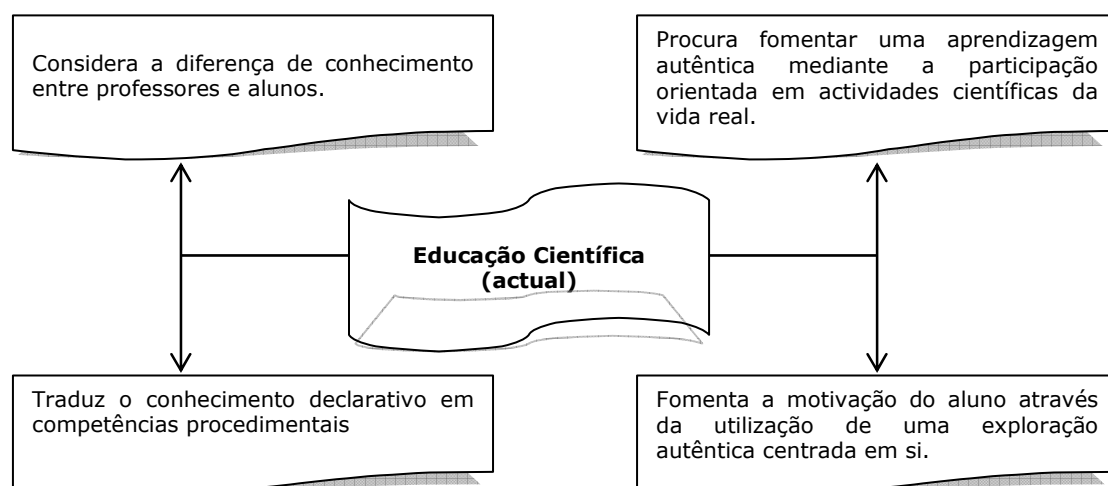


Figura 1. Principais características da educação científica actual⁸.

O termo construtivismo é de natureza ampla e apresenta relações de dependência com a filosofia, o ensino e a aprendizagem, embora assente basicamente no contributo do aluno para o significado e para a aprendizagem através da actividade individual⁹. De acordo com a perspectiva construtivista da aprendizagem, o aluno chega ao significado seleccionando informação e construindo o que sabe¹⁰. No sentido estrito, a concepção construtivista não deve ser considerada como uma teoria, mas antes como uma perspectiva explicativa que parte da consideração social e socializadora da educação escolar, integrando contributos diversos, cujo denominador comum forma um acordo à volta dos princípios construtivistas.

Solé e Coll¹¹ consideraram que a concepção construtivista é «um conjunto articulado de princípios [fundamentados em numerosos estudos empíricos] a partir dos quais é possível diagnosticar, estabelecer juízos e tomar decisões fundamentadas sobre o ensino» (p. 8). Estes princípios não determinam a acção,

⁸ Baseado em A. E. Collins, J. S. Brow e S. E. Newman (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.

⁹ L. Steffe e J. Gale (eds.) (1995) – *Constructivism in Education*, Mahwah, New Jersey, Erlbaum. J. Biggs (1996) – Enhancing Teaching Through Constructive Alignment, *Higher Education*, 32, 347-364.

¹⁰ M. Carretero (1993) – *Constructivismo y Educación*, Zaragoza, Edelvives.

¹¹ I. Solé e C. Coll (1997) – Los Profesores y la Concepción Constructivista, in C. Coll et al., *El Constructivismo en el Aula* (pp. 7-23), Barcelona, Editorial Graó.

nem conseguem antever uma previsão segura e estável do que vai acontecer em situações específicas de ensino e de aprendizagem. O processo de ensino e de aprendizagem é, como se disse, tão complexo, que há uma multiplicidade de variáveis que intervêm. A multicausalidade dos fenómenos faz com que seja muito difícil a compreensão em termos de antecedente-consequente (princípio da multicausalidade).

A investigação no campo do construtivismo carece ainda do estabelecimento de uma perspectiva paradigmática¹². De qualquer forma, a maior parte dos construtivistas tem uma visão que coincide com as dimensões do construtivismo mais influentes na psicologia e na educação, na concepção defendida por Solé e Coll (*op. cit.*). Trata-se de uma concepção de construtivismo dialéctico¹³. Não estou seguro, contudo, se esta concepção é aquela que melhor contribui para localizar os elementos que apresentam maiores probabilidades de criar uma «aula reflexiva», onde os professores e os alunos interagem de forma a estimular a construção do conhecimento e o desenvolvimento metacognitivo.

Valadares e Graça¹⁴ (1998) sintetizaram, numa perspectiva psicológica, o construtivismo:

- (a) Opõe-se às teorias comportamentalistas que defendem ser o intelecto uma caixa negra que responde ao mesmo estímulo com a mesma resposta e que é apenas cognoscível através das respostas e estímulos;
- (b) Tem subjacente uma psicologia cognitivista adequada ao Homem;
- (c) Rejeita o *objectivismo* das percepções humanas que considera as mesmas dependentes exclusivamente dos objectos exteriores;
- (d) Rejeita o *subjectivismo* que considera as percepções totalmente subjectivas porque completamente idiossincrásicas;
- (e) Considera a nossa percepção dum fenómeno como um acto complexo em que as ideias existentes na estrutura cognitiva influenciam o produto dessa percepção, pelo que este produto não é um espelho do fenómeno;
- (f) Rejeita a ideia de que existe uma evolução intelectual por estádios independentes da aprendizagem e de aspectos sociais;
- (g) Defende que a construção do conhecimento científico por cada ser humano é influenciada por factores endógenos complexos, que o pensamento, sentimentos, emoções e paixões por um lado, e a acção por outro, comandam o modo como se dá a apreensão do conhecimento individual. (p. 17)

Muitos dos conceitos chave da psicologia cognitiva¹⁵ reflectem o pensamento construtivista¹⁶. O objectivo do ensino, a partir desta perspectiva, é potenciar a

¹² Há autores, por exemplo, que consideram que as estruturas mentais reflectem as realidades externas (R. S. Pravat, 1996 – Constructivisms, Modern and Postmodern, *Educational Psychologist*, 31, 215-225), enquanto outros opinam que não vêem uma realidade independente externa do mundo mental da pessoa (Steffe e Gale, *op. cit.*).

¹³ D. Moshman (1982) – Exogenous, Endogenous, and Dialectical Constructivism, *Developmental Review*, 2, 371-384.

¹⁴ J. Valadares e M. Graça (1998) – *Avaliando para Melhorar a Aprendizagem*, Lisboa, Plátano Edições Técnicas.

¹⁵ Por exemplo, teoria dos esquemas, níveis de processamento.

¹⁶ Actualmente assiste-se ao início de uma onda de contestação sobre o construtivismo. F. Aguita (2001 – Contra el Constructivismo, *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 9, 235-238) procurou demonstrar, num ensaio, a debilitada visão construtivista da ciência, apresentando alguns exemplos do desconcerto que a adopção destas ideias produz nos professores de ciências. M. Izquierdo (2001 – Constructivismo versus Socioconstrutivismo, *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 9, 239-242), por seu lado, defendeu

«formação do conhecimento e dos processos metacognitivos para julgar, organizar e adquirir informação nova»¹⁷ (p. 277). A concepção construtivista do ensino e da aprendizagem parte da constatação de que a escola torna acessível aos alunos aspectos da cultura humana (cognitivos, psico-motores, sócio-afectivos), que são fundamentais para o seu pleno desenvolvimento enquanto pessoa. Considera, ainda, o carácter activo da aprendizagem, aceite mais como uma consequência de um esforço pessoal, de uma construção individual, no qual intervêm outros sujeitos para além daquele que aprende. Por esta razão, este marco explicativo não opõe o acesso à cultura aos desenvolvimentos individual e social. Entende, pelo contrário, que essas associações são indissolúveis. Constrói-se, mas ensina-se e aprende-se a construir.

Uma abordagem construtivista pode, nestes termos, ser sistematizada da forma como se representa na Figura 2. Numa aula baseada nesta concepção, o professor deve ensinar os seus alunos a planificar e a dirigir a sua própria aprendizagem ao máximo, assumindo um papel de facilitador em vez de ser considerado a fonte primária de informação. Anima os alunos a serem activos na sua aprendizagem.

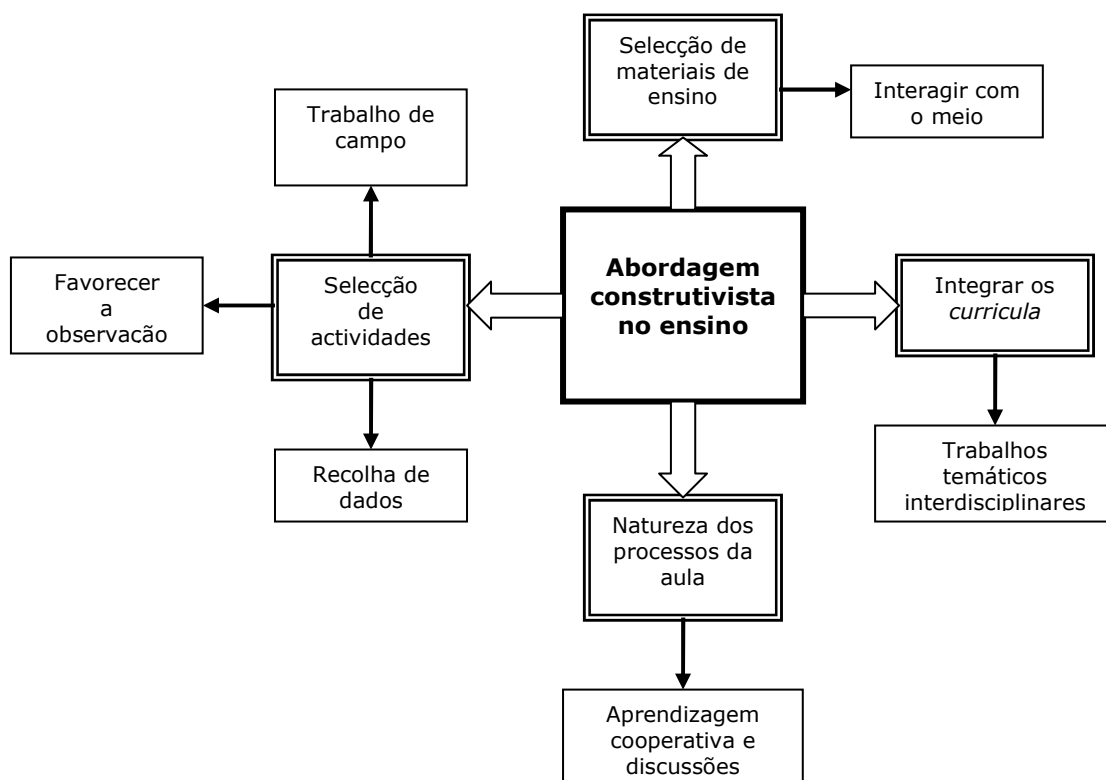


Figura 2. Maneiras de realizar uma abordagem construtivista na aula: exemplos de actividades¹⁸.

Uma compreensão diferenciada da perspectiva construtivista permite identificar a sua importância para o ensino, ainda que alguns autores considerem que esta é uma visão integradora no âmbito filosófico, psicológico e educativo. Moshman (*op.*

uma concepção sócio-construtivista. D. López (2002 – Desmistificando el Constructivismo, *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 10, 173-178) continuou com o debate polémico encetado por Anguita (2001).

¹⁷ R. H. Bruning, G. J. Schraw e R. R. Ronning (2002) – *Psicología Cognitiva e Instrucción*, Madrid, Alianza Editorial.

¹⁸ J. Bonito (2005) – *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 (inédita), Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação, Universidade de Coimbra, Coimbra.

cit.) distinguiu claramente três tipos de construtivismo: construtivismo endógeno, construtivismo exógeno, e construtivismo dialéctico, cujas principais características se descrevem no (Quadro 1.).

Quadro 1.

Tipos de construtivismo e suas características (baseado em Moshman, op. cit.).

CONSTRUTIVISMO ENDÓGENO	CONSTRUTIVISMO DIALÉCTICO	CONSTRUTIVISMO EXÓGENO
<ul style="list-style-type: none"> • Coordenação de acções cognitivas. • Metáfora daquele que conhece como organismo biológico. • Os conceitos não são espelhos do mundo exterior. • O conhecimento existe num nível mais abstracto e desenvolve-se através da actividade cognitiva. • O conhecimento estruturado não reflecte o meio social. • As estruturas cognitivas geram-se com base em outras anteriores. 	<ul style="list-style-type: none"> • A fonte do conhecimento situa-se na interacção entre o aluno e o seu meio. • O conhecimento é uma «síntese construída» que procede das contradições que as pessoas experimentam durante a interacção com o meio. • Relaciona-se com o contextualismo que defende que o pensamento e a experiência estão inextricavelmente ligados ao contexto em que se produzem. 	<ul style="list-style-type: none"> • A formação do conhecimento é uma reconstrução das estruturas que existem na realidade externa. • As estruturas mentais reflectem a organização do mundo. • Visão do mundo como Mecanismo, daquele que conhece como máquina. • Profunda influência externa na construção do conhecimento. • Um conhecimento é adequado (ou «verdadeiro») na medida que emita com exactidão as estruturas externas que representa num plano ideal.

Cada um destes tipos de construtivismo traduz uma visão do mundo que se consideram irreconciliáveis (Quadro 2.). Ainda assim, Moshman (1982) opina que cada uma delas pode ser aplicada a determinadas condições da construção do conhecimento, ou seja, cada uma constitui uma metáfora produtiva para compreender as diferentes maneiras de construir o conhecimento que possui cada pessoa. Como disse no início, no meu ponto de vista, a diversidade corresponde a uma riqueza desde que exista uma visão analítica ecléctica.

Quadro 2.

Visão do mundo representada por cada tipo de construtivismo.

Visão do mundo	Mecanicista	Contextualista	Organicista
Tipo de construtivismo			
Construtivismo exógeno	✓		
Construtivismo dialéctico		✓	
Construtivismo endógeno			✓

O construtivismo dialéctico tem assumido cada vez mais importância na psicologia cognitiva actual, embora Pressley, Harris e Marks¹⁹ (1992) considerem o construtivismo exógeno e o construtivismo endógeno como casos especiais do construtivismo dialéctico.

O papel do aluno na construção e na transformação do conhecimento é assumido de forma distinta por alguns autores. Bruner²⁰ destaca que existem três vultos do desenvolvimento cognitivo: Freud, Piaget e Vygotsky. A estes autores acrescentaria Barbara Rogoff, com o seu modelo de aprendizagens do pensamento, e Schön, autor do modelo do profissional reflexivo. De forma sumária, passarei em revista o modelo de Rogoff, precisamente por ser o menos conhecido no contexto português.

2.2. - Perspectiva Rogoffiana

¹⁹ M. Pressley, K. R. Harris e M. B. Marks (1992) – But Good Strategy Instructors are Constructivists!, *Educational Psychology Review*, 4, 3-31.

²⁰ J. S. Bruner (1989) – *Acción, Pensamiento y Lenguaje*, Madrid, Alianza Psicología.

As primeiras investigações e teorias cognitivas consideravam, apenas, a memória e o pensamento individual. Com a influência da teoria de Vygotsky, reconhece-se actualmente o papel da influência social na cognição. Trata-se de uma perspectiva sócio-cognitiva, estreitamente relacionada com o construtivismo dialéctico, onde se acentuam o modo como se desenvolvem as competências, as actividades e o pensamento humano no contexto das actividades históricas e culturais específicas da comunidade. Rogoff²¹ considera que o desenvolvimento cognitivo, seguindo o exemplo de Vygotsky, ocorre quando um adulto orienta uma criança nas actividades sociais que amplificam a compreensão das ferramentas da cultura predominante e da competência para usá-las. As crianças podem, desta forma, ser «aprendizes do pensamento» (Rogoff, *op. cit.*).

Numa aprendizagem deste tipo, segundo considera Barbara Rogoff (*op. cit.*), o desenvolvimento é baseado na «internalização por parte do aluno dos processos cognitivos partilhados, apropriando-se do que se desenvolve de modo cooperativo para ampliar o conhecimento e as competências existentes» (p. 141). Nesta perspectiva, o desenvolvimento cognitivo é de natureza inseparavelmente social. Solicita um compromisso recíproco com duas ou mais pessoas de maior competência. E nesta concepção, as demais crianças formam um importante fundo de «companheiros de competências» (p. 142). Estando disponíveis em igual, e com muita actividade, este companheirismo de aprendizagem permeia «motivação, imaginação e oportunidades de elaboração criativa das actividades da comunidade» (p. IX). De qualquer modo, os adultos (pais, familiares, professores) permanecem os companheiros das crianças mais fiáveis e mais importantes.

O papel dos adultos está, assim, dedicado à participação orientada das crianças. Através deste processo, os esforços infantis estruturam-se, contextualizados socialmente, e transfere-se para as crianças, de forma gradual, a responsabilidade da resolução de problemas. Para além disso, os adultos intervêm na comunicação interpessoal e no «estabelecimento de estádios» (Rogoff, *op. cit.*) para construir vínculos entre aquilo que os alunos sabem e a nova informação que surge. É, portanto, uma resolução de problemas orientada em contexto de interacção social.

Este processo cognitivo têm de dirigir-se a algo de concreto, a fim de se atingir uma determinada meta. Só dessa forma os participantes desenvolvem um sentimento mútuo de propósito, sentindo-se intrinsecamente motivados para conseguir melhor compreender o mundo. Esta participação orientada pode ser, também, implícita e, portanto, não formal, ou seja, um conjunto de orientações que os adultos dão sem que estejam a pensar, com efeito, que estão a ensinar.

Neste encadeamento de ideias, a escola é um recurso excepcional para o desenvolvimento cognitivo. É, sobretudo, para adquirir as ferramentas mais formais da linguagem e do pensamento, permitindo oportunidades estruturadas de participação orientada por adultos e a apropriação de conhecimento e de estratégias de resolução de problemas dos adultos. Em consequência, os professores devem aprender a perscrutar a melhor forma de ajudar os alunos a adquirir as ferramentas mentais eficazes.

2.3. - 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

²¹ B. Rogoff (1990) – *Apprenticeship in Thinking: Cognitive Development in Social Context*, New York, Oxford University Press.

alguns dados interessantes distintivos entre as formas de resolver problemas do aluno e as maneiras utilizadas por um especialista.

Ericsson²² demonstrou cientificamente algo que já se aceitava intuitivamente: os professores possuem muito mais informação do que os alunos. Para além disso, provou que resolvem os problemas com maior rapidez, o que parece indicar que são mais eficazes do que os alunos em procurar um espaço de solução concreto. Os estudos acerca do tempo de resolução indicam que a memória dos professores está agrupada²³. Esta presença de «vagas de recordações» dos professores indica a presença de esquemas que estão relacionados de maneira significativa, e que se activam como «pacotes» perante as exigências de um problema²⁴.

Outro aspecto que difere entre os professores e os alunos é a designada «análise qualitativa» ou «intuição física»²⁵. Os autores descrevem este conceito por representações do problema, muito elaboradas, que se incluem na construção de um esboço ou de outra versão física do mesmo. Essas mesmas representações constituem-se como o primeiro passo para resolver o problema, ainda que sejam virtuais, verbais ou ambas as coisas. São instrumentos que permitem localizar ambiguidades na descrição do problema e localizar ou especificar aspectos que se devem deduzir ou inferir. Num momento posterior, estas representações acabam por produzir equações de solução.

A selecção de estratégias para resolver problemas, segundo Anzai²⁶, é um dos aspectos que é diferente entre estes dois grupos. Os professores usam sistematicamente uma estratégia do tipo «trabalho em direcção à frente» (e.g., meios-fins). Uma vez identificadas as variáveis do problema, geram-se e resolvem-se equações que empregam a informação existente. Por seu turno, os alunos preferem uma abordagem de «trabalho em direcção a atrás», ou seja, começam o processo de solução com uma equação que tem uma incógnita do problema (o produto final desejado). Quando uma variável não é dada, os alunos «trabalham em direcção a trás» a partir da referida equação, procurando outra que lhes proporcione a variável que precisam. Os dados recolhidos nestas investigações permitem supor que o professor tem uma rede de informação abundante, organizada em esquemas que requerem conceitos-chave do enunciado do problema e da sua própria base de conhecimentos, para demonstrar procedimentos de resolução que se realizam em momento mais avançado.

Em síntese, notam-se diferenças na estrutura e nos conteúdos da informação que os alunos e os professores usam na resolução de problemas. Estes últimos, em maior medida que os primeiros, criam inferências necessárias para a resolução adequada com base no enunciado do problema. A nível da representação dos problemas, os professores organizam o seu conhecimento de maneira esquemática

²² K. A. Ericsson (1996) – 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*, (pp. 1-50) Mahwah, New Jersey, Erlbaum.

²³ Ericsson (*op. cit.*) verificou, por exemplo, que os professores recordam um conjunto de equações relacionadas com um determinado princípio de física como um única configuração ou como se fosse um «pacote de equações». Fazem uma pausa, e logo de seguida recordam outro «pacote» relacionado com outro princípio relevante. Os alunos não deram provas de possuir esse padrão de agrupamento de dados na memória.

²⁴ Estes dados coincidem com a exposição sobre a resolução de problemas de matemática apresentada por Bruning *et al.* (*op. cit.*).

²⁵ Trata-se de expressões com o mesmo significado, embora a primeira fosse usada por J. H. Larkin (1977 – *Skilled Problem Solving in Experts*, Berkeley, University of Califórnia) num relatório técnico de um Grupo da Educação em Ciência e em Matemática, e a segunda por D. P. Simon e H. A. Simon (1978 – *Individual Differences in Solving Physics Problems*, in R. R. Siegler (ed.), *Children's Thinking: What Develops?*, Mahwah, New Jersey, Erlbaum).

²⁶ Y. Anzai (1991) – Learning and use of Representations for Physics Expertise, in K. A. Anders e J. Smith (eds.), *Toward a General Theory of Expertise*, (pp. 64-92) New York, Cambridge University Press.

à volta de princípios científicos básicos, que frequentemente se podem retirar, implicitamente, a partir do enunciado do problema (Anzai, *op. cit.*). 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.

No que diz respeito à forma de compreender a ciência, White²⁷ e Linn, Songer e Eylon²⁸ opinam que as diferenças são profundas. Kuhn²⁹ e os seus colaboradores sustentam que, entre as crianças, os adultos leigos e os cientistas, são as primeiras que têm mais dificuldades com as ciências. Segundo o autor, este grupo carece de conhecimento específico do domínio e das estratégias que os adultos especialistas empregam e não compreende adequadamente a estrutura e os usos científicos de uma teoria. Kuhn (*op. cit.*) verificou que grande parte das crianças e muitos dos adultos leigos³⁰ 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.

No trabalho *Children and Adults as Intuitive Scientists*, Kuhn (*op. cit.*) individualizou três competências de pensamento científico que considerou essenciais:

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

Procurando compreender a natureza do conhecimento científico, Carey e Smith³¹ e Linn, Songer e Eylon (*op. cit.*) concluíram que muitos dos adultos e das crianças não conseguem realizar as competências assinaladas por Kuhn (*op. cit.*), sendo incapazes de compreender, efectivamente, as teorias com que trabalham. Num trabalho posterior, Kuhn³² considerou que existem abundantes provas de que as crianças, e muitos adultos, não conseguem distinguir umas classes de dados de outras. Por outro lado, Kitchener e King³³ referiram, a este propósito, que muitos alunos universitários eram 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'Loughlin³⁴ propuseram a adopção pelos professores de um conjunto de três estratégias de optimização da argumentação científica, que, adicionadas à sugestão de Carey e Smith (*op. cit.*), constituem uma competência tetralógica de raciocínio científico (Figura 3.).

²⁷ B. Y. White (1993) – Thinker Tools: Causal Models, Conceptual Change, and Science Education, *Cognition and Instruction*, 10, 1-100.

²⁸ M. C. Linn, N. B. Songer e B. Eylon (1996) – Shifts and Convergences in Science Learning and Instruction, in D. C. Berliner e R. C. Calfee (eds.), *The Handbook of Educational Psychology*, (pp. 438-490) New York, Macmillan.

²⁹ D. Kuhn (1989) – Children and Adults as Intuitive Scientists, *Psychological Review*, 96, 674-689.

³⁰ Por exemplo, adultos jovens que não foram à universidade.

³¹ S. Carey e C. Smith (1993) – On Understanding the Nature of Scientific Knowledge, *Educational Psychologist*, 28, 235-251.

³² D. Kuhn (1991) – *The Skills of Argument*, New York, Cambridge University Press.

³³ 1981, citados em Bruning *et al.*, *op. cit.*

³⁴ D. Kuhn, E. Amsel e M. O'Loughlin (1992) – *The Development of Scientific Reasoning Skills*, 2.^a ed., San Diego, Academic Press.

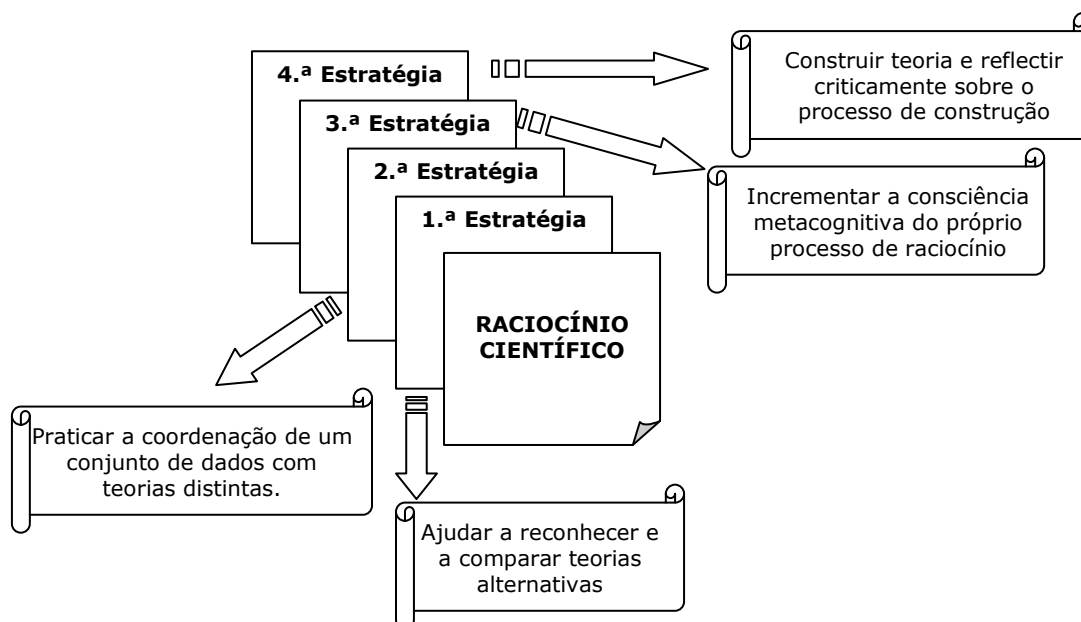


Figura 3. Estratégias quádruplas para desenvolver o raciocínio científico (baseado em Kuhn, Amsel e O'Loughlin, *op. cit.* e Carey e Smith, *op. cit.*).

2.4. - O Octópode Pedagógico no Ensino das Ciências

A análise e as considerações que fiz permitem-me, no momento, sintetizar os principais contributos da psicologia cognitiva para o ensino das ciências, num modelo de estratégias que deve ser envolvente, e que designei de «octópode pedagógico»³⁵ (Figura 4.).

³⁵ É aqui usado o termo «pedagogia», com referência aos alunos do ensino não-superior. Na formação de professores, do meu ponto de vista deve ser usada a designação de «antropagogia», vocábulo introduzido por Patrício (2000 – M. F. Patrício – *A Formação Antropagógica dos Professores do Ensino Superior*, comunicação apresentada no Colóquio A Formação Pedagógica dos Professores no Ensino Superior, Lisboa) na década de 1980.

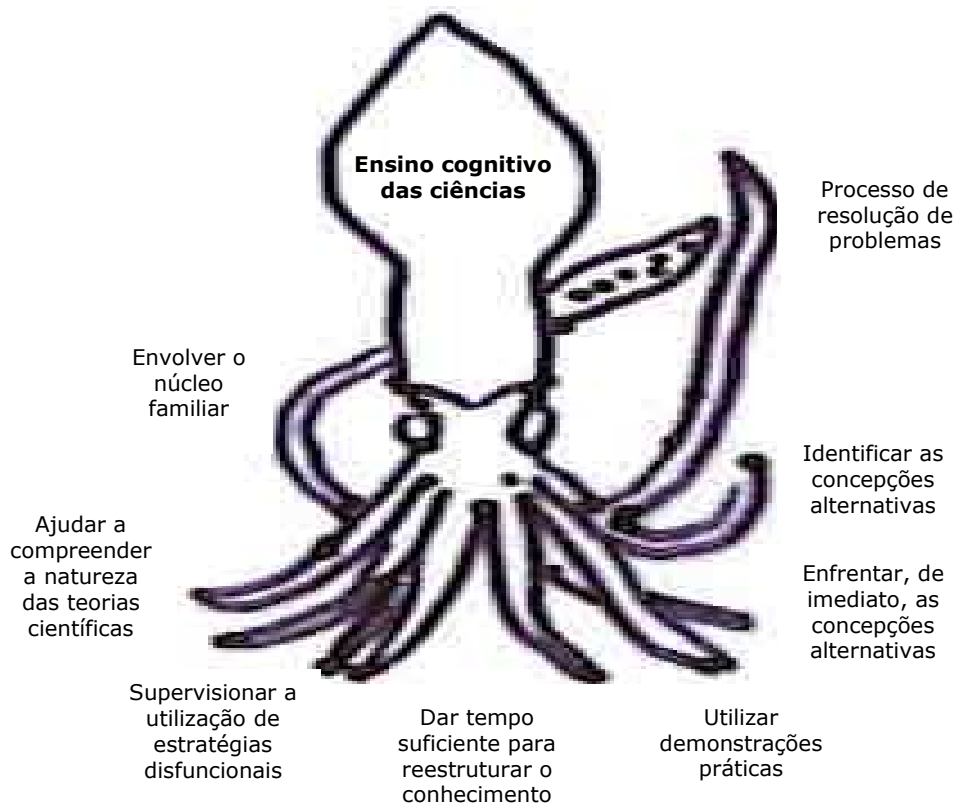


Figura 4. Octópode cognitivo pedagógico para o ensino das ciências³⁶.

A **resolução de problemas** começou por interessar psicólogos e a educadores no início do século XX. O modelo encontrado assenta em dois pressupostos principais: o uso de um procedimento geral de resolução de problemas, e o elevado grau de supervisão metacognitiva por parte de quem vai resolver o problema. Entre os vários modelos de resolução de problemas propostos, numa análise comparativa é possível identificar cinco estádios comuns às várias propostas (Figura 5.).

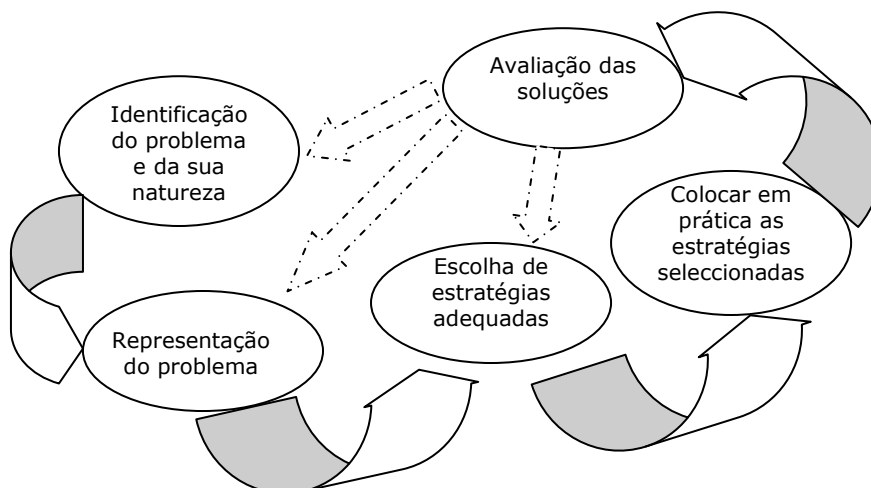


Figura 5. Estádios de um processo de resolução de problemas³⁷. A inclusão do tracejado representa um esforço metacognitivo que, após resolver o problema, poderá determinar a reformulação do problema, a sua replanificação ou a realização de novas experiências³⁸.

³⁶ Bonito, *op. cit.*

³⁷ Baseado em M. L. Gick (1986) – Problem-Solving Strategies, *Educational Psychologist*, 21, 99-120.

Este modelo pressupõe que se consegue chegar melhor à solução de um problema quando se compreende melhor o processo básico de o resolver. Alguns estudos têm procurado apurar o valor de ensinar aos alunos um método geral de resolver problemas, parecendo indicar que o ensino da resolução de problemas tem um efeito benéfico nos alunos mais jovens. Algumas investigações verificaram que os resultados tornam-se mais eficazes quando se associa à resolução de problemas outras estratégias, como por exemplo a resposta a perguntas³⁹ ou a metacognição⁴⁰ e que esta metodologia de trabalho pode ter bons resultados como estratégia de mudança conceptual⁴¹, de organização do conhecimento (López-Rupérez, *op. cit.*) e de investigação⁴².

As **concepções alternativas** 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 conhecimento⁴³.

A melhor forma de eliminar as concepções alternativas é torná-las claras, e enfrentá-las directamente⁴⁴. 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 insuficiente e não atinge os resultados pretendidos. Pintrich, Marx e Boyle (*op. cit.*) produziram uma extensa análise dos diversos estudos sobre mudança conceptual, identificando condições básicas comuns entre eles (Quadro 3.).

³⁸ Neste campo, por exemplo, O. de Jong (1998 - Los Experimentos que Plantean Problemas en las Aulas de Química: Dilemas y Soluciones, *Enseñanza de las Ciencias*, 16, 305-314) concebeu um conjunto de experiências científicas escolares, que designou de «experimentos que conduzem a problemas» (p. 306).

³⁹ A. King (1991) - Effects of Training in Strategic Questioning on Children's Problem-Solving Performance, *Journal of Educational Psychology*, 83, 307-317.

⁴⁰ J. Martínez-Torregrosa (1987) - *La Resolución de Problemas de Física como Investigación: Un Instrumento de Cambio Metodológico*, tese de Doutoramento inédita, Universidad de Sevilla, Sevilla. R. M. Garret (1988) - Resolución de Problemas y Creatividad: Implicaciones para el Currículo de Ciencias, *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (3), 229-230. V. R. Delclos e C. Harrington (1991) - Effects of Strategy Monitoring and Proactive Instruction on Children's Problem-Solving Performance, *Journal of Educational Psychology*, 83, 35-42. F. López-Rupérez (1991) - *Organización del Conocimiento y Resolución de Problemas en Física*, Madrid, Centro de Investigación y Documentación Educativa. C. J. Furió, J. Iturbe e J. V. Reys (1994) - Contribución de la Resolución de Problemas con Investigación al Paradigma Constructivista de Aprendizaje de las Ciencias, *Investigación en la Escuela*, 24, 89-99. A. J. Neto (1995) - *Contributos para uma Nova Didáctica da Resolução de Problemas: Um Estudo de Orientação Metacognitiva em Aulas de Física do Ensino Secundário*, tese de doutoramento inédita, Universidade de Évora, Évora. A. J. Neto (1998) - *Resolução de Problemas em Física. Conceitos, Processos e Novas Abordagens*, Lisboa, Instituto de Inovação Educacional. A. M. S. Freire (2000) - Trabalho Experimental: Concepções e Práticas de Estagiários de Física e Química, *Química*, 36, 28-36.

⁴¹ M. P. Varela e A. Martínez (1997) - Una Estrategia de Cambio Conceptual en la Enseñanza de la Física: La Resolución de Problemas como Actividad de Investigación, *Enseñanza de las Ciencias*, 15, 173-188. M. L. Santos (2001) - *A Prática Lectiva como Actividade de Resolução de Problemas: Um Estudo com três Professores do Ensino Secundário*, tese de Doutoramento inédita, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa.

⁴² D. Gil (1990) - *Un Modelo de Resolución de Problemas como Investigación*, Madrid, Ministerio de Educación y Ciencia-Lábor.

⁴³ A. Giordan e G. Vecchi (1988) - *Los Orígenes del Saber. De las Concepciones Personales a los Conceptos Científicos*, Sevilla, Díada Editoras.

⁴⁴ M. Sequeira e M. C. Duarte (1993) - Student's Alternative Frameworks and Teaching Strategies: A Pilot Study, *European Journal of Teacher Education*, 14, 31-43. P. R. Pintrich, R. W. Marx e R. A. Boyle (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.

Quadro 3.

Condições básicas para que ocorra mudança conceptual (baseado em Pintrich, Marx e Boyle, op. cit.).

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 fenómenos. 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	As concepções novas devem ser compreensíveis e de fácil entendimento.
Verosimilhança	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.
Frutificação	Os novos marcos devem parecer frutíferos, com utilidade para facilitar a posterior investigação.

Num trabalho de Nussbaum e Novick⁴⁵ é proposta uma abordagem estratégica triangular para intervir na modificação das concepções alternativas (Figura 6.). 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 ignorada⁴⁶. 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 fenómeno⁴⁷. O aluno sentir-se-á perturbado, provocado e desafiado a invocar as suas ideias correntes⁴⁸. 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, pensa⁴⁹. Santos (*op. cit.*) 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.

⁴⁵ J. Nussbaum e N. Novick (1982) – Alternative Frameworks, Conceptual Conflict, and Accommodation: Toward a Principled and Teaching Strategy, *Instructional Science*, 11, 183-200

⁴⁶ M. Sequeira e M. Freitas (1987) – Children's Alternative Conceptions about «Mold» and «Copper Oxide», in J. Novak (ed.), *Proceedings of Second international Seminar 'Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics'*, (pp. 413-423) Ithaca, Cornell University.

⁴⁷ B. Y. White (1993) – Thinker Tools: Causal Models, Conceptual Change, and Science Education, *Cognition and Instruction*, 10, 1-100. S. S. Demastes, R. G. Goog e P. Peebles (1996) – Patterns of Conceptual Change in Evolution, *Journal of Research in Science Teaching*, 33, 407-431.

⁴⁸ M. E. Santos (1991) – Mudança Conceptual na Aprendizagem, in M. T. M. Oliveira, (coord.), *Didáctica da Biologia*, (pp. 103-126) Lisboa, Universidade Aberta.

⁴⁹ Bruning, Schraw e Ronning (*op. cit.*)

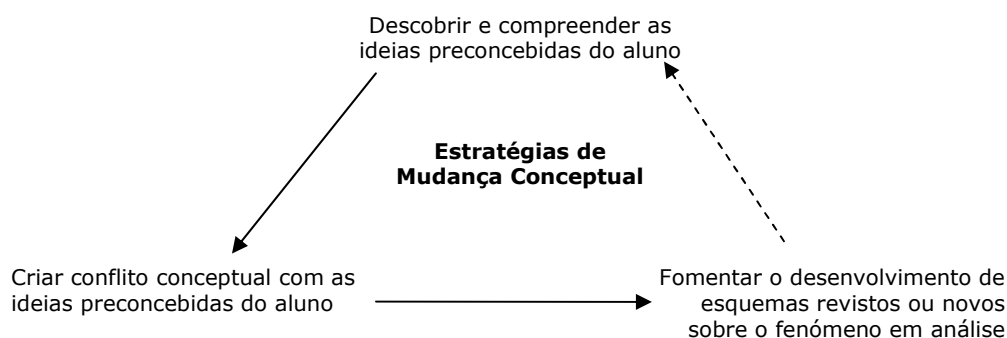


Figura 6. Triangulação de estratégias para a mudança conceitual (baseado em Nussbaum e Novick, *op.cit.*). O tracejado representa a nova avaliação das concepções do aluno que é necessária realizar para comprovar, temporalmente, a mudança conceitual.

Neste campo, as **actividades práticas**, incluindo experiências diversas e demonstrações, são muito úteis para gerar conflito conceitual com as ideias preconcebidas dos alunos, podendo partir-se das seguintes reformulações epistemológicas (Figura 7.):

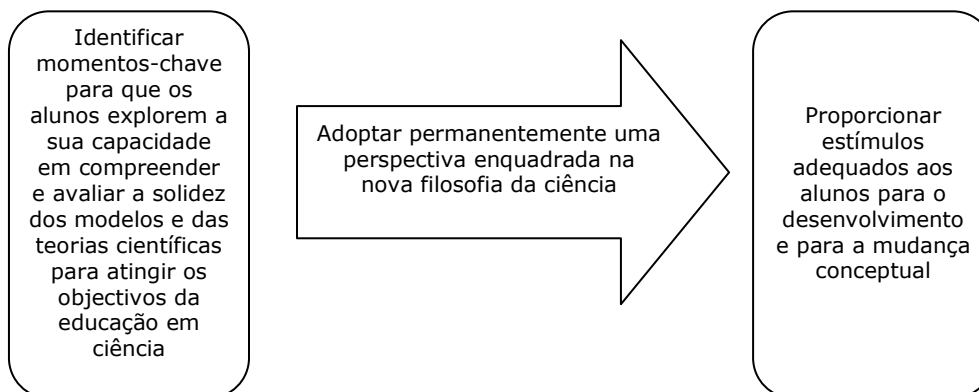


Figura 7. Modelo alternativo para o desenvolvimento de actividades práticas, encarado com base numa abordagem a partir da nova filosofia da ciência.

Este modelo impele-nos para a adopção, infalivelmente em todo o desenvolvimento das actividades práticas, de um esqueleto que lhes dá suporte, estrutura, locomoção a todo o tipo de tarefas e raciocínios. Permite que os alunos examinem as suas ideias explicativas de fenómenos naturais, baseados na sua experiência sensorial, impelindo-os a adoptar uma visão mais científica. Consequentemente, as actividades práticas geram, também, mais oportunidades para o aluno se interrogar de maneira metacognitiva sobre as estratégias que adopta e conclusões que elabora. Há, pois, lugar a todo o tipo de actividades práticas (*e.g.*, aquisição e desenvolvimento de técnicas, demonstrações, verificações, resolução de problemas dirigida e autónoma, *etc.*) consoante os objectivos que pretendemos para a aprendizagem e as competências que queremos promover nos alunos. Tomemos como base o esquema que se segue acerca da definição da metodologia científica (Figura 8.), para o qual se deve materializar um modelo de ciência que reconheça a falibilidade e a dependência teórica da observação e da experimentação, e que revele como se constroem e transmitem os conhecimentos no interior da comunidade científica. Este modelo deve considerar que a ciência é obra do humano e, portanto, influenciada por considerações socioeconómicas, culturais⁵⁰,

⁵⁰ Num artigo de opinião, Luísa Gomes (2002, 8 de Setembro – A Equipa de Cientistas, *Notícias Magazine*, p. 66) afirma que «basta substituir 'uma equipa de cientistas americanos' por uma 'equipa de cientistas brasileiros' e, obviamente que as conclusões do estudo perdem muito da sua pertinência. A

políticas, éticas e morais, e que existem teorias realistas, destinadas a explicar fenómenos, e teorias instrumentalistas, cujo objectivo é fazer previsões de fenómenos naturais e realizar um controlo das suas ocorrências.

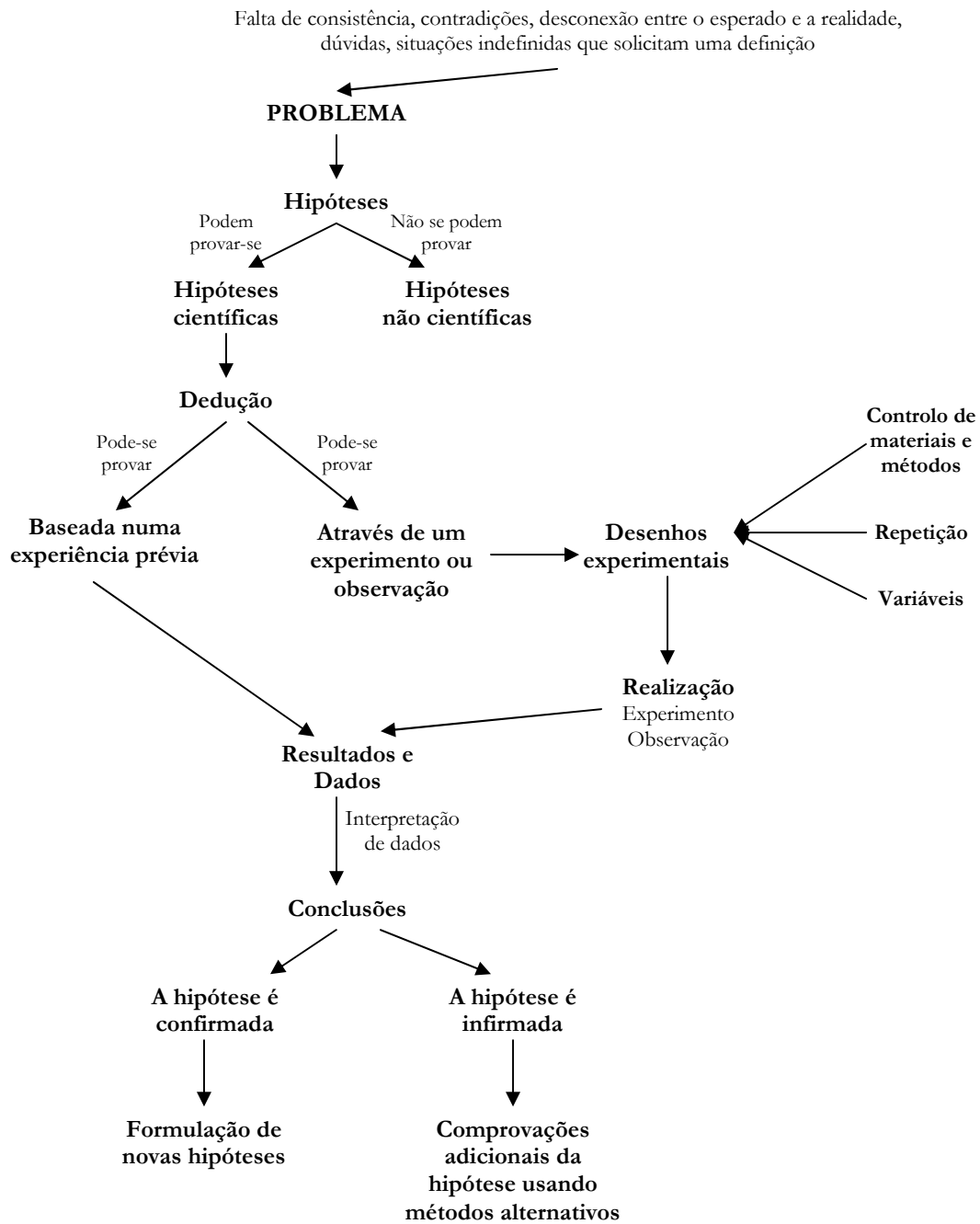


Figura 7. Metodologia científica⁵¹.

autora rebelar-se contra os estereótipos superiores atribuídos aos cientistas de determinados países relativamente a outros como, por exemplo, na sua opinião, são a Bulgária, a Lapónia, o Brasil, Portugal. Sobre este aspecto cultural, a colunista ridiculariza a situação afirmando que, se a equipa de cientistas brasileiros fizesse declarações à revista *Caras*, a notícia seria dada com um destaque tipo turístico, o que não aconteceria se fossem cientistas americanos a fazê-las.

⁵¹ Segundo Friedler e Tamir, 1990, citados em M. Izquierdo (2000 – Fundamentos Epistemológicos, in F. J. Perales e P. Cañal (dir.), *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, (pp. 35-64) Alcoy, Editorial Marfil).

Através da análise deste organigrama, verifica-se que existe um primado do pensamento sobre a *praxis*, e assim deve ser, no meu ponto de vista, na aula de ciência. Bachelard⁵² escreveu que:

Antes de mais, é preciso saber pôr os problemas. Na vida científica, diga-se o que se disser, os problemas não se põem por si mesmos. É precisamente esse sentido do problema que assinala o verdadeiro espírito científico. Para o espírito científico, todo o conhecimento é resposta a uma questão. Se não houver questão, não pode haver conhecimento científico. Nada surge por si. Nada é dado. Tudo é construído. (p. 14)

«Nada é dado, tudo é construído». Considero que é desta forma que as nossas aulas de ciências devem iniciar-se. Mediante a apresentação aos alunos de explicações com falta de consistência, de contradições, de desconexão entre o esperado e a realidade, de dúvidas e de situações indefinidas que solicitem uma definição mais clara, o professor condu-los para o enunciado de um problema - «dissonância cognitiva»⁵³ - que é essencial para activar os mecanismos motivacionais com vista à resolução do problema. «Todo o conhecimento é resposta a uma questão. Se não houver questão, não pode haver conhecimento científico».

A mudança conceptual é um processo lento e desenvolve-se a longo prazo. O aluno necessita de **tempo suficiente para reestruturar os seus conhecimentos**, tomando consciência, de forma estratégica e reflexiva, de que os conceitos que tem, explicativos dos fenómenos naturais, não apresentam coerência científica.

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. Os professores devem, naturalmente, esperar que os alunos apresentem concepções alternativas e, por isso, devem pesquisá-las.

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) apresenta(m)⁵⁴. Será preciso resistir à tentação, mesmo quando se é induzido, de apresentar aos alunos a concepção correcta. A discussão em díades é muito apropriada para, por si mesma, modificar concepções dos alunos⁵⁵. 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 alternativas⁵⁶. 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). Santos⁵⁷

⁵² G. Bachelard (1977) – *La Formation de l'Esprit Scientifique: Contribution à une Psychanalyse de la Connaissance Objective*, 4.ª ed., Paris, Editions Vrin.

⁵³ E. L. Pizzini, D. P. Shepardson e S. K. Abell (1991) – The Inquiry Level of Junior High Activities: Implications to Science Teaching, *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 111-121.

⁵⁴ 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.

⁵⁵ Bruning, Schraw e Ronning (*op. cit.*).

⁵⁶ 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.

⁵⁷ M. E. Santos (1990) – *Mudança Conceptual na Sala de Aula. Um Desafio Pedagógico*, Lisboa, Livros Horizonte.

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»⁵⁸.

Um estudo realizado na década de 1980⁵⁹ evidenciou a importância de supervisionar a utilização de estratégias disfuncionais. Verificou-se que algumas das estratégias de aprendizagem que os alunos adquiriram geram conflitos com a aprendizagem de novas matérias científicas:

- 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 descuidaram 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 (*op. cit.*) verificou que muitos alunos recordavam, com bastante precisão, informação factual e de outros fenómenos naturais, mas não distinguiam os aspectos fundamentais. Curiosamente, o autor 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 aluno confiava, integralmente, nas suas crenças e concepções acerca dos fenómenos naturais, como demonstram outros estudos no mesmo âmbito⁶⁰. 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

⁵⁸ Santos, *op. cit.* 1991, p. 123.

⁵⁹ K. J. Roth (1985, Abril) – Conceptual Change Learning and Student Processing of Science Texts, Comunicação apresentada na Reunião Anual da *American Educational Research Association*, Chicago. [Arquivo capturado em 2003, disponível em URL: <http://www.aera.com/aeraar/1985/roth/201.658/html>]

⁶⁰ N. C. Burbules e M. C. Linn (1991) – Science Education and the Philosophy of Science: Congruent or Contradiction?, *International Journal of Science Education*, 13, 227-241. Pintrich, Marx e Boyle, *op. cit.*

Os documentos escritos são considerados, para os alunos que utilizam este tipo de estratégia, como um instrumento para modificar os esquemas que possuem. Roth (*op. cit.*) 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.

A investigação tem verificado que **ajudar o aluno a compreender a natureza das teorias científicas** tem-se revelado uma estratégia decisiva na aprendizagem das ciências, em particular a distinção entre teoria e dados. A aprendizagem dos processos de indagação é particularmente útil e tem revelado resultados eficazes.

Por fim, mas não em último, **implicar a família no processo de aprendizagem** parece ser uma das estratégias mais eficaz na procura do rendimento académico. Alguns estudos⁶¹ têm evidenciado que o rendimento prévio em ciências está intimamente relacionado com o actual, 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 um importante factor no rendimento da aprendizagem das ciências⁶². O rendimento prévio em ciências é facilitado pelo meio familiar, que desempenha neste contexto um importante papel⁶³.

⁶¹ A. J. Reynolds e H. J. Walberg (1991) – A Structural Model of Science Achievement, *Journal of Educational Psychology*, 83, 97-107. A. J. Reynolds e H. J. Walberg (1992) – A Structural Model of Science Achievement and Attitude: An Extension to High School, *Journal of Educational Psychology*, 84, 371-382.

⁶² Algumas hipóteses explicativas podem ser adiantadas: (a) os alunos recebem um treino mais diversificado; (b) os alunos dedicam mais tempo a estudar a resolução de um número mais reduzido de problemas, fazendo-o com maior detalhe.

⁶³ 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.