

Ensino Experimental
e Construção de Saberes
— As Grandes Questões

Moderador — Maria Odete Valente

PRIMEIRO PAINEL

Introdução

Maria Odete Valente

Eu peço aos professores que vão participar neste painel que subam para a mesa, por favor.

Vamos então dar início aos trabalhos. Este seminário foi organizado tendo dois painéis centrais: um de manhã, com o título “Ensino Experimental e Construção de Saberes — as Grandes Questões”, e outro durante a tarde em que serão debatidas questões do sistema — como o sistema se organiza para responder aos desafios e como é que as escolas se sentem com a organização.

Durante a manhã, tentaremos fazer uma reflexão de natureza mais científica, sobre questões, não direi as grandes, mas algumas das questões que são muito importantes e que estão na ordem do dia das discussões que hoje se fazem acerca do ensino experimental.

O ensino experimental é evocado desde longa data como inerente, essencial, imprescindível no ensino das ciências e isto apesar da distinção que é necessário fazer entre as práticas sociais de fazer ciência e as práticas sociais de ensinar ciência.

As referências ao ensino experimental são geralmente ambivalentes, revelam alguma ambiguidade ainda que quase cheios de convicção, porquanto nem sempre se esclarece o que se entende por ensino experimental e sobretudo qual o seu objectivo no quadro do ensino das ciências. Não se esclarece o porquê da sua importância, quais as condições na sua realização para que seja fecundo, que resultados se esperam nos alunos pela prática da experimentação e se de facto se obtêm esses resultados com o tipo de actividades experimentais e nas condições em que é realizada. Não se esclarece também muitas vezes quais os processos cognitivos em que se envolvem os alunos a par da actividade de manipulação de materiais e instrumentação.

Neste painel estão professores que nos transportarão a uma análise de algumas questões relevantes no ensino das ciências:

O Professor Doutor Victor Gil, Professor de Química da Universidade de Coimbra e conhecido pelo seu grande entusiasmo em trazer o prazer da experiência às crianças e aos jovens e implicado muito directamente no ensino das ciências em geral, e da química, em particular.

A Professora Doutora Teresa Oliveira, Professora na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova, está ligada à formação de professores e interessada igualmente pelo ensino das ciências, quer no que se refere à experimentação, quer no que se refere a outras estratégias, como a utilização de metáforas, etc.

O Professor Doutor João Praia, Professor da Universidade do Porto, do Departamento de Geologia, e que se interessa pelo ensino das ciências, em geral, e da geologia, em particular, mas que tem feito uma reflexão profunda — aliás a sua tese de doutoramento é nessa linha —, sobre questões epistemológicas, fundamentalmente as que é preciso perscrutar quando se trata de ensinar ciência, a base epistemológica em que o fazemos.

Finalmente o Professor Doutor Manuel Miguéns, professor da Escola Superior de Educação de Portalegre, que está muito envolvido numa investigação científica sobre o ensinar a investigar, a nível dos alunos do 2.º ciclo do ensino básico. Tem escrito e tem feito algumas reflexões muito interessantes sobre o que é investigar na sala de aula, quais os resultados dessa investigação, quando os alunos se envolvem.

Depois destas quatro intervenções haverá um café oferecido pelo Conselho Nacional de Educação, e de seguida abriremos um debate que esperamos traga à discussão muitas outras questões, tão importantes como as que serão colocadas pelos membros do painel, para que a manhã registre um rico ambiente da reflexão de modo que quando à tarde nos formos concentrar nas carências e nos sucessos do dia a dia, tenhamos um quadro de referência que nos aponte o que precisamos fazer para dar sentido a esta nossa preocupação com o ensino experimental.

Terminava já, para não nos demorarmos mais e passava então a palavra ao Senhor Professor Doutor Victor Gil. Apenas quero dizer que a sequência das intervenções podia ser outra, mas, foi a que foi decidida e penso que não constituirá problema, visto que o debate será no fim, depois de já termos feito as necessárias integrações mentais.

Surpresa e Ciência: Implicações para o Ensino

Victor Gil*

Resumo: Faz-se uma breve referênciã, ilustrada com alguns casos, ao papel do inesperado no avanço da ciência — descobertas “por acaso” e procedimentos de aprendizagem previsão-observação-explicação (POE) e expectativa-observação-fascinação-investigação-explicação (EOFIE) — e suas implicações, quer no âmbito das aprendizagens informais/lúdicas (por exemplo, num centro interactivo de ciência como o Exploratório, Centro Ciência Viva de Coimbra), quer no âmbito curricular.

Palavras Preliminares

Bom dia. Começo por agradecer o amável convite que a Senhora Presidente do Conselho Nacional de Educação me dirigiu para estar aqui neste Seminário. Agradeço igualmente a circunstância de terem colocado a minha comunicação cedo, uma vez que tenho outro compromisso oficial dentro em breve, mas devo acrescentar que, infelizmente, só poderei corresponder com uma comunicação muito singela, que vou tentar que fique limitada, rigorosamente, ao máximo tempo que está disponível. O título desta minha comunicação tem a ver com a surpresa em ciência e algumas implicações para o ensino.

Introdução

Dir-se-ia que, com o extraordinário desenvolvimento científico e tecnológico verificado nas últimas décadas, com as profundas mudanças no plano de hábitos, de atitudes e até de alguns valores, tudo isto aliado a um desenvolvimento explosivo dos meios de comunicação, naquele desenvolvi-

* Departamento de Química da Universidade de Coimbra e Exploratório Infante D. Henrique, Centro Ciência Viva de Coimbra.

mento incluído, já não há lugar para a surpresa. É costume dizer que “já nada nos surpreende”. Desconfiemos, porém, pois é da própria natureza da surpresa não se deixar anunciar.

Certamente em ciência e tecnologia, o inesperado continua a desempenhar o seu papel quer no avanço do conhecimento — no âmbito da criação e da investigação científica — quer na promoção da compreensão — no âmbito da educação. Sem prejuízo, é claro, de o principal papel continuar a caber ao trabalho metódico, ao estudo disciplinado e à procura sistemática, além da eventual intervenção do fracasso e do erro com que também se aprende.

Em qualquer dos casos — na investigação científica, na descoberta, na inovação tecnológica, na educação — faz-se uso da informação previamente adquirida na interpretação dos fenómenos e das experiências que são novos ou se apresentam como tal. Em relação aos primeiros, recordam-se as palavras de Pasteur: “No domínio da observação, o acaso só favorece espíritos preparados”. No último (educação), merece realce a perplexidade gerada pelo eventual conflito entre a observação isenta e a mera expectativa espontânea mais ou menos intuitiva, ou a previsão mais ou menos fundamentada. Em qualquer das situações, e embora não actuando sozinha, a surpresa é uma alavanca da curiosidade, um estímulo à interrogação, um rastilho da explicação.

A surpresa pode residir apenas no surgimento de um dado novo não directamente procurado nem previsto, mas que se integra de imediato na estrutura de conhecimento anterior, ou, pelo menos, não colide com ela. Ou pode implicar conflito com essa estrutura e, assim, reclamar interacção dialéctica e reconciliação. Especialmente neste caso, as características afectivo-motivacionais da surpresa reforçam o comprometimento do sujeito na tarefa de procura de solução para a situação problemática criada, real ou académica.

O Acaso em Ciência

A maior parte das descobertas “quase por acaso” caem dentro da primeira categoria de situações acima expostas. É o que terá acontecido (ver, por exemplo, ref.1):

a. a Arquimedes ao encontrar a resposta para o problema do volume de corpos irregulares, naquele dia há 23 séculos, em que o tanque do balneário público estava cheio.

b. ao químico francês Bernard Courtois — empenhado no fabrico de salitre para as munições do exército de Napoleão, a partir de estrume vegetal e algas da costa atlântica (mais baratas do que a lenha até aí utilizada) — ao remover com ácido demasiado “forte” as crostas formadas nos depósitos, em 1811, o que teve como resultado a formação de abundantes fumos violáceos que originavam cristais escuros nas paredes frias do depósito: iodo.

c. ao dentista americano Horace Wells, ao encontrar no protóxido de azoto o primeiro anestésico, naquela feira em 1844 em que o seu amigo sangrava de uma perna, sem dar por isso, depois de uma grande queda na sequência da excitação em que ficou por ter inalado, como voluntário do espectáculo, o gás hilariante.

d. ao jovem estudante de química inglês, William Perkin, que, nas férias da Páscoa de 1856, ao tentar preparar artificialmente a quinina no laboratório que tinha em casa de seus pais, obteve, em vez do produto branco desejado, uma massa negra a qual, quando quis removê-la com água e álcool, produziu uma inesperada cor púrpura: o primeiro corante artificial (mais tarde reconhecido como a mauveína, formada graças a uma impureza — toluidina — presente na anilina utilizada).

e. ao astrofísico inglês J. Norman Lockyer e ao astrónomo francês Pierre Janssen que, quase ao mesmo tempo em 1868 e independentemente, detectaram no espectro dos gases incandescentes da superfície do Sol novas linhas, para além das que esperavam devidas ao hidrogénio: descoberta do hélio.

f. aos médicos germânicos Joseph von Mering e Oscar Minkowski, quando, em 1889, deram conta que a urina de um cão saudável a que, no decurso das suas experiências, tinham antes extraído o pâncreas estava rodeada de um enxame de moscas, porque estava carregada de açúcar como se o cão tivesse diabetes: descoberta de uma relação entre a diabetes e o pâncreas (insulina, uma hormona que controla a utilização do açúcar pelo organismo).

g. ao físico francês Henri Becquerel ao descobrir, com surpresa, que o composto de urânio que havia guardado numa gaveta havia impressionado a chapa

fotográfica sobre que tinha sido colocado para futuras experiências à luz do sol quando o tempo deixasse de estar encoberto: descoberta da radioactividade.

h. ao médico holandês Christiaan Eijkman, a trabalhar num hospital da Indonésia em 1897, ao verificar que os frangos do hospital também contraíam a doença béri-béri, tal como as pessoas, mas que um dia começaram a melhorar: é que haviam passado a ser alimentados com arroz com casca em vez de descascado. Prenúncio da descoberta da vitamina B1 na casca do arroz.

i. ao médico inglês Alexander Fleming, quando, em 1928, dá conta de uma zona completamente limpa de bactérias numa cultura em placa de petri, justamente a zona onde tinha caído um pouco de um fungo, pois a placa havia ficado inadvertidamente junto a uma janela aberta, nas vizinhanças de um laboratório de fungos: descoberta de um novo antibiótico, penicilina.

j. ao químico americano James Schlatter, quando, na procura de um composto para ser usado no tratamento de úlceras, notou, um dia em 1965, que os seus dedos tinham um sabor extremamente doce, resultado de uma mistura de metanol e aspártamo ter derramado para fora do frasco: descobrira uma substância 200 vezes mais doce que o açúcar corrente (aspártamo).

Outras, contudo, logo obrigaram a uma fase de reconciliação, o que quer dizer avanço conceptual significativo. É o que terá acontecido nos seguintes casos:

a. o jovem estudante inglês Edward Jenner, em 1768, ouviu de uma leiteira que ela nunca teria varíola porque havia tido varicela pegada pelas vacas, assim abrindo caminho para a primeira vacina que 18 anos depois haveria de criar.

b. o pastor protestante Joseph Priestley, amador de Química, interessado nos gases das fermentações na fábrica de cerveja vizinha, em 1774, utilizando a lupa que lhe haviam oferecido, aqueceu um pó vermelho e obteve um gás que em vez de apagar as chamas as avivava: oxigénio.

c. o médico e químico alemão Friedrich Wholer, interessado em preparar cianato de amónio a partir de cianato de prata e cloreto de amónio, obteve cristais como esperava (após evaporação, depois de separar o cloreto de prata) mas de

uma substância que ele conhecia bem de estudos anteriores sobre a urina de cães: ureia. A primeira síntese de um composto orgânico, em 1828.

d. o físico americano Felix Bloch e seus colaboradores, em 1951, tendo substituído a água por álcool para as suas medidas do magnetismo dos núcleos dos átomos de hidrogénio, inesperadamente obtiveram 3 sinais no osciloscópio em vez de um: uma complicação decorrente da estrutura molecular do álcool, mais complicada que a da água, que marcaria o nascimento de uma técnica de enorme importância na identificação e no estudo da estrutura das substâncias (ressonância magnética nuclear).

A Surpresa e a Aprendizagem

Também a descoberta e a compreensão durante a aprendizagem pode implicar surpresa simples (sensorial) ou surpresa conflitual (intelectual). As experiências mais ou menos espectaculares em ciência — com relevo para a Química — caem na primeira categoria, embora obviamente a compreensão não se realize na mera descrição do fenómeno. A surpresa conflitual pode ser gerada apelando primeiro a uma previsão, a que se segue uma observação, como sucede no procedimento de aprendizagem conhecido por POE: previsão, observação e explicação (ref.2). Mas pode, igualmente, surgir sem previsão explícita: apenas expectativa. Aqui, o primeiro passo é a realização de uma experiência cujo resultado vai contra a expectativa. Enquanto em POE se privilegia o raciocínio no início e no fim do processo — pensar, fazer, surpreender-se, pensar — agora, a ordem é: fazer, surpreender-se, pensar. Julgo que, no último caso, com envolvimento multisensorial logo à partida, se está mais próximo da actuação natural do descobrir fazendo e se poderá esperar um maior grau de fascinação aliado ao efeito de surpresa. Trata-se de um procedimento baseado em expectativa, observação, fascinação, investigação e explicação (EOFIE) que pode ser usado como ponte entre as actividades informais de aprendizagem, por exemplo num centro interactivo de ciência, e as actividades curriculares na sala de aula, dois ambientes sociais e culturais complementares promotores do desenvolvimento de capacidades cognitivas.

Numa tarefa POE — em vez de se descrever o fenómeno completamente e pedir para ele uma explicação — requer-se, primeiro, uma previsão

do resultado da experiência e as razões respectivas, seguindo-se a própria experiência e a reconciliação entre a previsão e a observação, se necessário. Assim se procura evitar uma resposta que seja uma mera reprodução não reflexiva de conhecimento livresco e potenciar uma aplicação genuína do conhecimento anterior, julgado relevante pelo estudante, além de se estabelecer uma ponte mais nítida com a situação real. Um exemplo é proporcionado pela comparação das temperaturas de iguais volumes de água e óleo colocados em vasos iguais sobre uma mesma placa de aquecimento, quando a água ferve. Em vez de se pedir uma explicação para o facto de a temperatura ser maior no segundo caso, começa-se por pedir uma previsão justificada, a que se segue a experiência e observação atenta. O confronto previsão-observação é muito enriquecedor.

Muitas experiências e demonstrações experimentais (mas não todas) podem ser reestruturadas para o formato POE. O mesmo se diz de alguns trabalhos laboratoriais. No entanto, há que evitar o abuso que se traduza em atitudes negativas do estudante face ao procedimento e que o leve a adiantar previsões não genuínas, mais ditadas pela desconfiança de que “aqui há gato”. Pode ainda acontecer que um aturado investimento intelectual na justificação de uma previsão que vai ser desmentida pela observação acabe por deixar marcas que resistem à dramatização do conflito previsão-observação. É, contudo, indiscutível que a abordagem experimental deve ser explorada para reforçar a capacidade de pensar (ver, por exemplo, ref.3). Por isso, é tão criticado o tradicional (e, afinal, tão vulgar!) estilo “verificação” de trabalho laboratorial, em que o problema e a solução estão predeterminados, as suas relações com os conceitos teóricos explicitadas e o método dado normalmente como mera lista de instruções sequenciais ou receituário (ver, por exemplo, ref.4 e 5).

Numa tarefa EOFIE, alguns dos riscos associados com o procedimento POE estão ausentes, na medida em que se vai ao encontro da expectativa do estudante em lugar de uma previsão justificada, mas, por isto mesmo, o envolvimento intelectual está limitado a uma só fase. Uma solução a explorar, procurando conjugar o melhor dos dois procedimentos, é fazer preceder uma tarefa POE de uma EOFIE com ela relacionada.

A primeira metade das situações EOFIE, isto é, expectativa, observação e fascinação (EOF) é vulgar nos centros interactivos de ciência, tal como em

vários brinquedos científicos. A natureza do ambiente e a idade não permitem, em regra, um avanço na segunda metade: investigação e explicação (IE). Mas a semente da insatisfação ficou certamente lançada, devendo, depois, a escola e a idade saberem tirar partido disso. Recordar-se que, num centro de ciência (tal como com um brinquedo científico), é ao espírito “hands on” que se começa por apelar, apostando-se que o espírito “minds on” se fortaleça sobre a curiosidade, a motivação e a interrogação daquele modo potenciadas. Mas a sala de aula é compatível também com o procedimento EOFIE, desde que devidamente planeado e testado.

Palavras Finais

Fiz acompanhar um resumo desta comunicação de uma lista de demonstrações que podem ser exploradas por este modelo EOFIE. Pensei a certa altura que teria tempo de planear e testar uma mistura adequada entre as palavras, que são muitas vezes maçadoras, e algumas demonstrações; mas como não tive tempo de fazer isso e como não tenho grandes qualidades de improviso, não corri riscos de ir fazendo algumas demonstrações à medida que ia falando. No entanto, não resisto agora a apresentar duas ou três e, depois, no intervalo, eventualmente as pessoas poderão querer utilizar alguns dos materiais que trouxe do Exploratório de Coimbra, se por acaso estas primeiras demonstrações (no domínio da Matemática, da Física e da Química) vos despertarem algum interesse.

Listam-se, a título de exemplo e em apêndice ao texto, várias demonstrações EOFIE, que se podem explorar, quer num ambiente informal de aprendizagem, quer num ambiente escolar.

Referências

1. GIL, V. M. S. (1995). *33 casos de acaso em Ciência*, Gradiva Publicações.
2. WHITE, R. e GUNSTONE, R. (1993). *Probing understanding*, Palmer Press. USA.
3. NETO, A. J. e VALENTE, M. O. (1997). Aprender a pensar e resolução de problemas: um estudo de orientação metacognitiva em aulas de Física no ensino secundário, *Rev. Educação*, vol.VI, n.º 2, p. 25.
4. SHILAND, T. W. (1999). Constructivism: the implications for laboratory work, *J. Chem. Education*, 76, 107.
5. DOMIN, D. S. (1999). A review of laboratory instruction styles, *J. Chem. Education*, 76, 543.

Apêndice

O. *Filtro escuro...para ver melhor*: Filtro vermelho para ler o título da palestra

1. *Dividir por dois...sem perder*: Lâmpadas em paralelo (intensidade de corrente e resistência)
2. *Soprar para...juntar*: Bolas de ping-pong (ou folha de papel dobrada) e efeito Bernoulli (velocidade molecular e pressão do ar)
3. *Rampa acima? Rampa abaixo!*: Funis e bolas em rampa em V (atenção ao centro de massa)
4. *A ascensão da bola de trapos*:: Bola de trapos disparada por bola de borracha (transferência de momento linear) (idem com outras bolas)
5. *Transparente ou opaco?*: Polaróides no retroprojector e sandwiches (actividade óptica)
6. *Porto-Sporting-Benfica*: A cor que mais impressiona (ensaio de fluorescência).
7. *Cor, para onde vais?*: Reacção química com desaparecimento de cor (soluções de permanganato de potássio e de sulfato de ferro (II))
8. *Cor, de onde vens?*: Reacção química com produção de cor (factura em triplicado)
9. *Cor, de onde vens, para onde vais?*: Glicose e azul de metileno (reacção de oxidação-redução com intervenção do oxigénio do ar)
10. *Cores, de onde vêm?*: Electrólise de solução aquosa de iodeto de potássio no retroprojector (com fenolftaleína)
11. *Pitágoras...com berlindes*: O teorema de Pitágoras à mão de jogar.

Trabalho Experimental e Formação de Professores

Maria Teresa Oliveira*

Introdução

Bom dia. Em primeiro lugar quero agradecer o honroso convite que me foi dirigido, pela Senhora Presidente do Conselho Nacional de Educação, para estar hoje aqui presente e me ter sido dada a possibilidade de participar no debate sobre este tema polémico — o trabalho experimental — mas tão actual no ensino das ciências.

As actividades práticas e o trabalho experimental estão hoje no centro de muitos debates sobre Educação em Ciência, quer neles intervenham professores, investigadores, quer mesmo decisores do currículo ou das políticas educativas. Embora não seja a solução para todos os problemas existentes em Educação em Ciência é, certamente, uma estratégia reconhecida como motivadora para a aprendizagem das ciências, como acabou de ser bem demonstrado na intervenção anterior, e relevante pelas potencialidades cognitivas e formativas que pode encerrar. No entanto, o trabalho experimental terá de ser sempre utilizado integrando-o em actividades didácticas, mais amplas e com objectivos próprios.

A formação de professores não se pode alhear das problemáticas que envolvem a implementação do trabalho experimental na sala de aula, visto que, essa implementação vai alterar as abordagens clássicas de ensinar ciências com implicações na mudança das concepções dos professores sobre a Ciência, sobre a sua própria função de professor e sobre o papel do aluno, sobre a gestão dos programas nomeadamente do tempo, dos conteúdos, da avaliação, da organização da sala de aula, da disciplina, dos materiais e equipamentos, da relação professor-aluno-conhecimento e até na mudança das relações com colegas e com a própria estrutura organizativa da Escola.

* Secção de Ciências de Educação — Faculdade de Ciências e Tecnologia — UNL.

Destes múltiplos aspectos, que o professor tem de enfrentar e integrar no seu conhecimento profissional, constituindo, assim, a formação um domínio específico de interdisciplinaridade, iremos abordar aqueles que achamos mais pertinentes para serem discutidos num Seminário como este.

Ao falarmos de trabalho experimental não nos queremos referir a modalidades de trabalho prático como demonstrações, verificações ou simulações, mas a *investigações em que os alunos podem desenvolver, recorrendo a recursos variados, experiências significativas, construindo, no seio de comunidades de aprendizagem, significados de conceitos próximos dos que são aceites pela comunidade científica.*

A Investigação sobre a Formação de Professores

A grande mudança social e cultural que hoje se verifica, o desenvolvimento científico rápido, a modernização tecnológica e a competitividade económica, características da época em que vivemos, introduzem novos factores de grande significado nos estudos de planeamento e decisão de políticas educativas e formativas de recursos humanos nomeadamente de professores.

Na literatura podem-se encontrar estudos com base na reflexão, no debate e na divulgação das investigações feitas sobre a problemática da utilização do trabalho experimental no ensino e aprendizagem da Ciência nos vários níveis de ensino. Contudo, existem só alguns escassos estudos especificamente dedicados à formação de professores para a implementação do trabalho experimental, talvez porque esta formação deverá ser integrada em contextos mais amplos da formação de professores de ciências. Os resultados relativos àquela formação deverão, mesmo assim *serem problematizados no contexto português*, a fim de servir de quadro referencial útil a estudos técnicos de apoio à decisão política e à sua avaliação.

Sabendo, e como acabou aqui de ser reforçado pela intervenção do Senhor Ministro de Educação, que *os professores são uma das chaves importantes para o sucesso educativo* e, no caso *dos professores de ciências para se conseguir a divulgação e o gosto pela Ciência* entre os alunos, é muito importante a investigação sobre o estatuto e a formação dos professores. Como curiosi-

dade e para mostrar a importância dos professores de ciências, vários estudos demonstraram que a maioria dos jovens mencionaram o seu professor de ciências quando se lhes perguntou “o nome de um cientista que esteja vivo” (Solomon, 1997).

Do lado das Ciências da Educação, e em Portugal, *existem, hoje entre nós, suficientes capacidades humanas de investigação académica sobre o ensino-aprendizagem das ciências* que contribuem para a produção de conhecimentos, de diagnóstico, de teorização e de estudos prospectivos de apoio ao enorme esforço, que no campo da Formação inicial e Contínua de Professores a todos os níveis, o ensino-aprendizagem das ciências, exige.

Se as acções de formação de professores, inicial ou contínua, não incorporarem os conhecimentos produzidos pela investigação, corre-se o risco de fazer aparecer em Portugal uma tecnologia educativa produtora de práticas estabilizadas de educação/formação inadequadas aos objectivos educacionais desejáveis, pouco flexíveis e não articuladas com os resultados dos estudos realizados. Nesta perspectiva, *a avaliação e a reflexão crítica contínua e criteriosa dos programas, dos processos e dos modelos actuais de formação de professores deverá ser uma prioridade.*

Mais do que nunca o mercado de trabalho, e em particular a Educação, reclama pessoas reflexivas, motivadas e flexíveis sabendo tomar iniciativas, responsáveis, com capacidade de estabelecer boas relações interpessoais, capazes de comunicar, de correr riscos, de trabalhar em grupo, revelando espírito de decisão, de criatividade, de negociação e de organização, querendo aprender sempre. Isto é, pessoas que, para além de uma elevada competência técnica e científica em domínios de especialidade, revelem competências sociais e culturais de modo a promoverem a construção do conhecimento científico.

Esta necessidade não é nova. Mas na hora actual exprime-se maciçamente e de diversos modos. Com a expansão do ensino e os desafios decorrentes da evolução da Ciência e da Tecnologia a incerteza aumenta e a formação de professores de ciências tem de resolver a questão fundamental que se coloca: como suscitar e desenvolver novas competências de ordem profissional, pessoal e relacional, de compreensão da mudança, a professores com vários níveis de formação eles próprios responsáveis pela formação de alunos

com características muito heterogéneas, nomeadamente quanto a idades, características pessoais e sociais de modo a permitir a aquisição de níveis de excelência de realização profissional?

Pondo em causa os modelos tecnológicos de Engenharia da Formação que proliferam, mas distanciando-se também dos problemas da Educação Escolar, inadequados a uma formação de adultos, requer-se a procura de um maior reconhecimento da especificidade da formação de professores de ciências. Esta especificidade liga-se (i) à aceitação que estes professores se constituem como agentes da política cultural e científica, (ii) à construção de novas identidades profissionais, (iii) à necessidade de fomentar novos comportamentos profissionais, como seja a análise das atitudes perante a Ciência e a Tecnologia e o desenvolvimento de capacidades de adaptação a novos valores do trabalho educativo.

Pretende-se que para uma adequada implementação do trabalho experimental o professor:

- adquira conhecimentos, no âmbito da Ciência da sua especialidade e da Educação em Ciência;
- responda a um conjunto de problemáticas que enformam o trabalho experimental;
- reflecta e aprofunde os seus conhecimentos à luz das propostas resultantes da investigação ou da sua própria vivência de processos de investigação;
- desenvolva, partindo da própria experiência anterior, novas concepções do ensino das ciências pela análise e a reflexão sobre os objectivos, os conteúdos, a natureza e o papel do trabalho experimental no ensino e aprendizagem da Ciência;
- promova práticas inovadoras, integrando conhecimentos e experiências para melhorar a aprendizagem.

Uma das estratégias de formação de professores que lhes permita lidar com o trabalho experimental é *o desenvolvimento das suas próprias competências investigativas* de modo a questionar, reflectir e fundamentar as suas práticas. Quando o professor se questiona sobre a sua actividade, ensinar torna-

-se numa forma de investigação sobre a aprendizagem principalmente se ele constrói as suas práticas de modo a envolver os alunos na exploração das ideias próprias. É necessário que na formação, quer inicial, quer contínua se forneçam recursos e se disponibilize tempo não só para aprofundar as questões, de interesse do professor formando, relacionadas com o seu *desenvolvimento profissional* como a inovação pedagógica, a relevância da sua experiência anterior e os novos desafios que se lhe apresentam, a adequação das suas práticas aos respectivos contextos, mas também para *reflectirem, interactuarem, escreverem e discutirem* o que aprenderam contribuindo para a *divulgação dos resultados sobre a aprendizagem e a função do professor* contribuindo para a construção pessoal e social do conhecimento.

É, assim, numa perspectiva globalizante, *centrada no professor em formação, e com a participação activa deste*, que se equaciona a formação de professores e o trabalho experimental.

Em Portugal há duas maneiras em relação às quais a formação inicial dos professores de ciências pode variar: a académica (saber científico da área de especialidade) e a pedagógica (saber profissional como professor de ciências). Esta dicotomia de saberes, independentemente da forma como se organizam, é traduzida num grau académico e de qualificação profissional. O grau adquirido pode ser de Ciência ou de Educação na Ciência. Estudos mostram que as práticas do trabalho experimental podem reflectir como foi a formação dos professores (Solomon, 1997). Tomando como exemplo os resultados de um estudo internacional, de natureza comparativa, realizado em 1997, sobre a educação científica na Europa, mostram-nos que aqueles professores cuja formação foi a de uma via de ensino (e.g. Escandinávia) contribuem bastante para que a escola tenha vertentes curriculares académicas e experimentais. Aqueles que vieram da via académica, com pouca ou nenhuma formação educacional (e.g. França, Bélgica e Itália), parecem mais “prelectores” que “professores”, pois não incentivam actividades experimentais ou mesmo o contacto com os alunos fora da sala de aula. Os manuais escolares que foram escritos por estes dois tipos de professores também reflectem os seus diferentes “backgrounds”. Frequentemente, os professores de grande prestígio preferem fazer eles próprios as experiências do que se limitarem à supervisão dos alunos quando estes as executam (Solomon, 1997). O mesmo estudo, aponta para algumas tendências comuns verificadas na Europa quanto á Educação em Ciência tais como: 1) O trabalho

experimental levado a cabo pelos próprios alunos de forma a que possa promover melhor entendimento da natureza e o desenvolvimento do significado próprio do conhecimento científico é raramente praticado. 2) Existe uma diminuição dos recursos para o ensino da Ciência, incluindo o equipamento para o desenvolvimento de trabalhos práticos laboratoriais e a incapacidade em manter as turmas pequenas, por motivo de segurança dos alunos, durante o trabalho experimental. 3) Os temas ambientais ensinados, normalmente desde a escola primária, raramente incluem o ensino da Física e da Química e conseqüentemente as práticas a elas associadas. 4) A maioria dos cursos vocacionais que preparam para o mercado de trabalho baseado na Ciência têm um baixo estatuto social e raramente integram os conceitos e processos científicos através do trabalho prático. 5) Existe falta de centros de recursos educativos que pudessem, em parceria educativa, compensar as limitações das escolas quanto à implementação do trabalho experimental, escolas essas que estão saturadas e com deficientes condições para promoverem um ensino de qualidade em laboratório. 6) Inexistência de suporte científico-pedagógico para as equipas ou professores que desenvolvem programas inovadores, por vezes em condições difíceis. 7) Falta de descentralização do sistema com a concomitante falta de valorização da diversidade e pluralismo dos projectos. 8) Não existe estímulo institucional para os professores prosseguirem as suas próprias investigações. 9) Os professores não têm apoio de aconselhamento e supervisão no primeiro ano de actividade profissional. 10) A conexão entre o conhecimento científico e o pedagógico bem como entre teoria e prática não está devidamente equacionada e avaliada. 11) A relação entre escolas secundárias e Universidades é insuficiente. 12) Os jovens não estão motivados para as carreiras científicas. Relacionado com esta última afirmação, Markow e Lunning (1998) sugerem que a diminuição da qualidade e da quantidade do ensino no laboratório, verificada no início dos anos 70, constitui uma das causas da falta de interesse dos jovens pelas carreiras científicas. Esta diminuição terá a sua causa nos altos custos financeiros que implica a aprendizagem em laboratório, nas razões de segurança, no aparecimento dos audiovisuais e dos computadores com as suas potencialidades para apresentarem simulações das experiências e para desenvolverem um ensino interactivo. Para além destas razões a falta de trabalho experimental que se ligue aos interesses dos alunos e aos problemas actuais, a execução de experiências para confirmar ou reconfirmar princípios e leis bem conhecidas não deixando os alunos envolverem-se em investigação original, a metodologia de “passo a passo” dos

protocolos experimentais, implica uma aprendizagem rotineira de verificação de factos e de desenvolvimento de habilidades manipulativas em substituição da compreensão de conceitos o que leva a uma aprendizagem enfadonha afastando os alunos das carreiras científicas.

Continuando a referenciar realidades internacionais, a definição dos "National Science Education Standarts", para a educação científica, proveniente dos E.U.A, em 1996, implicou a definição de objectivos para a formação de professores para atingir os "standarts" propostos. Assim, para que o professor seja um guia e facilitador da aprendizagem será necessário que ele próprio aprenda a focar a sua actividade no "inquiry" científico enquanto interactua com os alunos, orquestre a discussão entre os alunos sobre ideias em Ciência, desafie os alunos a aceitar a responsabilidade da sua própria aprendizagem, encoraje a literacia científica desenvolvendo a curiosidade, a abertura a novas ideias e dados e o cepticismo que caracteriza a Ciência (NRC, 1996, p. 36). Para que os professores possam desenvolver comunidades de aprendizagem em Ciência, que reflectam o rigor do "inquiry" e as atitudes e os valores sociais conducentes à aprendizagem da Ciência, devem saber envolver activamente os alunos em experiências, concentrá-los na recolha e uso da evidência, fornecer uma perspectiva histórica, desenvolver-lhes a expressão clara, usar o trabalho de grupo, não separar o conhecimento dos resultados, desdramatizar a memorização do vocabulário técnico, desenvolver a curiosidade e a criatividade, encorajar o questionamento saudável, evitar o dogmatismo e promover respostas estéticas (AAAS, 1989, pp. 147-150).

O que foi expresso mostra que as recomendações para a formação de professores estão ligadas à capacidade destes envolverem activamente os alunos a pensarem sobre os fenómenos científicos. Esta visão coloca mais responsabilidade nas mãos do professor. Para o professor ter competência, para esta forma desejável de trabalhar, foram identificados formas de conhecimento que o professor necessita. Nesta linha é essencial, segundo Kennedy (1998), a profunda *compreensão conceptual da Ciência* (capacidade de pensar sobre fenómenos, argumentar, resolver problemas e justificar decisões) que compreende a identificação das ideias centrais relacionadas com um conteúdo e da relação entre as ideias desse conteúdo, o sentido da proporção e a existência de um conhecimento detalhado e elaborado, o *conhecimento pedagógico* na acepção de Shulman (1987) como a capacidade de apresentar

ideias importantes de modo a que sejam compreendidas pelos alunos, *a compreensão da natureza do trabalho científico e a atitude perante a Ciência*. Nesta perspectiva é necessário mudar a organização das práticas de formação de professores existentes. A formação não pode ser pontual nem fragmentada, mas deve ser realizada segundo um *projecto coerente e contínuo ao longo da vida profissional do professor*, envolvendo-o em actividades que contemplem o desenvolvimento de todos os conhecimentos de uma *forma reflexiva, integrada e interdisciplinar*.

O Trabalho Experimental e a Situação Portuguesa

Na aprendizagem da Ciência o papel do trabalho experimental apresenta uma dimensão tripla cujas componentes se interpenetram: 1) actividades para o desenvolvimento global do aluno permitindo-lhe observar, experimentar, seleccionar e organizar informação e dados, manipular materiais, relacionar, fazer conjecturas, argumentar, inferir conclusões, comunicar e avaliar; 2) actividades não só para o desenvolvimento de conceitos científicos e da sua aplicação, mas também para a aquisição e a construção de novos significados do conhecimento científico factual e processual; 3) actividades para ajudar os alunos a compreender a natureza da Ciência e dos objectivos da investigação em Ciência, o papel da experimentação e da evidência na construção do conhecimento, envolvendo-os em processos investigativos de modo a construírem um conhecimento alargado da Ciência, desenvolvendo uma cultura científica. Para além destas componentes directamente ligadas à Ciência podemos considerar outras componentes de desenvolvimento global como o desenvolvimento de competências cognitivas de resolução de problemas, de pensamento crítico, de criatividade, de tomada de decisões, de análise e de síntese e de aplicação de conhecimentos e procedimentos a situações novas e de atitudes como a curiosidade, o interesse, o rigor, a perseverança, a autonomia, a responsabilidade, a auto confiança, a negociação e a colaboração.

O trabalho experimental radica-se, historicamente, em movimentos, perspectivas e práticas educacionais de ensino individualizado, que se verifica desde o fim do século passado, início do século XX. Podemos recordar, entre outros, as “lições das coisas” com objectos do meio natural propostos por Pestalozzi, os “materiais sensoriais para uma educação científica” (p.170)

de Montessori ou o “learning by doing” de Dewey, com actividades práticas ligadas ao quotidiano, que influenciou toda a educação em Ciência americana com as abordagens “hands on” traduzidos em inúmeros programas curriculares e “kits” de materiais, manuais e guias para professores que se espalharam e sofreram adaptações para serem utilizados em outros contextos.

Hoje, ainda se discute a importância do trabalho experimental sendo este reconhecido como essencial na educação em ciências, em vários países e integrado nos currículos. Assim, por exemplo, no Canadá pode-se ler nos documentos de política educativa: “a aprendizagem efectiva implica a construção de significados sobre o mundo (...) é mais eficiente quando os alunos são encorajados, individualmente ou em grupo, a explorar os fenómenos do seu meio natural e social, a formular as próprias questões para serem investigadas, a procurar respostas pela observação e experiência, a investigar, a procurar e seleccionar informação, a apresentar, explicar e justificar as suas conclusões e avaliar os processos e os resultados através da discussão com os seus pares e professores” (Ministry of Education, Ontário, 1993, p.5). Apesar destas afirmações o ensino das Ciências renega, ainda, a falibilidade da observação, não incorporando a consciência das formas como o conhecimento é negociado dentro da comunidade científica. Mantém-se à volta de certos mitos sobre a Ciência, nomeadamente que a observação fornece directo acesso ao conhecimento, a Ciência começa pela observação e processa-se por indução, os resultados da experiência são decisivos, o método científico é universal e os dados obtidos são os correctos desprovidos de qualquer ambiguidade. Estes mitos são reforçados pelas práticas de sala de aula em que os alunos investigam através de receitas planeadas para obter um resultado predeterminado, seguem rigorosamente as indicações do professor e só raramente se envolvem em actividades que questionam o que estão a fazer ou as razões porque estão a seguir um determinado procedimento (Hodson, 1993). O controlo excessivo do professor no trabalho experimental leva a que o aluno não possa planear as experiências implicando a incapacidade de apreciar a complexidade do conhecimento científico, criar hábitos de trabalho científico, ficando menos preparado para a independência intelectual que lhe permitiria actuar criticamente e exercer uma cidadania responsável (Fensham, 1992).

O tempo e a sua gestão é uma das problemáticas importantes para a implementação do trabalho experimental especialmente quando os profes-

sores são confrontados com um programa extenso e horários com tempos lectivos compartimentados e manifestamente insuficientes. Sabe-se que o professor quando confrontado com um programa demasiado longo tende a dar ênfase ao conhecimento factual, concentrar a sua prática lectiva no conteúdo dando prioridade às demonstrações que confirmem esses conteúdos e assegurar uma boa sequência de actividades (Hodson, 1993). A formação de professores não pode ignorar as limitações provenientes do quotidiano, mas deve encontrar formas de manter a motivação elevada e de desenvolver a auto confiança para os professores não terem receios de recorrer ao trabalho experimental nas suas aulas. Uma das formas que se pensa ser recomendável é deixar os professores viverem o processo científico em laboratório, viverem a aventura do trabalho de investigação científica, formando equipa com cientistas. No entanto, será necessário investigar, num programa de formação de professores, para cada nível de ensino, quanto tempo de formação no laboratório é necessário. Não foi encontrada na literatura referência a qualquer estudo sobre o tempo necessário, estrutura ou articulação da prática laboratorial com a teoria, quer esta seja da disciplina científica, quer seja pedagógica, para se formar um professor competente.

Equipamentos e materiais podem ser mediadores da aprendizagem. Um laboratório com um efectivo ambiente de aprendizagem, requer material científico base e específico. Contudo, sabe-se que a existência de equipamento e material não garante o desenvolvimento conceptual (Hofstein, Luneta, 1995). Assim, a investigação fornece-nos ideias contraditórias acerca da eficiência da existência de laboratórios, das finalidades para que devem ser usados e como devem ser equipados (Lazarowitz, Tamir, 1994).

As actividades de laboratório são influenciadas por múltiplas variáveis, mais importantes que a existência de material, como por exemplo, segundo dados de investigação: a orientação epistemológica do trabalho experimental, a formação de professores, o uso e familiaridade dos professores e alunos com o material, as experiências prévias pessoais, a qualidade e quantidade das interações verbais, as estratégias de ensino, a existência de trabalho cooperativo, os estilos de aprendizagem dos alunos, o grau de liberdade dos alunos para questionarem e planearem as investigações (Carter et al., 1999). Destes resultados pode-se inferir que para as potencialidades do trabalho experimental se desenvolverem não é condição necessária a existência de material muito sofisticado. Não é, também, razão justificativa o trabalho

experimental não ser realizado pela inexistência de laboratórios bem equipados. Existem, em muitos casos, alternativas eficientes utilizando material do quotidiano.

As potencialidades do trabalho experimental devem ser exploradas em todos os níveis de ensino, embora com objectivos diferenciados. No 1.º Ciclo do Ensino Básico, devido a uma deficiente formação em Ciência traduzida pela falta de conhecimento científico ou de conhecimento processual, muitos professores mostram-se relutantes ou mesmo receosos de desenvolverem actividades experimentais que não lhes são familiares. Em comum com professores de outros níveis de ensino, pensam, também, que a actividade experimental é difícil de organizar e avaliar (Appleton, 1995). Como estratégias tentam ensinar o menos possível de assuntos científicos, concentrando-os onde a confiança é maior, recorrem a manuais escolares e a fichas já elaboradas, privilegiam a exposição, evitam abordagens práticas aos conteúdos, assim como a utilização de experiências que podem “dar mal”, convidam peritos sempre que possível (Harlen, Holroyd, 1997). Estas estratégias terão, por certo, impacto negativo nas crianças. Muito há a fazer para a formação destes professores nomeadamente envolvê-los em programas de investigação — acção devidamente apoiados e em conjunto com outros professores, onde possam reflectir nos aspectos teóricos e práticos relacionados com a aprendizagem em Ciência, não os isolando dos resultados da investigação e do debate teórico de assuntos chave em educação em Ciência.

O ensino vocacional em qualquer uma das suas modalidades de ensino tecnológico, profissional, técnico e técnico-profissional é outro nível de ensino em que, pela sua especificidade, o trabalho experimental e a formação de professores deverá ser objecto de reflexão. Este não pode ser relegado como uma forma de “aprender a fazer” numa lógica de produção.

Considerando o programa de Biologia, como exemplo do que se passa nas escolas secundárias, quanto aos currículos das disciplinas consideradas “científicas” a orientação metodológica geral proposta está de acordo com os princípios orientadores e os objectivos do Ensino Secundário, salientando-se “o desenvolvimento holístico de capacidades, conhecimentos e atitudes, situações problematizadoras, resolução de problemas, *investigação e actividades diversificadas de experimentação*, expressão oral, escrita e gráfica, comunicação variada [baseada numa] organização flexível do currículo” (p. 79).

Na avaliação (p. 80) salienta-se: que para além da recolha de informações sobre os resultados da aprendizagem, têm muito interesse os dados que se referem aos processos mentais utilizados pelos alunos reveladores da natureza das representações e das estratégias elaboradas [...] porque os objectivos propostos visam o desenvolvimento de atitudes, capacidades e conhecimentos. São estas as componentes consideradas fundamentais no processo de avaliação, que não pode limitar-se a testes sem os alunos compreenderem uma série de noções relativas aos temas tratados; há que ter em conta, também, a aquisição de competências científicas e o desenvolvimento de atitudes [...] A avaliação [...] não deve centrar-se numa base essencialmente teórica, mas também *na aquisição de competências relativas à actividade experimental* [...] A avaliação deverá ser, predominantemente, orientada numa ‘Perspectiva Cognitivista’.

Apesar do que é prescrito nos princípios orientadores e objectivos e o indicado para a avaliação, a análise das sugestões metodológicas do programa de Biologia evidencia a existência de apenas três referências a actividades experimentais que têm, essencialmente, uma função de observação. Não constituem autênticas investigações, não se encontrando referências a problemas ou metodologias investigativas como a seguir se exemplifica: “preparação de infusões de diferentes composições e sua observação ao microscópio possibilitando a identificação [...] e a observação de diferentes comportamentos” (p. 91). Outra das actividades experimentais proposta, “observação ao microscópio, de preparações extemporâneas ou definitivas de tecidos animais” (p. 100), consiste em observações de preparações fixas limitando, assim, o papel do aluno à aquisição de competências manipulativas. Esta situação que se depara, sendo a Biologia uma ciência experimental, é extremamente gravosa.

A análise efectuada revela que as sugestões metodológicas em que o professor se pode sustentar para organizar a sua prática lectiva, contrariam toda a lógica da aprendizagem referida quer nos objectivos e princípios orientadores do Ensino Secundário, quer nos objectivos do próprio programa de Biologia. Resulta assim que, se os professores seguirem as sugestões propostas, não estão a contribuir para uma perspectiva construtivista da aprendizagem, não promovem o desenvolvimento global do aluno e não têm em conta os objectivos específicos da Biologia, renegando-a como ciência experimental, contrariando o que é indicado nos documentos oficiais curriculares.

O currículo actual de Biologia carece de uma reformulação profunda conducente a uma coerência interna com uma lógica curricular em que seja valorizado o aluno, as suas aprendizagens, o seu projecto pessoal e os do meio. Recomenda-se, para a obtenção de um maior sucesso educativo, a actualização dos temas a serem tratados e a *introdução de práticas de ensino experimental*. A exequibilidade temporal dos programas terá de ter em conta a implementação de metodologias orientadas por uma perspectiva cognitivista e o tempo necessário para o aluno poder estudar e construir o seu conhecimento.

Conclusão

É necessário renovar os programas de formação de professores de ciências de modo a induzir novas práticas que envolvam novas funções dos professores adequadas aos contextos sócio-cultural e económico actuais. Encontramos como linhas prioritárias de investigação em Ciências de Educação no campo da formação de professores: a adaptação dos conteúdos e das metodologias da formação inicial com a formação contínua; as estratégias de flexibilização de ofertas de formação; as relações sistémicas entre a evolução científica, tecnológica, pedagógica e social e a educação em Ciência; a transferibilidade da produção científica e técnica entre a investigação e a prática nas escolas; a previsão de novas competências dos professores e a elaboração de modelos e estratégias de formação que facilitem a sua aquisição; a aprendizagem e desenvolvimento de capacidades de reflexão, de investigação, de problematização e de resolução de problemas.

Deste modo, conhecer a pertinência da formação de professores e o trabalho experimental, avaliar os modelos formativos actuais à luz de critérios de qualidade, produzir novos contextos pedagógicos ou educativos adequados e experimentá-los na formação inicial de professores e na formação contínua, é numa área de investigação que actualmente se impõe.

Os objectivos da formação de professores e o trabalho experimental situam-se para além da aquisição de conhecimentos e técnicas de aplicação exigindo-se, também, uma cultura profissional que facilite a aprendizagem dos alunos quanto à compreensão, análise e participação na resolução de problemas. Estas aprendizagens têm a ver menos com o “saber-fazer” e mais

com o “saber-estar com os outros”, o “saber-pensar” e o “saber ser” que ajudam a adaptação mais rápida e melhor a novas situações, desenvolvendo o aprender a aprender, a pensar, a ser capaz de modificar atitudes de relação, estabelecer critérios de apreciação da Ciência, conhecer o sentido da evolução sistémica da Ciência e da Sociedade e saber intervir nos dinamismos colectivos.

Recomenda-se:

Recorrer aos resultados da investigação sobre a formação de professores e sobre o trabalho experimental.

Proceder a estudos de análise das necessidades de formação para o desenvolvimento pessoal, social e profissional dos professores de ciências, quanto à implementação do trabalho experimental, decorrentes das estratégias de gestão de recursos humanos dos vários níveis de ensino.

Investir em sectores prioritários de formação inicial e contínua num plano integrado conducente ao desenvolvimento profissional dos professores, nomeadamente no Ensino Básico e no Ensino Secundário pela intensificação das relações Ensino Superior/Escola/Instituições Científicas. Decorre daqui que os programas de formação de professores de ciências, especialmente os de formação contínua, sejam negociados com os próprios professores, podendo dar-lhes a oportunidade de vivenciarem situações de investigação, desenvolverem trabalho criativo e autónomo, embora supervisionado, em colaboração/trabalho de grupo com vários tipos de profissionais.

Proceder à flexibilização da formação contínua e á avaliação das ofertas de formação face às exigências da diversidade dos projectos individuais de formação recorrendo às estruturas já existentes, disseminadas pelo país.

Bibliografia

- ALMEIDA, A. M. (1995). *Trabalho Experimental na Educação em Ciência: Epistemologia, Representações e Práticas dos Professores*. Tese de Mestrado. Ciências de Educação. Faculdade de Ciências e Tecnologia — UNL: Série Mestrado.
- AMBRÓSIO, T., OLIVEIRA, T., CHAGAS, I. (1995). *Science School and the Future of Scientific Culture in Europe. Portuguese Report*. Lisboa: Instituto de Prospectiva.
- AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE — AAAS (1989). *Science for All Americans: A Project 2061 Report on Literacy Goals in Science, Mathematics and Technology*. Washington, DC.
- AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE — AAAS (1993). *Benchmarks for Science Literacy*. NY: Oxford University Press.
- APPLETON, K. (1995). Student Teacher' Confidence to Teach Science: Is more Science Knowledge Necessary to Improve Self-confidence? *International Journal of Science Education*, 17, 357-369.
- BELL, B., GILBERT, J. (1993). *Teacher Development: a Model from Science Education*. London: Falmer Press.
- BENCZE L., HODSON, D. (1999). Changing Practice by Changing Practice: Toward More Authentic Science and Science Curriculum Development. *Journal of Research in Science Teaching*, 36 (5), 521-539.
- CACHAPUZ, A. (1989). Por um Ensino Relevante da Química: Repensar o Papel do Trabalho Experimental. *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, 13(3), 25-27.
- CACHAPUZ, A. (1992). *Filosofia da Ciência e Ensino da Química: Repensar o Papel do Trabalho Experimental*. Comunicação em “Las Didácticas

Específicas en la Formación del Profesorado“. Santiago de Compostela.

CARDOSO, A. (1993). *A Centralidade do Trabalho Laboratorial nos Novos Programas de Química*. Lisboa: Plátano Editora.

CARTER, C., BRICKHOUSE, N. (1989). What Makes Chemistry Difficult. *Journal of Chemical Education*, 66, 223-225.

COLLINS, A. (1998) National Science Education Standards: A Political Document. *Journal of Research in Science Teaching*, 35 (7), 711-737.

CROWTHER, D., CANNON, J. (1999). *How Much is Enough? Preparing Science Teachers Through Science Practicum*. NARST Annual Meeting. Boston.

DANA, T., LUNETTA, V., FONSECA, J., CAMPPELL, L. (1998). A Formação de Professores de Ciências e a Reforma: Perspectiva Internacional e a Realidade Portuguesa. *Revista de Educação*, 6 (2), 115-126.

DEWEY, J. (1900). *The School and Society*. Chicago: University of Chicago Press.

DEWEY, J. (1991). *How We Think*. (Originally published in 1910). Buffalo, NY: Prometheus Books.

DRIVER, R., ASOKO, H., LEACH, J., MORTIMER, E., SCOTT, P. (1994). Constructing Scientific Knowledge in the Classroom. *Educational Researcher*, 23(7), 5-12.

FENSHAM, P. (1992). *Science and Technology*. In P. W. Jackson (Ed.). *Handbook of Research on Curriculum*. Washington, DC: AERA/Macmillan.

GAGO, M. (1995). *Ensino das Ciências: Um Caso para Acção Europeia*. Lisboa: Instituto de Prospectiva.

- HARLEN, W., HOLROYD, C. (1997). Primary Teachers' Understanding of Concepts of Science: Impact on Confidence and Teaching. *International Journal of Science Education*, 19, 93-105.
- HODSON, D. (1992). Redefining and Reorienting Practical Work in School Science. *School Science Review*, 73, 65-78.
- HODSON, D. (1993). Re thinking Old Ways: Towards a More Critical Approach to Practical Work in School Science. *Studies in Science Education*, 22, 85-142.
- HODSON, D. (1998). *Teaching and Learning Science: Towards a Personalized Approach..* Philadelphia: Open University Press.
- KENNEDY, M. (1998). Education Reform and Subject Matter Knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 35 (1), 249-263.
- KIRSCHNER, H. (1992). Epistemology, Practical Work and Academic Skills in Science Education. *Science Education* 1 (3), 273-299.
- LAZAROWITZ, R., TAMIR, P. (1994). *Research on Using Laboratory Instruction in Science*. In D. Gabel (Ed.). Handbook of Research on Science Teaching and Learning (pp. 94-130) New York: Macmillan.
- LUNETTA, V. (1991). Atividades Práticas no Ensino das Ciências. *Revista da Educação II* (1), 81-90.
- LUNETTA, V. (1995). *The School Science Laboratory: Historical Perspectives and Contexts for Contemporary Teaching*. International Handbook of Science Education. Amsterdam: Kluwer.
- MARKOW, P., LONNING, R. (1998). Usefulness of Concept Maps in College Chemistry Laboratories: Students' Perceptions and Effects on Achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 35 (9), 1015-1029.
- MARQUES, L., PRAIA, J. (1991). Ensino-Aprendizagem das Ciências: Possíveis Contributos para Reflexão. *Aprender*, 14.

- MIGUÉNS. M. (1991). Atividades Práticas na Educação em Ciências. Que Modalidades? *Aprender*, 14.
- MIGUÉNS. M., SERRA, P., SIMÕES, H., ROLDÃO, M.C. (1996). *Dimensões Formativas de Disciplinas do Ensino Básico: Ciências da Natureza*. Lisboa: IIE.
- MILLAR, R., OSBORNE, J. (1998). *Beyond 2000: Science Education for the Future*. Nuffield Foundation.
- MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO (1991). *Organização Curricular e Programas*. DGEBS.
- MINISTRY OF EDUCATION, Ontario (1988). *Curriculum Management Resources Guide*. Toronto: Queen's Park Printer for Ontario.
- MONTESSORI, M. (1966). *A Criança*. Portugalíia Editora (5.^a ed.).
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL — NRC (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC.: National Academy Press.
- NATIONAL SCIENCE TEACHERS ASSOCIATION (1987). *Criteria for Excellence*. Washington, DC.
- OLIVEIRA, M. T. (Coord.) (1991). *Didáctica da Biologia*. Lisboa: Universidade Aberta.
- PRAIA, J., COELHO, J. (1998). O Trabalho Prático: da sua Crítica à Contribuição para uma Fundamentação Epistemológica — Didáctica. *Inovação*, 11 (3) 145-159.
- PRAIA, J., MARQUES, L., LEITE, A., FUTURO, A., TRINDADE, V. (1995). O Trabalho Experimental e o Ensino da Geologia: Contributos para a Formação de Professores. In *Educação em Ciências da Natureza*. Actas do 5.º Encontro Nacional de Docentes. Portalegre: Escola Superior de Educação.
- RUSSELL, T. (1993). Learning to Teach Science: Constructivism, Reflection and Learning from Experience. In K. Tobin (Ed.). *The*

- Practice of Constructivism in Science Education*. New Jersey: LEA Publishers.
- SANTOS, L., OLIVEIRA, M. (1999). Internet as a Freeway to Foster Critical Thinking in Lab Activities. *NARST*, Boston.
- SCHON, D. (1988). *Education the Reflective Practitioner*. San Francisco: Jossey — Bass Publishers.
- SHULMAN, L.S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15, 4-14.
- SHULMAN, L.S. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review*, 57, 1-22.
- TRINDADE, V. (1999). *Metodologias de Ensino das Ciências: Investigação e Prática dos Professores*. Évora: S. de Educação. Departamento de Pedagogia e Educação. Universidade de Évora.
- VALENTE, M. O. (1991). A Investigação em Didáctica. *Actas do II Encontro Nacional de Didáctica e Metodologias de Ensino* (pp. 9-21). Aveiro: Universidade de Aveiro.
- VIEIRA, C., OLIVEIRA, M. (1997). *Lab Activities in Light of Critical Thinking*. NARST, Illinois.
- WELFORD, G. (1992). L'Évaluation des Travaux Pratiques dans l'Enseignement des Sciences à l'École. In D. Layton (Ed.). *Innovations dans l'Enseignement des Sciences et de la Technologie*. UNESCO, III, 43-67.
- WOOLNOUGH, B., ALLSOP, T. (1985). *Practical Work in Science*. Cambridge: Cambridge University Press.
- YAGER, R., LUTZ, M. (1994). Integrated Science: the Importance of "How" Versus "What". *School Science and Mathematics*, 94, 338-346.
- ZEICHNER, K. (1993). *A Formação Reflexiva de Professores: Ideias e Práticas*. Lisboa: Educa.

O Trabalho Laboratorial no Ensino das Ciências: Contributos para uma Reflexão de Referência Epistemológica

João Félix Praia *

Palavras Preliminares

Em primeiro lugar, quero agradecer reconhecidamente à Senhora Presidente do Conselho Nacional de Educação, Professora Doutora Maria Teresa Ambrósio, o convite que me dirigiu para estar presente neste Seminário.

Antes de expor a comunicação que me propus fazer, entendo não poder omitir duas notas preliminares. Uma primeira para esclarecer algo em relação àquilo de que vamos falar — o trabalho experimental. É que pensamos que este se realiza sobretudo ao nível do microsistema, onde temos alguma possibilidade de actuar; porventura ainda ao nível do mesosistema, mas já com bastantes limitações; e, então, ao nível do macrosistema, as coisas são muito mais complexas. Por conseguinte, vamos falar de algo que se passa, fundamentalmente, a nível do microsistema. Uma segunda nota, diz respeito a que, para mim, o trabalho experimental não vale por si, o trabalho experimental vale enquanto instrumento inserido numa estratégia mais vasta de ensino-aprendizagem, e naturalmente, com sentido educacional, ou seja, um sentido que neste caso, devido ao paradigma que o sustenta, e já lá vamos a isso, se pode dizer em duas simples palavras: aprender a pensar, ou ajudar a aprender a pensar.

Introdução

Se é verdade, como os resultados da investigação parecem apontar, que a curiosidade dos jovens pela Ciência diminui à medida que a escolaridade avança, torna-se uma boa justificação para que aprofundemos e nos interroguemos sobre o porquê deste facto. De certo que a este desinvestimento dos

* Centro de Geologia/Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

jovens não é alheia uma desajustada forma de ensinar ciências, que põe a tônica na memorização factual e que esquece, sistematicamente, que é necessário, sobretudo, ganhar e desenvolver o gosto pela aprendizagem. É importante ajudar a criar novas atitudes que ajudem os alunos a poderem compreender e a valorizar, adequadamente, o conhecimento científico para o poderem integrar no quotidiano, para compreenderem cada vez melhor o mundo que os rodeia. Enfim, para ajuizar, fundamentadamente, as notícias que são veiculadas pelos *mass media*. O que está em causa é também uma formação mais na perspectiva cultural do cidadão, mais de ganhos de atitudes e de valores, de um saber gerir a informação, para a transformar em conhecimento, do que um apenas acumular de informação que depressa se esfuma. Acreditamos que um forte impulso pode (deve) ser dado através do Trabalho Laboratorial (TL), gerando uma atitude mais motivadora para aprender e conceptualmente mais enriquecedora, ajudando a inverter um ambiente de aprendizagem que classificamos de árido e pobre e que nada contribui para dar uma ideia do que é a Ciência, dos seus problemas, preocupações e das suas contribuições para a compreensão do Mundo em que vivemos.

Embora tenha sido periodicamente desacreditado — e em certas ocasiões qualificado como «perda de tempo» —, a importância do trabalho de laboratório¹ na educação em ciências tem permanecido incontestada (Hodson, 1994). Ou seja: não é, aparentemente, controverso o facto de ser necessário recorrer ao trabalho experimental no ensino das ciências (Woolnough 1991, Hodson 1988, 1992, 1994, 1996, Tamir 1991, Millar 1991, Klainin 1998, Miguéns 1991, Gott & Mashiter 1991). Contudo, o mesmo não se passa relativamente às características desse trabalho experimental.

Assim, o trabalho laboratorial é hoje por excelência um pólo de debate e reflexão sobre a educação científica, fazendo emergir intervenções, nem sempre em unísono, de professores, especialistas, decisores de currículo e de políticas educativas nacionais e regionais.

¹ Segundo Hodson (1993 e 1994) os termos “*trabalho de laboratório*” (expressão usada na América do Norte), “*trabalho prático*” (mais usado na Europa, Austrália e Ásia) e “*experiências*” são empregues praticamente como sinónimos. Entretanto, no presente trabalho utiliza-se quase sempre a designação de trabalho laboratorial.

Os resultados recentes da reflexão e da investigação, têm como referência o quadro da “nova” filosofia da ciência e permitiram criar as condições de uma reconceptualização do trabalho experimental, tendo em atenção a pertinência didáctica e a epistemologia que lhe está subjacente.

Que orientação deve ser dada ao uso de actividades de trabalho laboratorial na sala de aula?

É interessante constatar que apesar do trabalho de laboratório receber o apoio quase universal do colectivo dos professores de ciências tem sido escassa a investigação realizada para obter evidências convincentes, no sentido de corroborar a sua eficácia (Hodson, 1994).

A imagem de ciência tida pelos alunos, depende em boa medida do que lhes é proporcionado pelos professores de ciências (Praia & Cachapuz, 1994). É assim compreensível o crescente interesse da investigação educacional pelo ensino da ciência (e neste caso em particular pelo trabalho laboratorial) de um ponto de vista epistemológico (Praia & Cachapuz, 1994).

Reconhece-se, sem dificuldade, que as concepções que os professores possuem acerca da natureza da ciência e da investigação científica, poderão influenciar a sua prática profissional, incluindo a planificação das actividades de aprendizagem. Deveria ser também tido em conta, como exemplo possível para a concepção e implementação de actividades de trabalho laboratorial na sala de aula, uma articulação entre as diferentes componentes do ensino das ciências no quadro de uma didáctica construtivista, em particular, entre a componente da especialidade, a componente didáctica e a componente epistemológica (Cachapuz, 1995). Os aspectos epistemológicos são aqueles que talvez condicionem de uma forma mais acentuada o ensino da ciência, se atendermos que estão subjacentes três aspectos essenciais segundo Hodson (1992b, 1994, 1996): *a aprendizagem da ciência, a aprendizagem sobre a natureza da ciência e a prática da ciência*².

Uma nova orientação do trabalho laboratorial requer ainda o desenvolvimento de materiais curriculares alternativos, dado que os empregues habi-

² Aspectos principais do ensino das ciências que terão um desenvolvimento ao longo do trabalho.

tualmente resultam inadequados para aproximar o aluno da actividade científica (Bastida *et al.*, 1990, Gil & Payá, 1988; Tamir & García Rovira, 1992) e, por outro lado, é necessária uma formação docente específica (Furió & Gil, 1989; Lledó & Cañal, 1993; Olson 1990; Tamir, 1989, citados por García Barros *et al.*, 1995). Desta forma Matthews (1994) refere também, que uma adequada formação de professores (inicial e em exercício profissional) está condicionada pela inclusão de temas emergentes da história e da filosofia da ciência³, assim como por uma ampla difusão de programas de ciências.

1. Questionando o Trabalho Experimental

Os professores quando se propõem realizar actividades de trabalho laboratorial na sala de aula, na maior parte das vezes, têm em mente diversos objectivos (por exemplo, motivar os alunos, ensinar técnicas de laboratório, desenvolver capacidades científicas,...). Podem-se constatar os motivos mais díspares a partir de perguntas feitas aos professores acerca das razões pessoais para promover o TL. Assim, analisando os diferentes motivos pelos quais os professores promovem actividades de TL na sala de aula, Woolnough & Allsop (1985), Lynch (1987) e Tamir *et al.*, (1991) (citados por Hodson, 1992 a, 1993 e 1994) agrupam-nos em diferentes categorias, parecendo existir, no entanto, um certo paralelismo entre as diversas categorias identificadas por estes investigadores. Pode ainda constatar-se que, na última década, os objectivos dos professores sobre a concepção e a realização de TL quase não sofreram alterações significativas. Entretanto, a partir da identificação destas categorias de objectivos, Woolnough & Allsop e Hodson colocaram várias interrogações críticas sobre o valor de TL. Assim, Woolnough & Allsop (1985) perguntam: *Does it work? (O Trabalho Laboratorial cumpre os seus objectivos?)*. Ou, como fez Hodson (1994), questionando de forma crítica os cinco seguintes objectivos:

O trabalho de laboratório motiva os alunos? Existem outras formas alternativas ou mais adequadas para os motivar?

³ “Algum conhecimento de história e da filosofia da ciência deveria fazer parte da bagagem intelectual de todos os professores de ciências do ensino secundário” Thonson (1918), citado por Matthews (1994).

Os alunos adquirem as técnicas de laboratório a partir do trabalho que realizam na escola? A aquisição destas técnicas é positiva do ponto de vista educativo?

O trabalho de laboratório ajuda os alunos a compreender melhor os conceitos científicos? Há outros métodos mais eficazes para consegui-lo?

Qual a imagem que adquirem os alunos sobre a ciência e a actividade científica quando estão no laboratório?

Até que ponto o trabalho laboratorial que os alunos efectuam pode favorecer o desenvolvimento das denominadas «atitudes científicas»? Serão estas necessárias para praticar o correcto exercício da ciência?

Tentando responder aos cinco grupos de perguntas, tornou-se possível reflectir também sobre as concepções do ensino inerentes às práticas dos professores. Neste contexto, importa dizer que os professores nem sempre têm em conta que existe uma relação inversa entre o entusiasmo dos alunos pelo TL e a sua idade (Lynch & Ndyetabura, 1984 citados por Hodson, 1994). À medida que se progride no nível etário do ensino, os exercícios práticos vão sendo cada vez mais estruturados e com menor grau de investigação. Este tipo de atitude não privilegia o tratamento diferenciado de situações problemáticas e contraria as orientações construtivistas sobre a abordagem de estratégias desafiantes e motivadoras (Gil, 1982; Gil & Mattinez-Torregosa, 1983 e 1987; Driver & Oldham, 1986; Burbules & Linn, 1991; Gil *et al.*, 1991; Wheatley, 1991, citados por Gil Pérez, 1993).

O ensino baseado em destrezas defende que as capacidades manipulativas, para além de terem grande valor por si, se podem transferir para contextos diferentes. No entanto, as habilidades manipulativas têm reduzido valor (ver e.g. Hodson, 1990) e são vários os exemplos que evidenciam não serem transferíveis para a vida diária habilidades aprendidas de uma forma descontextualizada.. Por outro lado, os que defendem o segundo argumento, assumem uma visão idealista, ao acreditarem num “modelo de ensino” onde todos os alunos procurarão ser investigadores e técnicos, como se a sociedade pudesse garantir empregos para todos eles.

Como resposta à terceira pergunta os dados da investigação referem que o método empregue no TL pode ser tão válido como outro qualquer,

ou até ser prejudicial se incorrectamente utilizado (Hofstein & Lunetta, 1982; Kirschner & Meester, 1988; Gunstone & Champagne, 1990; Tobin, 1990, citados por Hodson, 1994). Entretanto, não é por estar muito tempo no laboratório que poderemos pensar ser possível ao aluno construir, por si só, em tão pouco tempo, todos os conhecimentos que exigiram os maiores esforços das equipas de investigação (Gil Pérez, 1993). O TL individual também se revela contraproducente e pode dar lugar a uma compreensão incoerente e distorcida da metodologia científica (Millar, 1989; Selley, 1989; Klopfer, 1990, citados por Hodson, 1994) e da própria comunidade de investigadores. Nas décadas de 60 e 70 determinados cursos de ciências (BSCS, ESCS, Nufield...) conseguiram misturar os pontos de vista progressistas do ensino centrado no aluno, que enfatizava a investigação e a descoberta com ideias indutivistas sobre a natureza da investigação científica. Assim surgiram as actividades de trabalho laboratorial inseridas na APD — Aprendizagem Por Descoberta — com *“a pretensão de que o aluno descobre, sistematicamente, por conta própria, ideias a partir de factos e ainda a convicção de que todos os conteúdos são produtos incidentais e colaterais de um processo mais ou menos intuitivo”* (Santos & Praia, 1992).

Hodson (1994) aponta criticamente quatro factores associados entre si que permitiram justificar o injustificável, isto é, fazer perdurar o modelo de aprendizagem baseado na descoberta de orientação indutivista até aos nossos dias.

- 1.º O modelo APD parece mais «simples» que outros modelos de ciência e os alunos podem utilizá-lo com «mais facilidade»;
- 2.º O prestígio de que gozam os métodos centrados no aluno, os quais devido a características linguísticas comuns (indagação, investigação, observação, descoberta, etc) operam a favor de um modelo científico indutivista (Harris & Taylor, 1983, citados por Hodson, 1994);
- 3.º As representações que os professores têm acerca da natureza da ciência derivam das suas próprias experiências de aprendizagem (nos cursos de ciências a que assistiram na escola e na universidade), e que são reforçados (por tendências empiristas e indutivistas) nos livros de texto e nos materiais de ciências;

4.º A crença num método científico como um algoritmo capaz de dirigir as investigações científicas.

Em resposta às duas últimas questões, existe a ideia subjacente no pensamento dos professores de que os alunos apreciarão melhor a actividade dos cientistas se se adoptar uma postura de objectividade livre de valores e teoricamente isenta *a priori* de juízos, imparcial e com predisposição para considerar outras ideias ou sugestões, evitando formular juízos apressados (Hodson, 1994).

Contudo os cientistas são extremamente especulativos e elaboram hipóteses e teorias muito antes de possuírem resultados práticos, por isso torna-se ingénuo, conceber a ciência como uma simples descoberta iniciada pela observação neutral ou pela confirmação experimental positiva. À semelhança da posição tomada pelo cientista na investigação, também se torna necessário que *“os professores compreendam e interiorizem a importância do elemento cognitivo e adquiram a consciência do papel do sujeito na construção do conhecimento”* (Praia, 1995).

Por fim, importa explicitar o que tem estado subjacente: que as representações que os professores têm sobre o que é a Ciência, sobre o que é fazer Ciência, sobre o que é “o” método científico, interferem não só no que ensinam, mas, sobretudo, no “como ensinam” o prescrito no currículo e mesmo no significado que parecem atribuir a esse ensino, neste caso, ao TL.

Com o contributo de pensadores de grande importância e prestígio tais como Bachelard, Popper, Kuhn, Lakatos, Toulmin, entre outros, a epistemologia racionalista contemporânea, cria de facto uma ruptura entre o modelo clássico positivista, gerando concepções mais recentes que se vêm traduzidas e transpostas, ainda que com cuidado, para o quadro didáctico, em práticas cognitivo-construtivistas.

Assim, importa que num quadro didáctico coerente com as teses defendidas por aqueles epistemólogos, as actividades de TL não deverão mais ter um carácter mecânico e confirmatório e efectuado de acordo com um protocolo faseado e tipo receituário, mas antes, surgirem como uma procura de resposta a uma questão formulada permitindo a identificação de um conjunto de conceitos relevantes.

2. Um Novo Enquadramento para o TL

Entretanto, as actividades de trabalho laboratorial inseridas num contexto de ensino e aprendizagem, tal como são concebidas, são pobres, muitas vezes confusas e não produtivas. Os professores utilizam essa metodologia essencialmente entre dois limites. A primeira recorre à “sobredosagem” do TL como uma panaceia, com o intuito de alcançar todos os objectivos da aprendizagem (sobreutilização); a segunda reduz drasticamente a utilização do TL.

Lopes (1994) sintetiza, de uma forma feliz, aquilo que Hodson (1992b) defende ao apresentar oito pontos merecedores de atenção, relativamente ao que se faz (ou fazia) na sala de aula em termos de TL e que estão na base do insucesso desta metodologia no âmbito de um curso de ciências. Assim:

Os exercícios práticos são feitos sem qualquer base teórica;

Pretende-se que o concreto se torne abstracto;

O trabalho laboratorial de manuseamento é muito extenso (ocupa muito tempo da aula) o que leva a um tempo de contacto passageiro com o conteúdo em causa;

Muitas vezes o conteúdo é fornecido pelo professor, deixando pouco espaço para o aluno construir o seu significado pessoal;

O trabalho laboratorial é visto como um meio de obtenção de informação ou de dados meramente factuais;

Os alunos não são envolvidos no projecto e na planificação das investigações experimentais/laboratoriais (é o professor que o faz), o que se traduz num trabalho com pouca utilidade do ponto de vista pedagógico;

Os alunos não só não possuem a teoria necessária e apropriada para a compreensão do que executam, como podem possuir outra teoria, diferente. Assim, vão proceder às observações no sítio errado e interpretá-las de forma incorrecta;

Existem experiências que apenas servem para distrair os alunos dos conceitos teóricos importantes envolvidos, e para inibir o seu pensamento criativo.

Também, em conformidade, Cachapuz (1992) refere os princípios orientadores das práticas dos docentes:

1) Para que o TL seja um meio adequado do ensino das {Ciências}⁴ é condição necessária que seja claro para os professores (e alunos) o que dele se espera, bem como compreenderem que nem sempre é o ensino mais eficaz;

2) A exploração de objectivos de ensino enquadrados na Nova Filosofia da Ciência não pode ser deixada ao “acaso” das situações de ensino na sala de aula; bem pelo contrário, deve ser intencionalmente levada a cabo;

3) Uma sala de aula não é um laboratório de investigação (nem os alunos são cientistas) pelo que as estratégias a adoptar têm de ter quer legitimidade filosófica (em particular a dimensão epistemológica) quer pedagógica. Há pois que harmonizar estas duas dimensões e o paradigma construtivista parece ser uma solução possível.

Assim, no seguimento do que acabamos de referir, importa assinalar a necessidade que uma actividade de aprendizagem como o TL tem de ser assumida pelos elaboradores de currículos e professores como facilitadora do desenvolvimento conceptual dos alunos, proporcionando a compreensão de aspectos particulares da metodologia científica, evidenciando o papel da observação e da teoria, o “estatuto epistemológico da hipótese”, o impacto científico, tecnológico e social de uma ideia, o relevo da história da ciência, etc. Sublinhe-se que a possibilidade de estabelecer uma articulação adequada entre estas várias vertentes não aparece com o mesmo grau de facilidade em todos os conteúdos.

Deve ainda ser tomado em conta o incentivo à criatividade, assim como o contacto com diferentes formas de abordagem dos problemas científicos, tecnológicos e sociais a partir, sempre que possível, de TL de “investigação” entendido no âmbito da resolução de problemas, para os quais os alunos não possuem a resposta, nem a obtêm a partir de uma abordagem metodológica única ou orientadamente dirigida ou mesmo imposta.

⁴ Aqui surge a substituição da Química pela própria Ciência, com o objectivo de dar maior coerência neste contexto específico.

No seguimento desta orientação o TL deve ser redefinido tendo em atenção os objectivos do ensino das ciências. Neste sentido, Hodson (1992b, 1994) descreveu como objectivos centrais:

1. *Aprendizagem das ciências*: como a aquisição e o desenvolvimento de conhecimentos teóricos (conteúdos das ciências).

2. *Aprendizagem sobre a natureza das ciências*: o desenvolvimento da natureza e dos métodos da ciência, tomando consciência das interações complexas entre ciência e sociedade.

3. *A prática da ciência*: desenvolvimento dos conhecimentos técnicos, éticos, entre outros, sobre a investigação científica e a resolução de problemas.

Existe uma interrelação entre os três tipos de aprendizagem, sobressaindo como mais relevante para a metodologia do TL — a prática da ciência⁵. Ou seja, a aprendizagem da ciência deve proporcionar aos alunos um processo activo em que eles possam construir e reconstruir o seu próprio conhecimento face às experiências, adquirindo o TL o papel de uma estratégia de ensino de orientação construtivista. No modelo clássico do TL é o professor que identifica o problema, formula hipóteses, elabora o plano experimental com os métodos de manipulação e condiciona o registo de dados a partir da observação.

Outras alternativas se podem colocar ao modelo clássico de ensino. Para Hodson (1994), o novo modelo deverá incluir quatro aspectos:

1 — Identificar as ideias e os pontos de vista dos alunos.

2 — Esboçar experiências para explorar tais ideias ou pontos de vista.

3 — Oferecer estímulos para que os alunos desenvolvam e possivelmente modifiquem os seus pontos de vista.

⁵ Para Hodson (1994) é a própria idiosincracia e pessoalização da investigação científica (*a prática da ciência*) que proporciona ao estudante o estímulo para reconhecer e compreender a sua inter-relação.

4 — Apoiar as iniciativas dos alunos na reconstrução do seu próprio pensamento, ideias e pontos de vista.

No modelo clássico ou convencional, o professor assume que a maior parte dos alunos não possui conhecimento científico antes de ser leccionado qualquer tema ou, a existir, é inadequado e de fácil substituição pelo do professor (com conhecimento superior). Esta visão distorcida e fundamentada numa epistemologia empirista e num modelo behaviorista encontra a sua lógica numa pedagogia por objectivos⁶.

Por outro lado, as estratégias de ensino para uma aprendizagem por mudança conceptual têm em conta o papel da epistemologia na ruptura entre os modelos clássicos e as concepções mais recentes traduzidas pelas práticas no âmbito do trabalho experimental. Contudo o TL convencional pode, segundo Cachapuz (1992) e Hodson (1994), condicionar o comportamento dos alunos a estarem ficticiamente activos, isto é, criar a ilusão de estarem empenhados numa tarefa. De facto, os alunos seguem muitas vezes o protocolo tipo receita ou executam funções acessórias que lhe foram incumbidas pelos outros elementos do grupo ou pelo professor (lêem valores de temperatura, esperam o intervalo de tempo previsto no protocolo para realizarem uma titulação, etc). Muitas vezes o tempo consumido nas actividades de TL seria melhor rentabilizado se os alunos pudessem previamente reflectir sobre aquilo que deveria suceder. Sempre que possível os estudantes deveriam descrever essas previsões por escrito, assim como as condições em que poderiam ocorrer determinadas situações (Hodson, 1994. O TL poderá incentivar e fornecer, através da explicitação do pensar e do desenvolvimento da linguagem oral e escrita (e.g. discussão verbal e relatórios), o desenvolvimento pessoal e social. Na mesma linha, Goodman & Bean (1983) no âmbito de um projecto⁷ para desenvolver as capacidades de pensamento e de escrita dos alunos do ensino não superior, afirmam a vantagem do uso de relatórios que relatem a evolução das actividades de laboratório. Esses relatórios retratam, de forma reflectida e por escrito, os procedimentos associados à investigação, às hipóteses elaboradas e testadas,

⁶ Torna-se possível, segundo Cachapuz (1992), equacionar este quadro de referências teóricas pela equação (empirismo # behaviorismo = pedagogia por objectivos).

⁷ A Chemistry Laboratory Project to Develop Thinking and Writing Skills.

às dificuldades encontradas, com a possibilidade de serem posteriormente publicados no jornal científico da escola. A discussão dos resultados obtidos no decurso das actividades de TL favorecem o diálogo do aluno com ele próprio, diálogo necessário para o processo de estruturação da informação organizada/pensada e, por isso mesmo racionalizada.

Sem querermos substituir o trabalho de laboratório por outros métodos de aprendizagem alternativos, há que ter em conta que muitas experiências são complexas, consomem muito tempo, são dispendiosas e por vezes perigosas. O aluno deixa de ter, no espaço da aula, o tempo necessário para a análise crítica e a discussão do trabalho desenvolvido. A utilização do computador e dos vídeos interactivos permitem eliminar as interferências das experiências concretas, favorecendo a especulação e a previsão por parte dos alunos, exercício mental esse que estimula a manipulação das *ideias* como meio de construir conhecimento (Hodson, 1994). O “software” e outros programas interactivos podem ser usados como meio alternativo ou para substituir determinadas fases do trabalho experimental e como tal, Hodson define três objectivos de aprendizagem que postos em prática desmistificam a ciência, tornando-a acessível a todos:

1. Os estudantes aprendem muito mais sobre os fenómenos investigados e os conceitos que podem ser escolhidos para explicar as situações (têm mais tempo e podem manipular esses conceitos).
2. Adquirem algumas das técnicas que os cientistas utilizam para idealizar e planificar estratégias.
3. Aprendem que o “funcionamento” da ciência se baseia no pensar, prever e experimentar, umas vezes com sucesso e outras vezes não.

Convém, no entanto, salientar que as experiências manuais dão bases sólidas para uma experiência pessoal, como sugerem Woolnough & Allsop (1985) — “getting a feel for phenomena”. Se o conhecimento conceptual pode ser adquirido por actividades de aprendizagem diversificadas (e.g. pesquisa bibliográfica, visitas de estudo, aulas de campo, etc.), o conhecimento processual que lhe deu origem e do qual não pode ser dissociado, muitas vezes só poderá ser adquirido com a actividade laboratorial. Assim, com o conhecimento processual, os alunos recorrem aos processos e métodos da

ciência para investigar fenómenos e confrontar problemas, estimulando e desenvolvendo as suas capacidades intelectuais, favorecendo a aquisição de uma visão holística da actividade científica.

Torna-se necessário implementar actividades com diferentes graus de abertura⁸, com a negociação da iniciativa do planeamento a ser realizada entre o professor e o aluno, embora se proponha centrar neste último (Cachapuz,1989). Nas tarefas abertas, para além destas poderem ter mais do que uma possível solução (usualmente centrada nos processos mais do que sobre os conteúdos), o professor deverá encontrar a oportunidade para negociar as diferentes soluções com os alunos. No fundo torna-se intencional procurar, de uma forma assumida, a aproximação da realização do TL das situações problema encontradas na investigação científica. “Ao mesmo tempo os alunos poderão compreender melhor que nem todas as perguntas e problemas terão uma única solução ou uma resposta correcta, e que muitas «soluções» são provisórias e necessitam de ser melhoradas com investigação posterior” (Hodson,1994). O aluno à “semelhança” do cientista avaliará a situação, adaptando o seu pensamento ao evoluir do trabalho, associando o conhecimento conceptual e processual de uma forma idiossincrática.

Com os cuidados que uma apropriação e transferência didáctica exigem, vem no entanto a propósito lembrar Michael Polanyi citado por Hodson (1992b) quando se refere a este conhecimento sobre o agir (tácito) dos cientistas (também comum ao dos jogadores de xadrez, músicos, etc.) como adquirido apenas através da experiência, que não é explicável (baseado na intuição) tornando-se relevante na condução das investigações. Este conhecimento torna-se essencial na resolução de problemas (se interessantes e merecedores de investigação!?) viabilizando a elaboração de hipóteses, a planificação de experiências com base em teorias.

3. Objectivos do Trabalho Laboratorial

Importa identificar, a título de exemplo e para reflexão, alguns objectivos que podem ser perseguidos durante o ensino/aprendizagem e numa ges-

⁸ Segundo Caamaño, Carrascosa & Onórbe (1994) o grau de abertura e a dificuldade dos trabalhos práticos estão condicionados pela forma de enunciar o problema, a escolha do método e o número de soluções possíveis.

tão do currículo que se quer numa linha de continuidade e inseridos, sem hiatos e em estreita articulação, com os conteúdos programáticos. Assim, num contexto educativo-didático coerente com um quadro construtivista importa que os alunos e também os professores sejam capazes de:

- i) integrar os TL no currículo e articulá-los com os conceitos a aprender;
- ii) explorar o TL para uma adequada compreensão dos fenómenos naturais
- iii) inserir os vários TL realizados de forma articulada e coerente e não fraccionados, por forma a que os fenómenos e os processos sejam compreendidos e conceptualizados como um todo estruturado;
- iv) reflectir na ideia de modelo em ciência como uma interpretação dinâmica, ideal e criativamente construída pelos investigadores, como resposta (provisória) a problemas;
- v) mobilizar processos científicos, através do TL, na aprendizagem de conceitos, procurando que o diálogo entre produtos e processos seja incentivado, já que uns não existem sem os outros;
- vi) desenvolver atitudes de curiosidade, dúvida, questionamento, empenhamento, responsabilidade, respeito pelo outro e de reflexão partilhada;
- vii) desenvolver capacidades de recolha de informação, de problematizar, de formular hipóteses plausíveis, observar/interpretar, argumentar, testar e validar ideias;
- viii) consciencializar dos obstáculos organizacionais para os contornar, bem assim das dificuldades conceptuais e de complexidade em “transportar” o real (construído) para o laboratório, tendo em conta, nomeadamente, as componentes espaço-temporais.

4. Considerações Finais

Neste trabalho foram evidenciadas algumas relações entre concepções dos professores de ciências e as respectivas implicações na realização de TL. Como refere Almeida (1995), a epistemologia empirista e o quadro da psi-

cologia behaviorista condicionam as práticas dos professores, e repercutem-se no modelo de TL, concebido sobretudo, como actividade centrada na ilustração, verificação ou descoberta de conceitos a partir dos factos fornecidos pela experiência ou fenómenos observados. O modelo clássico de TL assim estruturado, transmite uma imagem facilitadora e incorrecta do acesso ao conhecimento dos factos científicos, reforça a visão da ciência como um conjunto coerente e organizado de conhecimentos que interpretam o mundo em que vivemos. A evolução entre o modelo tradicional de TL e as concepções mais recentes tem em conta pressupostos que consideram o processo de construção do conhecimento simultaneamente pessoal e social, subjacentes à epistemologia racionalista e à psicologia cognitivista. Assim, como a ciência é impulsionada pela exploração e investigação para resolver problemas, a partir de contextos, também esta orientação deverá estar subjacente nos novos modelos de TL. O desenvolvimento de uma “investigação” a partir de situações problemáticas (ou problemas) e a necessidade de elaborar um plano experimental, poder-nos-à conduzir a modelos de TE com a apropriação de conhecimento conceptual e processual das ciências. A aprendizagem da prática das ciências poderá, de uma forma natural e humanizada (e porque não tão imperfeita e falível...), mostrar que nem todas as perguntas e problemas têm uma única solução (e muito menos correcta) e que estas são “patamares intermédios” para o desenvolvimento de investigações posteriores.

Conforme referem Gil Pérez (1993) e Lillo Beviá (1994), torna-se necessário planificar a aprendizagem a partir do tratamento de situações problemáticas abertas, susceptíveis de interessar os alunos a desenvolver um plano experimental coerente, que não seja indicado pelo professor, mas proposto por um grupo de alunos⁹. Essas actividades, como refere Lillo Beviá (1994), podem ser guiadas¹⁰ pelo professor, possibilitando aos alunos a percepção da variedade de processos implicados na actividade científica. Deste modo estará criado nos grupos o clima propício para fazer emergir os problemas, as incoerências, as deficiências, a consciência das suas limitações

⁹ De acordo com o modelo de aprendizagem das ciências como investigação, Gil Pérez (1993) sugere “estratégias” que permitem ao aluno (re)construir os seus conhecimentos.

¹⁰ Para Gil Pérez (1993) o professor assume as funções de «director de investigação» numa investigação dirigida.

teóricas, etc., transmitindo-se a vivência que permite ao aluno reflectir sobre as características do trabalho científico. Importa sublinhar que é necessária uma mudança de atitude dos professores, no sentido de ultrapassarem a aceitação de um empirismo clássico e ingénuo, concebendo a ciência como uma simples descoberta, quer pela observação neutral, quer pela confirmação experimental positiva e inquestionável. Trata-se, em suma, de os professores compreenderem e interiorizarem a importância do elemento cognitivo-reflexivo, como desafiador, adquirindo consciência do papel decisivo do sujeito na construção do conhecimento.

A Terminar

Importa assinalar que a relação entre a experimentação e a teoria é bem mais complexa do que muitos professores pensam, razão que leva a que raramente seja focada na aula esta conexão. Por outro lado, as generalizações rápidas, fáceis, e mesmo simplistas dos fenómenos devem ser abolidas, enunciando propósitos epistemológicos regressivos face às correntes e teses hipotético-dedutivas. Também, e no plano didáctico, não podem ser tomados em linha os TL realizados pelos alunos a partir de observações despidas, de simples visualização dos fenómenos, já que eles não permitem a aprendizagem, de imediato, de toda a complexidade e unidade, num todo coerente com as teorias que os fundamentam, unem e suportam. Trata-se de os professores ultrapassarem um realismo ingénuo, concebendo a ciência como uma simples descoberta, do que afinal existe na natureza, quer pela observação naturalista e neutral, quer pela confirmação experimental de indole positivista. Tudo isto são dificuldades e factores a determinarem uma actuação cuidadosa do professor, a exigir-lhe uma aprofundada formação científica que não passa unicamente, longe disso, por possuir uns tantos conhecimentos adquiridos na formação inicial. A transposição didáctica, feita de reflexão e consubstanciada na própria acção didáctica, exige uma formação contínua que segue um percurso de desenvolvimento pessoal e profissional exigentes.

Uma chamada de atenção para tornar claro que o professor tem de ter cuidados muito particulares com o processo de aprendizagem e, em particular, com as actividades que promove. Estas devem desenvolver-se na “zona de desenvolvimento próximo”, o mesmo é dizer que tais tarefas devem ser

difíceis, porém, com um grau de dificuldade susceptível de se constituírem em incentivo e não de fonte de desânimo, desmotivação e de impossibilidade de resolução.

Referir ainda que a simplicidade com que os problemas e os fenómenos são apresentados (atente-se ao nível etário) obrigam o professor a retomá-los mais adiante e, sempre que possível, a ligá-los a outros para os articular de forma a que o currículo em espiral seja possível. A conceptualização, a que não é alheio o ritmo e o tempo de aprendizagem, é mais bem conseguida e a compreensão das ideias estruturantes torna-se o fio condutor das propostas de acção didáctica do professor. As experiências de aprendizagem que o professor promove são meios de devem ser consideradas como instrumentos para melhorar a explicação que se dá para os fenómenos e não podem ser consideradas como fins em si mesmas. Servem pelas interrogações que suscitam e pela busca de explicações mais verdadeiras, porque argumentativamente mais apoiadas.

Por fim, chamar a atenção para a tentação de uma excessiva motivação para experimentar e que o professor, bem intencionalmente, introduz na aula de laboratório. A espectacularidade dos fenómenos, aliada à sua apresentação, nomeadamente, quer através de registos vídeo, quer outros, ainda que sejam factores positivos, podem não ajudar a potenciar a aprendizagem desejada. Inverte-a mesmo, torna-a sociologicamente perversa. Assim, inverte razões epistemológicas e didácticas que deviam ser orientadoras e determinantes da acção, em favor de razões de pedagogia geral, em particular motivacionais que fazem perder o sentido das primeiras. O equilíbrio deve ser a pedra de toque.

Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, A. M. F. G. (1995). *Trabalho Experimental na Educação em Ciência: Epistemologia, Representações e Práticas dos Professores*. (Tese de Mestrado). Universidade Nova de Lisboa. Faculdade de Ciências e Tecnologia. Secção Autónoma de Ciências Sociais Aplicadas. Ciências de Educação.
- BRICKHOUSE, N. (1990). Teacher's beliefs about the nature of science and their relationship to classroom practice. *Journal of Teacher Education*, 41 (3), 53-62.
- CACHAPUZ, A. F. (1989). Por um Ensino relevante da Química: Que papel para o Trabalho Experimental? *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, 36 (Série II): 25-27.
- CACHAPUZ, A. F. (1992). Filosofia da Ciência e Ensino da Química: repensar o papel do trabalho experimental. Comunicação ao Congresso "Las Didácticas Específicas en la Formación del Profesorado". Santiago de Compostela.
- CAAMAÑO, A., CARRASCOSA, J. & OÑORBE, A. (1994). Los trabajos prácticos en las Ciencias Experimentales. In *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Ed. Graó Educación de Serveis Pedagògics, pp. 4-5. Barcelona.
- CAREY, R. L. & STAUSS, N. G. (1968). An analysis of the understanding of the nature of science by prospective secondary science teachers. *Science Education*, 52, 358-363.
- CLEMINSON, A. (1990). Establishing an epistemological base for Science teaching in the light of contemporary notions of nature of Science and of how children learn Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 27 (5): 429-445.
- GALLAGHER, J. J. (1991). Prospective and practicing secondary school science teacher's knowledge and beliefs about the philosophy of science. *Science Education*, 75 (1), 121-133.

- GARCÍA BARROS, S., MARTÍNEZ LOSADA, M. C. & MONDELO ALONSO, M. (1995). El trabajo práctico. Una intervención para la formación de profesores. *Enseñanza de las Ciencias*, 13 (2): 203-209.
- CHALMERS, A. F. (1992). *La ciencia y cómo se elabora*. Madrid: Siglo Veintiuno Editores.
- GIL PÉREZ, D. (1993). Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (2): 197-212.
- HACKING, I. (1992). Refazer o mundo. In: *A Ciência como Cultura*. p.103-108. Lisboa: Imprensa Nacional Casa da Moeda.
- KUHN, T. S. (1989). *Qué son las revoluciones científicas? Y otros ensayos*. Barcelona: Ediciones Paidós.
- HODSON, D. (1992a). Assessment of practical work. Some considerations in Philosophy Science. *Science & Education*, 1: 115-144.
- HODSON, D. (1992b). Redefining and reorienting practical work in School Science. *School Science Review*, 73 (264): 65-78.
- HODSON, D. (1993). Re-thinking old ways: towards a more critical approach to practical work in School Science. *Studies in Science Education*, 22: 85-142.
- HODSON, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3): 299-313.
- HODSON, D. (1996). New thinking on the role of practical work in science teaching. In: *Geoscience Education and Training in schools and universities, for industry and public awareness*, 215-232. D.A.V. Stow and G.J.H.McCall (Editors). A.A.Balkema/Rotterdam/Brookfield.
- LILLO J. (1994). Los trabajos prácticos de Ciencias Naturales como actividad reflexiva, crítica y creativa. In *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Ed. Graó Educación de Serveis Pedagògics, pp. 47-56. Barcelona.

- LOPES, J. M. G. (1994). *Supervisão do Trabalho Experimental no 3.º Ciclo do Ensino Básico: um modelo inovador*. (Tese de Mestrado). Universidade de Aveiro. Departamento de Didáctica e Tecnologia.
- JOHNSTONE, A. H. & WHAM, A. J. B. (1982). The demands of practical work. *Education in Chemistry*, pp. 71-73.
- MATTHEWS, M. R. (1994). Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (2): 255-277.
- McGRATH, C. (1993). Science, Technology and Society. In *ASE Secondary Science Teachers' Handbook*. Ed. Richard Hull, pp. 347-356. Simon & Schuster Education.
- MIGUÉNS, M. & GARRETT, R. M. (1991). Prácticas en la enseñanza de las Ciencias. Problemas y posibilidades. *Enseñanza de las Ciencias*, 9 (3): 229-236.
- NIEDA, J. (1994). Algunas minucias sobre los trabajos prácticos en la Enseñanza Secundaria. In *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Ed. Graó Educación de Serveis Pedagògics, pp. 15-20. Barcelona.
- POPPER, K. R. (1983). *Conjecturas y Refutaciones: el desarrollo del conocimiento científico*. Barcelona: Paidós.
- PRAIA, J. F. & CACHAPUZ, A. F. (1994). Un análisis de las concepciones acerca de la naturaleza del conocimiento científico de los Profesores de la Enseñanza Secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3): 350-354.
- PRAIA, J. F. & CACHAPUZ, A. F. (1998). Concepções epistemológicas dos professores portugueses sobre o trabalho experimental. *Revista Portuguesa de Educação*, 11 (1): 71-85. Universidade do Minho. Braga.
- PRAIA, J. & COELHO, J. (1998). O Trabalho Prático: da sua crítica à contribuição para uma fundamentação epistemológico-didáctica. *Inovação*, 11 (3) :145-159. Instituto de Inovação Educacional. Lisboa.

SANTOS, M. E. & PRAIA, J. F. (1992). Percurso de mudança na Didáctica das Ciências. Sua fundamentação epistemológica. In: *Ensino das Ciências e Formação de Professores*. pp. 7-34. Projecto MUTARE/Universidade de Aveiro.

SOUSA, M. (1992). Procedimentos experimentais: sobre cozinheiros-chefes e cientistas. In: *A Ciência como Cultura*. p.91-102. Lisboa: Imprensa Nacional-Casa da Moeda.

WOOLNOUGH, B. & ALLSOP, T. (1985). *Practical work in science*. Cambridge: Cambridge University Press.

O Trabalho Prático e o Ensino das Investigações na Educação Básica

Manuel I. Miguéns*

Este Seminário, organizado pelo Conselho Nacional de Educação, pretende tratar o “Ensino Experimental e a Construção de Saberes”. A expressão utilizada — “ensino experimental” — é uma possível, entre outras como, por exemplo, “trabalho prático”, “trabalho experimental”, “trabalho laboratorial” ou simplesmente “práticas”. As expressões que aqui se utilizam preferencialmente são, “trabalho prático” e “práticas”. Isto porque nem todo o trabalho prático realizado nas aulas de ciências envolve experimentação e também porque nem sempre as práticas decorrem no laboratório ou usam material específico de laboratório. De entre os tipos de práticas geralmente considerados, será dedicada particular atenção às investigações e ao seu ensino.

Para efeitos desta comunicação, o trabalho prático é encarado como incluindo actividades realizadas pelos alunos, que interactivam com materiais e equipamento, para planearem, observarem e interpretarem, na sala de aula, no laboratório ou em actividades de campo; actividades que podem envolver um certo grau de intervenção do professor e que incluem exercícios de observação, demonstrações, experimentações, experiências exploratórias e investigações.

As investigações são aqui consideradas como actividades práticas de resolução de problemas, nas quais os alunos usam e desenvolvem conhecimentos a nível conceptual e procedimental, identificando um problema, planeando e *desenhando* um método ou estratégia, conduzindo os testes e a experimentação, registando e interpretando dados, chegando a possíveis conclusões e comunicando resultados, sob orientação e supervisão do professor, mas com um progressivo grau de abertura e autonomia.

O trabalho prático está amplamente recomendado nos programas e orientações curriculares da educação básica e secundária em Portugal.

* Professor Coordenador da Escola Superior de Educação de Portalegre.

O Programa do 1.º ciclo sugere que as crianças conduzam pequenas investigações e experiências para aprenderem conceitos e desenvolverem processos e atitudes, para além de estabelecer como objectivo geral que as crianças desenvolvam uma atitude de permanente pesquisa e experimentação (M.E.-DGEBS, 1990). O programa de Ciências da Natureza do 2.º Ciclo aponta como objectivo o reconhecimento do importante lugar da actividade experimental na construção e desenvolvimento de estruturas conceptuais (M.E.-DGEBS, 1991). A formulação de hipóteses e o seu teste experimental, o planeamento e realização de investigações têm particular relevo nos programas de Físico-Química do 3.º ciclo que apontam as actividades práticas experimentais como uma componente central da educação em Física e Química (M.E.-DGEBS, 1992).

Estes exemplos denotam, por parte dos responsáveis pela definição do currículo, um claro reconhecimento do valor educativo das actividades práticas e um incentivo a que os professores a elas recorram para ensinar ciências.

Por outro lado, os professores parecem reconhecer virtudes e qualidades ao trabalho prático. Parecem valorizar o “aprender fazendo” na linha de que “quando se faz não se esquece”. Existirá até uma espécie de fé no trabalho prático...

Contudo, quando se estuda o trabalho prático que se pratica, não se pode dizer que ele seja uma característica central das aulas de ciências.

Já em 1988, Mariano Gago referia a prática da experimentação como simplesmente deficiente em Portugal e, mais recentemente, um relatório internacional (Ambrósio, et. al., 1994) caracterizava o ensino das ciências em Portugal como dominado pelo livro do aluno, enquanto recurso, pelo uso de estratégias expositivas como método comum e pelo limitado uso de trabalho experimental.

Particularmente no ensino básico, o grau de frequência de utilização do trabalho prático nas aulas de Ciências não parece corresponder à elevada reputação destas actividades junto de muitos professores, nem tão pouco à ênfase curricular que o trabalho prático tem (Valente et.al.,1989; Miguéns, 1991; Reis,1994). Contudo, Cachapuz et.al. (1989) indicam que 54.9%

dos professores de Físico-Química do ensino secundário declaram fazer trabalhos experimentais «frequentemente» ou «quase sempre». Mas, talvez mais importante do que a quantidade, é a natureza e a qualidade das abordagens do trabalho prático, é a adequação das abordagens das práticas aos objectivos que se pretendem atingir.

Que Objectivos?

Os objectivos das práticas evoluíram ao longo da história da educação em ciência. No entanto, pode dizer-se que o trabalho prático nunca deixou de estar ao serviço da teoria.

Um estudo realizado, em 1990, junto dos professores do 2º ciclo do distrito de Portalegre, revelava que os professores davam maior importância a objectivos do domínio afectivo, juntamente com outros ligados ao ensino da teoria. *Para clarificar e ajudar na compreensão do trabalho teórico* foi mesmo o objectivo com mais elevado *score* (Miguéns, 1994). Mais recentemente, Pedro Reis faz notar que os professores de ciências continuam a utilizar o trabalho prático essencialmente como meio de promover a aquisição e a compreensão de conteúdos tratados previamente de forma expositiva (Reis 1994).

Esta visão das práticas com um papel de ilustração, verificação e de suporte ao ensino de factos e de teoria, a par de serem uma oportunidade para o trabalho de grupo e para motivarem os alunos, parece prevalecer, na opinião dos professores portugueses, sobre a sua utilização com vista ao desenvolvimento de competências investigativas e de resolução de problemas.

Estudos realizados no Reino Unido, referidos por Watson (no prelo), indicam que os professores mantêm nestes últimos anos os mesmos objectivos que privilegiavam há mais de duas décadas e que colocam nos quatro primeiros lugares da *ordenação*:

- *para encorajar observação e descrição rigorosas* (10.º em Portalegre);
- *para tornar os fenómenos mais reais através da experiência* (3.º em Portalegre);
- *para elevar a motivação e o interesse* (7.º em Portalegre);
- *para promover raciocínio lógico* (4.º em Portalegre).

Apesar das limitações que uma comparação desta natureza envolve, pode verificar-se que dois dos primeiros quatro objectivos também foram ordenados dentro deste grupo (top 4) pelos professores de Portalegre que, por sua vez, atribuíram grande importância (1.º e 2.º) a objectivos como sejam:

- *para clarificar e ajudar na compreensão do trabalho teórico* (17.º no Reino Unido);
- *para desenvolver capacidades de cooperação* (13.º no Reino Unido).

Note-se, contudo, que os dados mais recentes de estudos ingleses (Watson, no prelo) apontam para uma cada vez maior importância atribuída a objectivos como, por exemplo:

- *para ganhar prática na identificação de problemas e na procura de caminhos para os resolver;*
- *para desenvolver atitudes críticas;*
- *para desenvolver capacidades de cooperação;*
- *para encontrar factos através da pesquisa e chegar a novos princípios.*

Woulough e Alsop (1985) apontam três objectivos fundamentais para o trabalho prático:

- *desenvolvimento de capacidades práticas;*
- *desenvolvimento da competências para resolver problemas;*
- *a oportunidade para sentir os fenómenos, para “tomar o pulso” aos fenómenos.*

Se, por um lado, a clareza quanto aos objectivos das práticas é essencial, estes autores acrescentam, por outro lado, a necessidade imperiosa de se adequar a natureza das actividades práticas a esses objectivos. Woulough e Alsop (1985) sugerem *actividades ilustrativas e exploratórias* que estimulem a discussão e a aprendizagem de conceitos, *exercícios práticos* para o desenvolvimento de capacidades manipulativas e técnicas, e *investigações* para o

desenvolvimento de competências investigativas e de resolução de problemas. E apontam mesmo a actividade do cientista que resolve problemas como o objectivo central e holístico do trabalho prático.

Contudo, a eficácia do trabalho prático é frequentemente posta em causa. Derek Hodson, numa série de artigos publicados no início dos anos noventa (Hodson, 1990, 1992, 1993), repensa a eficácia das práticas quanto à motivação dos alunos, quanto à aquisição de competências e atitudes, e quanto aos conhecimentos, tanto a nível dos conceitos como dos procedimentos. Hodson considera mesmo que o trabalho prático, tal como é organizado presentemente, é largamente improdutivo e incapaz de justificar os apelos feitos em seu favor.

Entre os principais problemas geralmente apontados para duvidar da eficácia do trabalho prático estão, por exemplo:

- facto de os alunos verem as práticas como um conjunto desconexo de experiências desligadas dos seus próprios esquemas conceptuais;
- a utilização de actividades geralmente convergentes (em busca da resposta certa), muito estruturadas e incapazes de ajudar à consecução dos objectivos a que se propõem;
- a transmissão de uma visão indutiva dos processos científicos e de uma ideia de descoberta do inevitável;
- uma abordagem em jeito de receita culinária, com os alunos a seguirem o procedimento pré-determinado, sem atenção cuidada ao planeamento pré-experiência ou experimentação e à reflexão pós-experiência ou experimentação.

(Miguéns e Garrett, 1991)

Poderá então dizer-se que, apesar do nome — trabalho prático — e de esta actividade de ensino aprendizagem ser uma actividade “prática”, que envolve o “fazer”, o seu interesse educativo é muito limitado sem o envolvimento do “pensar”.

Hodson (1993) aponta três grandes finalidades da educação em ciência:

Aprender Ciência — adquirir e desenvolver conhecimento teórico e de natureza conceptual, familiarizar-se com teorias e conceitos científicos;

Aprender acerca (sobre) da Ciência — compreender a natureza e os métodos da ciência bem como as interacções complexas entre ciência, tecnologia e sociedade;

Fazer Ciência — envolver-se em investigações e desenvolver competências investigativas e de resolução de problemas;

e sugere que estas finalidades podem ser atingidas através de uma panóplia de actividades que incluem as simulações em computador, os estudos de casos, a construção de modelos, as entrevistas, os debates, etc. É necessário, portanto, optar por outras actividades sempre que o trabalho prático se mostre improdutivo e possa ser substituído com vantagem (Osborne, 1993). No entanto, reconhece-se que o trabalho prático pode desempenhar um importante para que se cumpra cada uma das referidas finalidades.

Assim, as *explorações qualitativas*, as experiências em primeira mão, as oportunidades para os alunos testarem ideias, podem ajudar na aprendizagem de conceitos. A participação em *actividades investigativas e de resolução de problemas* pode contribuir para uma melhor compreensão da natureza da ciência. O trabalho prático e em particular as *actividades de natureza investigativa* estão por certo envolvidas na aprendizagem do “fazer ciência”, dos métodos e procedimentos usados pelos cientistas para investigar fenómenos e resolver problemas.

Pode então dizer-se que, se concebidas de acordo com objectivos claros e precisos, as práticas podem contribuir para:

- Promover o interesse e a motivação;
- Desenvolver *skills* práticos e de laboratório;
- Apoiar na compreensão dos conceitos e da teoria;
- Desenvolver competências investigativas e de resolução de problemas;
- Promover a compreensão da natureza da ciência.

Isto confirma, em certa medida, o que acima se referiu como sendo a perspectiva dos professores quanto aos objectivos das práticas. Faltará que os objectivos ligados à resolução de problemas e a uma compreensão da natureza da ciência ganhem maior relevo e importância para os professores de ciências.

Contudo, não basta que sejamos claros quanto aos objectivos que perseguimos, é preciso ter atenção ao tipo de actividade que se propõe, para atingir um particular objectivo e garantir uma abordagem da prática que envolva os alunos na discussão, na reflexão e no raciocínio, antes, durante e depois da prática. É preciso fazer do aluno um parceiro do diálogo teoria-prática.

Que Práticas?

A natureza das práticas evoluiu ao longo dos tempos, muitas vezes de acordo com as mudanças de objectivos e finalidades dos *curricula* de Ciência e também devido à influência dos diversos movimentos pedagógicos.

A diversidade de abordagens das práticas é geralmente sugerida desde que adequada aos objectivos que se pretendem atingir (Miguéns, 1991).

Como se referiu anteriormente, Woulough e Alsop (1985) propõem o uso de três tipos principais de actividades:

- *Exercícios* — para desenvolver capacidades manipulativas e práticas;
- *Experiências* — para “tomar o pulso” aos fenómenos;
- *Investigações* — para trabalhar como um cientista que resolve problemas;
- apontando as *demonstrações* e o *trabalho de campo* como actividades complementares das primeiras.

Por seu turno, Hodson (1993), como se referiu acima, aponta para uma perspectiva muito ampla de trabalho prático e sugere uma variedade de actividades como, por exemplo, experimentações, simulações, *surveys*, estudos de caso, *role-play* e investigações.

De notar que em ambos os casos se indicam as investigações como actividades que devem estar no coração do trabalho prático conduzido pelos alunos. O diagrama 1 procura enquadrar experiências exploratórias e investigações com os principais objectivos que estas actividades podem servir e com uma espécie de *memorando* relativo à necessidade que o professor tem de promover o diálogo, a discussão, o debate, a argumentação, a reflexão, de conversar com os seus alunos e de estimular a conversa entre eles, ao longo das práticas exploratórias e de investigação.

Diagrama 1: Actividades e Objectivos das Práticas

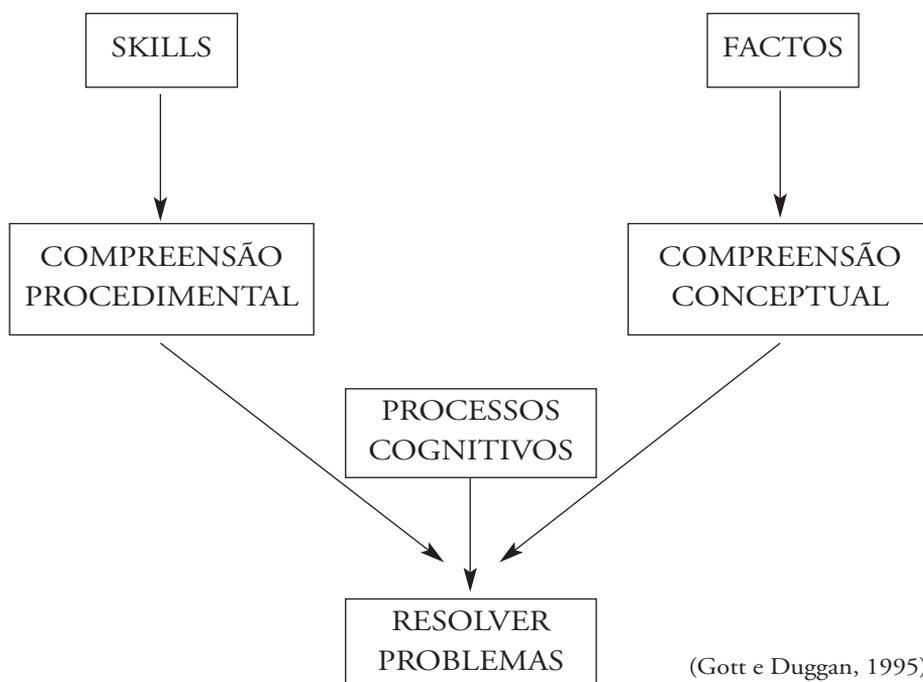
*Argumentação... Conjecturas... Diálogos... Debates... Discussões...
Reflexão*



As Investigações

Como se verifica pela análise dos diagramas 1 e 2, as investigações podem ser encaradas como o ponto de convergência entre a compreensão de procedimentos e a compreensão de conceitos que, conjugadas, permitem o desenvolvimento dos processos cognitivos conducentes à resolução de problemas. A compreensão dos procedimentos e estratégias de investigação científica anda, assim, de mão dada e a par da compreensão dos conceitos científicos associados a uma particular investigação. A própria Ciência e a actividade dos cientistas se pode representar conforme no Diagrama 2.

Diagrama 2: Um Modelo Para A Ciência



A participação dos alunos em actividades de natureza investigativa e holística, é uma oportunidade para se envolverem na resolução de problemas abertos, para pesquisarem, estudarem um problema em profundidade e trabalharem soluções possíveis. Nestas actividades os alunos podem

reconhecer o problema como seu, como um problema real, escolher os recursos, desenhar estratégias, recolher dados, aplicar conhecimentos, interpretar resultados, avaliar a evidência e comunicar resultados e conclusões. Usam métodos e processos e aprendem acerca deles. Resolvem problemas seguindo os seus interesses e as suas iniciativas. As investigações revelam-se oportunidades para os alunos trabalharem a partir das suas concepções, reconhecerem diferentes pontos de vista e construírem novas concepções significativas e funcionais, envolvendo-se pessoalmente na construção de significados acerca do mundo físico e natural, bem como acerca das próprias investigações e dos procedimentos que escolhem para as levar a cabo.

Além disso, as investigações dão oportunidade de trabalho prático variado, são actividades imaginativas e criativas, constituem-se como desafios e perplexidades a resolver, permitem uma abordagem global, não fragmentada ou atomística e evitam a “resposta certa” e a descoberta do inevitável (Miguéns e Garrett, 1991). Como diz Ana Almeida (1995), não se trata de identificar o trabalho prático como um processo linear, mas como uma actividade de natureza investigativa cujo processo envolve uma pluralidade de métodos e de explicações em que a criação, a invenção, a incerteza, o erro, a autocrítica, a heterocrítica, a argumentação e a discussão desempenham um importante e decisivo papel.

Tais actividades práticas contribuem para o desenvolvimento pessoal e social das crianças (Miguéns et. al., 1996), dado que apelam ao poder de iniciativa e à tomada de decisão para ultrapassar obstáculos, dão oportunidades únicas para o desenvolvimento de trabalho cooperativo e autónomo e possibilitam a compreensão da natureza do inquérito científico (Black, 1993). Desta forma, ainda segundo Paul Black, a reflexão sobre as suas próprias investigações pode ajudar as crianças a compreender as formas pelas quais a evidência, a experimentação, as hipóteses e os modelos se combinam para o desenvolvimento da ciência.

Watson e Fairbrother (1993) salientam precisamente que a diferença principal entre práticas de natureza investigativa e as actividades práticas tradicionais é o envolvimento das crianças na reflexão sobre os processos em que estão envolvidas. Os alunos têm que apelar aos seus conhecimentos prévios e usar competências práticas e processos científicos que integram numa estratégia coerente. Naturalmente, referem os mesmos autores, estas investi-

gações abertas não significam que o professor deixa de intervir nas actividades dos alunos, mas sim que tem uma intervenção de natureza diferente.

Como se verá mais adiante, não se trata de colocar um problema perante a turma ou pedir aos alunos que identifiquem problemas, para os deixarmos, entregues a si próprios, no planeamento e condução da investigação. Cabe ao professor garantir o apoio à construção de um quadro de referência que ajude a estruturar o desenho e a estratégia da investigação, cabe ao professor assegurar o acompanhamento e o apoio sustentado à reflexão e à aprendizagem sobre o que se faz, neste contexto de actividades mais abertas e menos estruturadas.

As investigações estão hoje presentes em muitos *curricula* escolares dos mais diversos países e a ênfase dada à aprendizagem das investigações é encarada como uma das respostas curriculares ao mundo em mudança característico do nosso tempo. O conhecimento procedimental é visto como um caminho central para a construção do conhecimento e, portanto, para a aprendizagem. A aprendizagem das competências para investigar é, assim, parte integrante do “aprender a aprender”. Compreender como se concebem, planeiam, conduzem e avaliam investigações em ciência e desenvolver competências investigativas e de resolução de problemas são passos decisivos para se promoverem melhores e mais significativas aprendizagens futuras. Tais conhecimentos e competências serão verdadeiras ferramentas de aprendizagem.

Desta forma, parece justificar-se plenamente que se considerem os modos, as estratégias e as actividades educativas adequadas para que os alunos aprendam a investigar.

Num estudo de caso exploratório (Miguéns, 1997) procurou saber-se como é que crianças de 10–11 anos de idade, do 5.º ano de escolaridade, respondiam e lidavam com investigações abertas nas aulas de Ciências da Natureza. Procurava-se compreender como é que tanto os professores como os alunos respondiam a actividades de investigação na sala de aula, nomeadamente, quais as principais dificuldades com que se deparavam as crianças quando, perante uma situação problemática, haviam de identificar um problema (neste caso, relação entre duas variáveis), planear e levar a cabo uma investigação prática e reportar as suas conclusões. Neste trabalho, assumia-se

que, pelo facto de terem oportunidades para planearem e conduzirem investigações abertas e holísticas, os alunos aprenderiam a investigar.

A partir das observações efectuadas com alunos que planeavam e conduziam investigações, ao longo de várias aulas, foi possível identificar algumas das dificuldades experimentadas pelas crianças envolvidas neste estudo. A título de exemplo, refiram-se as dificuldades dos alunos:

- ver (reconhecer, abordar) o problema e a investigação como uma relação entre variáveis;
- encarar (abordar) a tarefa investigativa com numa perspectiva de “engenharia/ modelação” ou “científica” (Shauble et. al., 1991), em relação aos objectivos e à natureza da investigação em ciência (Carey et. al., 1989);
- identificar as variáveis chave e as variáveis a controlar;
- identificar/Reconhecer a necessidade ou as vantagens da medição e quantificação na actividade investigativa.

Como formas de superação de tais dificuldades sugeriu-se que o professor assumisse um papel mais activo e de intervenção juntos dos grupos de alunos, nomeadamente, na mediação e monitorização das actividades e dos diálogos que lhe são inerentes, questionando as crianças e focando particularmente na análise do problema e na identificação das variáveis, na ligação das ideias à experimentação e aos seus resultados, encorajando a predição e a reflexão.

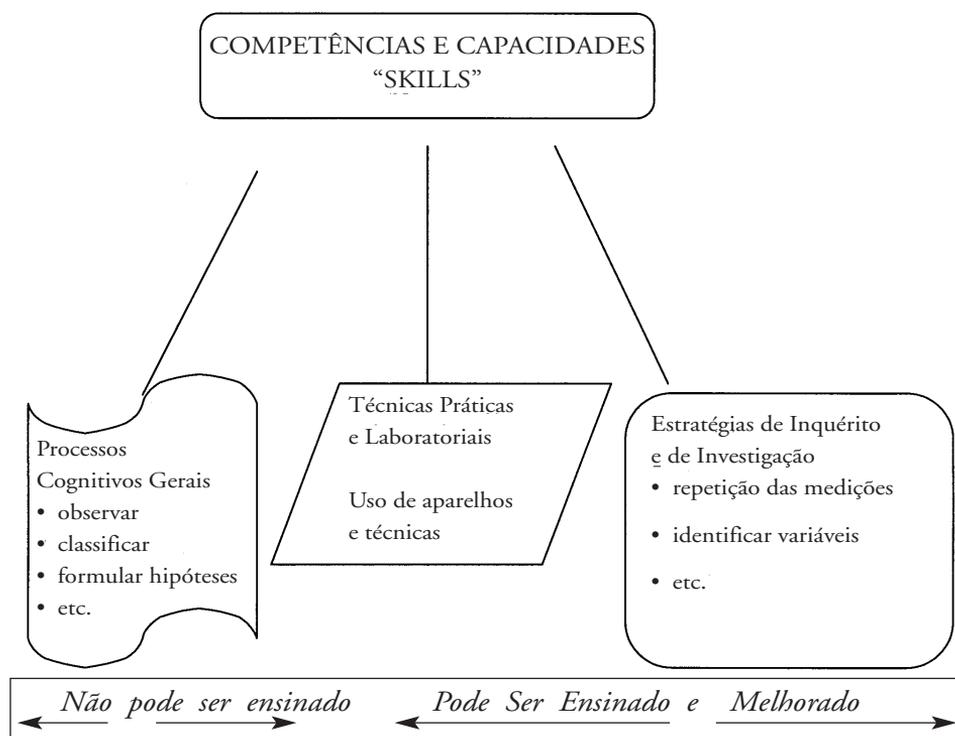
Quer isto dizer que parece necessário ensinar os alunos a investigar? Sugere-se então que eles não aprendem a investigar *en passant*, pelo simples facto de lhes darmos oportunidades para planearem e levarem a cabo investigações?

Por vezes, os professores recebem indicações e sugestões contraditórias, a propósito da utilização do trabalho prático nas suas aulas de ciências, que merecem uma análise e uma reflexão cuidadas. Parece assumir-se frequentemente que, ao planearem e conduzirem investigações práticas, os alunos aprendem ou aplicam os conceitos científicos previamente ensinados e é aí que o professor coloca maior ênfase, aceitando de forma talvez menos crí-

tica que os conceitos procedimentais relativos à investigação propriamente dita, ao processo investigativo de recolha e selecção dos dados, ao seu tratamento, análise e interpretação, bem como as diversas decisões que se relacionam com a estratégia da investigação, são aprendidos “*en passant*”, só pela prática, só porque fazem a experiência. No entanto, tal não parece ser suficiente e o ensino das investigações surge cada vez mais necessário.

Existem sérias dúvidas sobre a possibilidade de se ensinarem processos cognitivos de natureza geral (Diagrama 3). Não parece possível ensinar a observar, ensinar a classificar ou ensinar a formular hipóteses, mas as estratégias de investigação e inquérito científico podem ser ensinadas e desenvolvidas (Millar, 1991).

Diagrama 3: Subcategorias de Competências e Capacidades Científicas (Adaptado a partir de Millar, 1991)



O conhecimento procedimental é constituído por três componentes fundamentais: a) um conjunto de capacidades manipulativas e técnicas; b) uma componente relativa ao quadro de referência (*Frame*) sobre a investigação, sobre a sua natureza e objectivos, relativa à compreensão da natureza e objectivos da investigação científica (o que é isso de investigar, o que se pretende, quais as características da investigação em ciência, qual é o modelo de referência que se constrói e que nos guia nas decisões que se tomam para fazer uma investigação...) e c) a compreensão dos procedimentos associados à recolha e uso da evidência empírica (*Conceitos associados à Evidência*).

Por outro lado, a investigação educacional (Millar et al., 1994) tem mostrado que existem três factores principais que afectam o desempenho dos alunos que fazem investigações: A «*Frame*» que corresponde às ideias das crianças sobre os objectivos e a natureza das investigações, que corresponde, afinal, ao quadro de referência, ao modelo de investigação que é usado quando se planeia e conduz uma investigação; os «*Conceitos associados à Evidência*» a que correspondem as ideias dos alunos sobre a recolha e tratamento da evidência empírica; e os «*Conceitos Científicos*» a que correspondem as ideias das crianças sobre os conceitos científicos envolvidos na investigação. Estes são geralmente apontados como os principais factores que afectam a *performance* dos alunos que conduzem trabalho investigativo.

Quer isto dizer que, levar a cabo uma investigação é, acima de tudo, uma demonstração de que se compreende e não tanto uma demonstração de capacidade (*skill*). Assim, não basta que os alunos se envolvam em inquérito (*inquiry*), em trabalho prático de natureza investigativa, para que eles compreendam a natureza e o objectivo das investigações em ciência e para que compreendam os “*conceitos associados à evidência*”. O desafio e a prática sozinhos não são suficientes. É necessário o ensino explícito da natureza e objectivos da investigação científica (Millar et al., 1994).

Num estudo que ainda decorre desenvolveram-se actividades de sala de aula com vista a promover a compreensão procedimental, nomeadamente, a nível dos objectivos e natureza das investigações (*frame*) e a nível dos “*conceitos associados com a evidência*”.

Usando apenas um tipo de problemas (para estudar a influência de uma variável sobre outra, mantendo o adequado controlo de outros facto-

res) e sem que com isso se pretenda representar a investigação científica, alunos de 11 anos, 6.º ano de escolaridade, trabalharam em pequenos grupos, no planeamento e condução das investigações, participando, a espaços, em actividades de discussão focada nas quais são explicitamente abordados, numa perspectiva de ensino, os aspectos seguintes:

- a) a «*frame*» — o problema, o objectivo desta investigação, o objectivo e a natureza das investigações científicas...
- b) os «*conceitos associados com a evidência*» — as variáveis chave — identificação das variáveis chave; as variáveis de controlo — fazer um teste controlado; quantificação e medida; registo e apresentação dos dados; análise e interpretação dos dados; avaliação da investigação.

Note-se que os alunos aprendem sobre as investigações e trabalham sempre no contexto de uma investigação. Os processos científicos não surgem, portanto, deslocados do contexto e dos objectivos particulares que servem.

Tendo presente que parece necessário trabalhar mais com as ideias do que com os aparelhos, os alunos são encorajados naquelas actividades de discussão focada, a conversar e discutir, no seio dos grupos e com o professor, sobre cada um dos referidos aspectos, com vista a elevar a compreensão das investigações e dos conceitos procedimentais associados com a recolha da evidência empírica e com o seu uso.

Aqui, o trabalho prático não é encarado como estar activo a fazer coisas, mas estar activo a pensar sobre as coisas, para as fazer e depois de as fazer.

O trabalho prático é utilizado, antes do mais, como uma actividade planeada e reflectida que exige que se pense sobre o que se faz e que se procure compreender as relações entre teoria e evidência. Uma actividade que estimula e desafia as ideias dos alunos. Por isso, é preciso tempo para discutir e conversar. Como diz Rod Watson (1994), é preciso dar tempo para que os alunos pensem sobre o problema, para reformularem o problema, para planearem, para interpretarem resultados e para os avaliarem. E é necessário que os diálogos, os debates e os argumentos sejam focados, orientados e estruturados para que se revelem frutíferos.

Num trabalho com estas características o papel do professor é verdadeiramente decisivo na introdução de novas formas de ver, de falar, de conversar sobre os fenómenos, seleccionando observações e relacionando-as com explicações científicas, garantindo mais tempo para manipular ideias, focando as discussões, seleccionando argumentos e clarificando ideias. O professor é muito importante enquanto mediador e interprete e não pode esperar que os alunos vejam como ele ou que as instruções que fornece sejam auto-evidentes para os seus alunos. Muitas vezes falta um entendimento, uma compreensão partilhada entre o professor e os alunos que tem que ser perseguida, permanentemente, pelo professor.

Desta forma, e à medida que os alunos progridem na aprendizagem, melhorem a sua compreensão procedimental em torno dos conceitos associados com a evidência empírica e das estratégias de inquérito e investigação científica, a autonomia e o poder de decisão dado às crianças pode ser progressivamente maior.

Então sim, talvez tenhamos dado passos importantes na promoção de aprendizagens básicas indispensáveis e com significado, que se constituem como verdadeiros patamares para o desenvolvimento do trabalho independente e da autonomia.

Referências

- ALMEIDA, A. (1995). *O Trabalho Experimental na Educação em Ciência: Epistemologia, Representações e Práticas dos Professores*. Dissertação de Mestrado. Lisboa: Secção de Ciências de Educação, FCT UNL.
- AMBRÓSIO, T., CHAGAS, I. e OILIVEIRA, T. (1994). Country Report – Portugal. In: Gago, M. (Ed.). *Science at School and the Future of Scientific Culture in Europe*. Lisboa: Instituto Prospectiva.
- BLACK, P. (1993). The purposes of science education. In: Whitelegg, E., Thomas, J. e Tresman, S. (Eds). *Challenges and Opportunities for Science Education*. London: The Open University.
- CACHAPUZ, A. (1989). Por um ensino relevante da Química: Que papel para o Trabalho Experimental. In: *Boletim Sociedade Portuguesa de Química*, 36. 25-27.
- CACHAPUZ, A. et. al. (1989). O trabalho Experimental nas aulas de Física e Química. *Gazeta de Física*, vol.12, Fasc 2, 65-69.
- CAREY, S., EVANS, R., HONDA, M., JAY, E., and UNGER, C. (1989). ‘An experiment is when you try it and see if it works’: a study of grade 7 students understanding of the construction of scientific knowledge. *International Journal of Science Education*, 11, special issue, 514-529.
- GOTT, R. e DUGGAN, S. (1995). *Investigative Work in the Science Curriculum*. Buckingham: OUP.
- HODSON, D. (1990). A Critical Look at Practical Work in School Science. *School Science Review*, 70, 256, 33-40.
- HODSON, D. (1992). Redefining and Reorienting Practical Work in School Science. *School Science Review*, 73, 24, 65-78.
- HODSON, D. (1993). Re-thinking old ways: Towards a more critical approach to practical work inschool science. *Studies in Science Education*, 22, 85-142.

- M.E.-DGEBS (1990). *Ensino Básico: Programa do 1.º Ciclo*. Lisboa: ME-DGEBS.
- M.E.-DGEBS (1991). *Programa de Ciências da Natureza, Ensino Básico: 2.º Ciclo*. Lisboa:ME-DGEBS.
- M.E.-DGEBS (1992).: *Programa de Físico-Química para o 3.º Ciclo do Ensino Básico*. Lisboa:ME-DGEBS.
- MIGUÉNS, M. (1991). Actividades Práticas na Educação em Ciência: Que modalidades?. *Aprender*, 14, 39-44.
- MIGUÉNS, M. (1994). Actividades práticas na Educação em Ciência: Que Objectivos?. *Aprender*, 16, 90-101.
- MIGUÉNS, M. (1997). A study of the effect of explicit teaching about investigating in science on the quality of pupils' performances of open-practical investigations. In: Pintó, R. (Ed.). *Proceedings da ESERA Summerschool 1996*. Barcelona: Universidade Autónoma de Barcelona.
- MIGUÉNS, M. e GARRETT, R. M. (1991). Practicas en la ensenanza de las ciencias — Problemas e Possibilidades. *Enseñanza de las Ciencias*, 9, 3, 229-236.
- MIGUÉNS, M., SERRA, P., SIMÕES, H., ROLDÃO, M. C. (1996). *Dimensões Formativas de Disciplinas do Ensino Básico: Ciências da Natureza*. Lisboa: IIE.
- MILLAR, R. (1991). A means to an end: the role of processes in science education. In:Woolnough, B. (Ed). *Practical Science*. Milton Keynes: O.U.P.
- MILLAR, R., LUBBEN, F., GOTT, R. and DUGGAN, S. (1994). Investigating in the school laboratory: conceptual and procedural knowledge and their influence on performance. *Research Papers in Education*, 9, 2, 207-248.

- OSBORNE, J. (1993). Alternatives to practical work. *School Science Review*, 75, 271, 117-123.
- REIS, P. (1994). *O Trabalho de Laboratório nas Aulas de Ciências em Portugal*. Trabalho de Pós-graduação. Não Publicado. Departamento de Educação, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.
- SCHAUBLE, L., KLOPFER, L. and RAGHAVAN, K. (1991). Students' transition from an Engineering Model to a Science Model of Experimentation. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 9, 859-882.
- VALENTE, M. O. et al. (1989). *Prática Pedagógica: Análise da Situação*. Lisboa: GEP.
- WATSON, R. (1994). Students' engagement in practical problem solving: a case study. *International Journal of Science Education*, 16, 1, 27-43.
- WATSON, R. (No Prelo). *The Role of Practical Work*.
- WATSON, R. e FAIRBROTHER, B. (1993). Open-Ended Work in Science (OPENS) project: Managing investigations in the laboratory. *School Science Review*, 75, 271, 31-38.
- WOOLNOUGH, B. e ALLSOP, T. (1985). *Practical work in Science*. Cambridge: CUP.

Debate

Maria Odete Valente — Temos agora o nosso debate, de modo que são bem-vindos, não só questões, como comentários, outras grandes questões que ainda não foram focadas e que seria essencial ter-se focado esta manhã; portanto, agradeço que participem no debate.

José Salvado Sampaio — Eu começarei com uma observação mesquinha, sem subestimar o mérito das intervenções existentes. Refiro-me ao uso dos acetatos — se o uso dos acetatos é um elemento fundamental, será uma atitude exclusivista banir mais de metade da sala dessa percepção. Lembraria uma coisa — quando o João de Deus, há cem anos, apresentou o seu método de leitura, apresentou-o com um parecer dum oftalmologista muito conceituado de Lisboa; acharia conveniente essa consulta ao oftalmologista para saber qual seria a dimensão da leitura, e não me refiro só a quem está na quarta ou terceira idade, refiro-me (como tive oportunidade de verificar) também aos restantes.

Quando vim para aqui tinha um problema, o meu problema é este: que se entende por ensino experimental, qual a sua amplitude? Tenho impressão que mais de 80% da população portuguesa, incluindo professores e pais, tem uma concepção muito restrita do ensino experimental; felizmente estou de acordo com o Senhor Ministro da Educação, o que não sucede sempre. O Senhor Ministro disse uma coisa a que eu adiro a 100%: “O ensino experimental cobre todas as áreas”. Mas, depois, verificamos que é necessário clarificar; adiro totalmente a isso, mas gostaria de saber da vossa adesão ou não.

Uma outra coisa que eu colocaria, quanto ao aspecto da formação dos professores: permito-me avisar (para além daquilo que aqui foi dito) sobre o risco que há do fundamentalismo “perfilista” para os professores, o querer enquadrar os professores naquilo a que chamam o perfil, o que é à partida uma posição insustentável. E concluo, boa tarde.

Joaquim Sá — A professora Odete referiu, nomeadamente, que haveria interesse no levantamento de questões que não foram aqui levantadas. Começaria justamente por levantar uma questão que não foi aqui levantada e que é de uma extraordinária relevância quando debatemos o problema do ensino experimental, que é a questão da avaliação. Penso que devemos ter a percepção de que a forma como se avaliam os alunos, os instrumentos e os objectivos que são avaliados, são determinantes em termos de como os estudantes se preparam para esse momento de avaliação, e são determinantes também em termos daquilo que o professor, ele próprio, faz como docente, em termos de como ele ensina. É relevante, então, lembrar aqui que o extenso programa de avaliação realizado em Inglaterra, chamado “Assessment Performance Unit”, obteve uma correlação de 0,4 entre avaliações por lápis e papel e avaliações baseadas em trabalho prático.

Um outro autor, penso que americano, obteve correlações entre estas duas formas de avaliação de 0,43. Eu obtive na investigação que tenho realizado com alunos do 1.º ciclo, entre, por um lado, um instrumento de avaliação de competências de processos científicos de lápis e papel, e, por outro, uma avaliação através de entrevista individual em que as crianças realizavam uma investigação — explícito aqui que a noção de investigação que estava subjacente incluía um problema em que se tinha que lidar com uma variável independente, uma variável controlada e uma variável dependente —, obtive uma correlação de 0,33%.

Isto levanta a questão de fundo que quero suscitar, que é esta: quais são os instrumentos, os métodos que nós poderemos usar como sendo válidos relativamente aos objectivos de educação científica, se são os instrumentos de lápis e papel, se são a observação, a medida da “performance” dos alunos em situações de trabalho prático, tendo nós a noção de que é extremamente complicado que cada professor vá fazer uma avaliação de 30 alunos, envolvendo uma entrevista de, suponhamos, três quartos de hora ou uma hora de cada um dos alunos.

Eu debato-me com esta questão há bastante tempo, debati-a já com uma professora que é uma reputada investigadora a nível internacional sobre ensino das ciências, nomeadamente no 1.º ciclo, e ainda não encontrei solução; portanto, se nós não reflectirmos profundamente sobre esta questão da avaliação, podemos estar a perorar muito sobre o trabalho expe-

rimental, mas se no final, realmente, todos somos canalizados para avaliações de lápis e papel, muito dificilmente vamos convencer os alunos e os professores a uma abordagem de tipo experimental.

Há outras questões que eu gostaria de referir, e que de alguma maneira já foram aqui suscitadas, como seja o conceito de ensino experimental; devo dizer que esta questão do conceito de ensino experimental foi-me suscitada profundamente pelo primeiro programa Ciência Viva, pela forma como os *media* transmitiam o êxito do programa Ciência Viva: víamos na televisão balões a subir e as crianças deliciadas a dizerem que era muito bonito, que era agradável à vista. Isso eram os indicadores de grande sucesso do programa Ciência Viva, não estou a dizer que tudo se fazia assim no Ciência Viva, mas os *media* davam esta imagem do Ciência Viva e eu escrevi, inclusivamente ao Senhor Ministro da Ciência e da Tecnologia, manifestando as minhas preocupações quanto a este conceito de ensino experimental. Ou seja, se a experimentação é uma espécie de circo em que nós fazemos um conjunto de números que suscitam uma atitude lúdica, perante os jovens e as crianças, e dessa forma estamos a dar a esse tipo de números até um carácter mágico, estamos inclusivamente a criar nos alunos a sensação de que aquilo é algo inacessível para eles, é algo que uma determinada pessoa, com determinados poderes, é capaz de fazer e nós limitamo-nos a contemplar e a deliciar os nossos olhos. Portanto, realmente acho que a clarificação desse conceito é fundamental, diria que — aliás num livro publicado em 1997 debrucei-me claramente sobre a necessidade de clarificação desse conceito —, há várias “nuances” que acho que não vale a pena estar aqui a referir, mas fica apenas esta chamada de atenção.

Aliás, justamente por isso, passei a utilizar em todos os meus escritos a expressão experimental - investigativo, justamente para sugerir que o processo experimental tem que envolver, tem que estar intimamente associado aos processos mentais, ao pensamento, à intencionalidade que efectivamente os alunos põem na sua actividade prática, na sua actividade experimental.

Estou inteiramente de acordo com o que disse o Professor Praia, na distinção entre o pré, o momento de execução dum plano que é delineado antecipadamente, e o pós; no pré, efectivamente é que se cria, é que se focaliza e mobiliza o pensamento, é que se consegue dar intencionalidade a tudo

aquilo que nós queremos executar a seguir, e portanto, os actos manipulativos de registo da parte dos alunos não são actos mecânicos, são actos que são guiados efectivamente pelo pensamento; e o pós é extremamente importante, porque, por exemplo, tenho a experiência de crianças do 1.º ciclo que perante os resultados finais, muitas vezes, já se tinham esquecido do problema de início e não faziam um confronto entre as evidências e os resultados finais e as suas hipóteses de partida; e quando não há esta situação de confronto entre o que é a evidência e os totais finais e o que são as hipóteses de partida, efectivamente não há aprendizagem, não há mudança conceptual. De resto, formulei tudo isto que acabo de dizer numa publicação feita em 1997.

Outro aspecto é o do trabalho cooperativo e da atmosfera na sala de aula; realmente, só há trabalho experimental quando há uma atmosfera de comunicação, de pensamento dentro da sala de aula isso pressupõe que o professor tenha as competências no domínio do promover a capacidade de pensar. Não concebo, de facto, trabalho experimental sem que o professor tenha essas competências de promover nos alunos a capacidade de pensar e a minha experiência diz-me o quanto é difícil promover nos alunos a capacidade de pensar. A experiência diz-me que se proponho ou se o professor elabora um conjunto de questões-chave no sentido de estimular o pensamento das crianças — eu próprio tive oportunidade de observá-lo em várias situações — o professor na sua posição, se está um pouco centrado na sua própria mente, naquilo que é a resposta que espera face à resposta não esperada, começa ele a dar resposta e faz das perguntas um exercício de retórica. Portanto, é preciso convencer os professores a valorizar genuinamente aquilo que os alunos sabem, aquilo que os alunos pensam, acreditar no valor da comunicação entre os alunos, porque o pensamento, uma atmosfera, um processo de aquecimento em termos intelectuais na sala de aula acontece quando se gera a divergência, quando se gera a contradição. Há fenómenos de arrastamento que acontecem muitas vezes quando um bom aluno dá uma resposta e os outros vão todos atrás, de modo que temos de pensar também em estratégias de contrariar esse fenómeno de arrastamento.

Um participante — Esta sessão pareceu-me muito interessante, mas achei que foi muito cognitiva, por assim dizer; o que é que eu quero dizer com isto? Quero dizer que quando pensamos nas dificuldades de pôr em prática o trabalho experimental nas escolas, não há só aspectos relacionados

com as concepções dos alunos e dos professores, há outras coisas de tipo afectivo, de tipo que tem a ver com o ambiente de aprendizagem, com a cultura do que é que são tarefas escolares, etc., que não podemos esquecer, porque senão as coisas não funcionam.

Vou ser muito breve, só gostava de introduzir aqui um bocado esta preocupação. Nós identificamos na investigação concepções que os alunos têm acerca da ciência, dos processos científicos, etc. há muito tempo, e concluímos sistematicamente que muitos alunos têm concepções erradas, têm concepções dum certo tipo. Depois perguntamos de onde é que vêm essas concepções, acho que é uma pergunta natural de fazer a seguir, e respondemos, normalmente, que em parte, mas só em parte, vêm da prática de ensino, da experiência de ensino a que são submetidos desde os primeiros anos, da prática de ensino dominante, por assim dizer. Creio que isso só em parte é verdade, porque essas concepções vêm de outros lados também, que não só da escola. Mas, e depois pomos a seguinte questão, em parte as próprias concepções que os professores têm sobre o que é a ciência, os processos científicos, etc., também intervêm aqui, e perguntamos novamente de onde é que vêm essas concepções quando criticamos a preparação dos professores, sobretudo quando esses professores foram em muitos casos alunos de alguns dos nossos mais brilhantes e criativos investigadores, o que é um fenómeno extremamente curioso.

De maneira que, articulando estas duas coisas, chamava a atenção para dois paradoxos que acho que o nosso sistema educativo tem e que sem os enfrentar dificilmente percebe este problema na sua globalidade.

O primeiro paradoxo, é, realmente, o conflito entre ensino e avaliação, que aliás já foi aqui falado por várias pessoas. Se achamos que o ensino tem que valorizar a componente experimental, mas o que é dominante nas concepções e práticas de avaliação é uma outra coisa, se a gente acredita que, realmente, o que conta, o que é sério, é aquilo que os alunos revelam num certo tipo de exames, num certo tipo de provas, há aqui um paradoxo muito grande que alguns autores têm traduzido de formas diversas. Uma delas, bastante interessante, foi escrita há uns 10 anos por um autor que disse que a nossa teoria de exames ainda hoje é uma tentativa de aplicar a estatística do século XX à psicologia do séc. XIX, justamente para evidenciar esta contradição.

E o segundo paradoxo, que é muito pouco falado, mas que julgo que é muito importante, é um conflito que existe entre estilo de ensino e estilo de investigação, isto é, alguns dos nossos (para retomar o que disse há bocado) mais brilhantes e criativos investigadores, quando na sua função de professores, comportam-se de uma maneira que uma pessoa que não saiba nunca imaginaria que se trata de pessoas realmente com um espírito investigativo, criativo, etc.; e quando alguns dos nossos mais brilhantes investigadores e cientistas discutem os problemas do ensino, acusam muitas vezes as tentativas de introduzir esta componente experimental como sendo brincar, como sendo fazer umas brincadeiras, em vez de os professores estarem a ensinar os alunos.

Portanto, há aqui uma contradição enorme de que pouco se fala, mas que julgo que influencia um bocado aquilo que se pensa no fundo, que os alunos pensam, que os pais pensam, que a sociedade pensa sobre a natureza das tarefas escolares, e que depois não é bem isto que a gente esteve aqui a dizer, e depois a gente não percebe bem porque é que, não é? Se nós todos achamos que as concepções deviam ser não sei quê, porque é que depois são uma coisa completamente ao contrário?

Augusto Barroso — Gostei de estar aqui, de ouvir estas intervenções. Considero-me uma pessoa com poucos conhecimentos sobre estes problemas da educação, o meu testemunho pode ser talvez de alguém que gosta de ciência e faz ciência. O meu comentário começava por aí. Penso que hoje toda a gente sabe que a investigação científica é de facto uma actividade económica; do ponto de vista do investigador é uma actividade lúdica, nesse aspecto o investigador está muito perto da criança e qualquer investigador, se lhe perguntarem porque faz aquilo, dirá que tem um prazer enorme em o fazer. Deixem-me também deixar-lhes uma segunda reflexão — havia aqui uma excessiva identificação entre investigação e trabalho no laboratório; reparem que a matemática, por exemplo, não tem nenhum laboratório, e é de facto uma ciência, e faz-se investigação em matemática, mas podem dizer: “Está bem, estávamos a falar das outras ciências”. Então devo dizer-lhes que o Newton, que eu saiba, nunca fez nenhuma experiência, o Lorentz também não fez nenhuma experiência, o Maxwell também não, o Dirac, o Schroedinger, etc., isto são tudo físicos brilhantes aos quais a cultura, no sentido lato da palavra, muito deve. Portanto, talvez gostássemos, todos, que o ensino tivesse esta componente lúdica. Isto tem que ver com a

atitude do professor, mais do que saber se ele está a fazer a experiência, ou se está a usar o quadro, ou se está a falar com os miúdos, ou está a levá-los ao campo e ver as pedras — é a atitude que, talvez, é preciso mudar.

Um último comentário em relação àquele exemplo que o Prof. Manuel Miguéns deu do açúcar na água e da atitude. O Prof. Miguéns a certa altura disse que havia umas crianças que estavam interessadas na água, mas parece-me que essas crianças estavam numa atitude muito criativa, porque de facto, ele estava a pensar no açúcar, mas o miúdo estava a pensar na água e era tão legítimo pensar em mudar o açúcar como mudar a água. Naturalmente aquele miúdo tinha pensado: será que pôr açúcar na água de uso ou pôr açúcar na água do mar é a mesma coisa? Portanto, nem sempre as experiências se fazem para testar uma ideia; às vezes (as experiências hoje em dia são muito caras, é preciso muito cuidado no planeamento) a atitude do investigador também tem este aspecto — vamos lá a ver o que é que dá; é verdade, é legítimo ter esta atitude, é uma atitude que é criativa também. Muito obrigado.

António Veríssimo — A minha intervenção é um bocadinho difícil, já vou tentar explicar muito rapidamente porquê. Eu estava a sentir uma certa perplexidade até à intervenção do Prof. Manuel Miguéns, que me fez regressar a 10 anos de idade, senti-me à procura da minha “frame”.

Eu sou investigador ou pratico investigação numa área diferente da vossa, ou presumo diferente da das pessoas que falaram até aqui. Sou microbiólogo e trabalho com bactérias, faço investigação nessa área, sou também professor ao mesmo tempo e, enfim, por exigência talvez do nosso sistema, sou também formador de professores, porque estou numa universidade que forma professores, e, portanto, ao mesmo tempo que faço a minha ciência (vamos pôr assim as questões), preocupo-me ou tento preocupar-me com algumas destas questões. Obviamente que não tenho, nem pretendo ter talvez o tipo de linguagem que foi aqui expressa hoje, e não consigo movimentar-me, digamos assim, neste meio. No entanto, pareceu-me compreender perfeitamente e reconhecer aquilo que o Prof. João Praia disse. Isto porquê? Porque na minha actividade faço isso todos os dias com as minhas bactérias, isto é, a perspectiva de formação que o Prof. João Praia aqui veio preconizar de formação de professores, é uma perspectiva que se adequa, pelo menos, à perspectiva da minha realização científica, e portanto, como formação de

professores na área de ciências parece-me muito pertinente. Por conseguinte, reconheço quase tudo, aquela perspectiva que ele recomendou de se sentar ao pé do professor, reconheço-a muito bem; a relação orientador-orientando na formação científica pareceu-me muito semelhante àquela que o Professor João Praia preconiza.

Há outro aspecto que me preocupa — e agora aqui situo-me como um dos mortais, não está dentro dessas áreas de investigação que tão bem explicaram, mas na qualidade de comum cidadão que se preocupa com estas coisas — não sei se este Conselho já discutiu ou se não estará a pôr aquilo que se costuma geralmente dizer “o carro à frente dos bois”. Não sei se já discutiu, por exemplo, o interesse do ensino das ciências antes de discutir o papel do ensino experimental no ensino das ciências. Não sei se isso já foi discutido aqui; agora a mim, que estou de fora, como simples cidadão, não me parece nada consensual na sociedade portuguesa o papel que a educação em ciências representa. Portanto, não sei se este Conselho não deveria talvez discutir as coisas um pouco mais na base; parece-me fundamental saber qual é a importância e o papel que deve representar a educação em ciências na educação em geral dos cidadãos na nossa sociedade.

Muito rapidamente, face a esse problema sou algo pessimista. Parece-me que, de uma maneira geral, a ciência e o papel da ciência não são reconhecidos. Isto não é um caso só português, é um caso global. Na nossa sociedade, a componente de cultura artístico-literária (se quiserem) é notoriamente predominante, o sistema de ensino reflecte isso, e na minha perspectiva — por isso é que sou pessimista — há-de reflectir isso durante muitos mais anos ainda, até que de facto a cultura científica consiga introduzir-se, e a sociedade, o comum dos cidadãos, saibam reconhecer o papel que a ciência lhes aporta e não aquele que lhes entra pela casa dentro, que é a televisão, que é o telefone, etc., que é a tecnologia. A ciência não é só isso.

Uma participante — Gostaria de dizer que estou absolutamente de acordo acerca da importância do trabalho laboratorial/prático, já que, na realidade, sendo feito pelos alunos, o ensino e a aprendizagem das ciências fazem-se com um carácter mais duradouro. Mas, profissionalmente, por vezes fico um bocadinho insegura acerca do papel da demonstração ou do trabalho laboratorial com carácter demonstrativo no ensino-aprendizagem

das ciências, pensando que a maior parte de nós desenvolvemos este gosto pela ciência através de demonstrações dos nossos professores. Que dizer aos futuros professores, como usar a demonstração como meio no ensino-aprendizagem das ciências e na mudança conceptual? Por vezes põe-se-me este problema e gostaria de reflectir convosco sobre este ponto.

Outro aspecto que já foi aqui focado, é o quadro teórico que está a tornar-se consensual no ensino-aprendizagem das ciências, o construtivismo, a mudança conceptual, a importância do trabalho laboratorial, a ecologia conceptual, o construtivismo social; tudo isso é extraordinariamente importante, mas deparamo-nos com dificuldades quando à nossa frente estão os professores com os seus problemas (programas, tempo, avaliação). Que dizer aos professores? Na prática, como transferem eles este quadro teórico para conseguirem cumprir todos estes deveres que eles têm com o empregador e com a avaliação que têm que fazer aos seus alunos? Obrigado.

Ana Maria Almeida — Não vou colocar nenhuma questão, queria apenas reforçar algumas das ideias, uma ideia pelo menos, que quer o Prof. João Praia, quer o Prof. Manuel Miguéns, colocaram relativamente à importância das investigações práticas — diria de uma forma mais genérica, actividades de natureza investigativa — que podem ter na educação em ciências. Porque acho que têm um potencial educativo e formativo extremamente grande para podermos dizer que não contribuem apenas para a aprendizagem, mas também, e concomitantemente, para as dimensões referidas, quer para aprender acerca da ciência, quer para se envolverem num processo de fazer ciência.

Mas destacaria ainda outras potencialidades, não apenas educativas, mas formativas, nomeadamente no âmbito da sua formação pessoal e social. O que gostaria de dizer era que se considere que as investigações são importantes e já referi algumas das suas potencialidades, designadamente o trabalho experimental — não vou discutir o termo, porque acho que os termos dependem do conteúdo que se derem aos termos e portanto não vou discutir isso.

Acho que o trabalho experimental não se deve restringir às actividades de natureza investigativa, acho que o trabalho experimental deve ser inserido num processo de questionamento, quer de situações numa perspectiva

mais internalista de aprendizagens de alguns conceitos, quer no questionamento do que nos rodeia; portanto, aqui reforço a ideia que o Prof. João Praia deu acerca da importância de olharmos para o que nos rodeia, e trazer o seu questionamento sobre isso para a sala de aula, no sentido de darmos pertinência ao trabalho no âmbito do ensino das ciências; e, portanto, acho que é vantajoso potenciar as imensas actividades que hoje se fazem, mas potenciando-as no sentido de com essas situações se proporcionar o debate de ideias, o dar pertinência a essas situações no sentido de questionar as vivências dos alunos, de as problematizar.

O efeito surpresa referido pelo Prof. Victor Gil é extremamente importante, se de facto for explorado tal como também já foi mencionado aqui.

Queria só referir que centrar o trabalho experimental em actividades de natureza investigativa traz alguns problemas, e traz alguns problemas porque são actividades altamente exigentes, quer em termos de alguma compreensão conceptual sobre aquilo que está envolvido na actividade investigativa, quer da necessidade de os alunos ou os professores terem algumas ferramentas processuais capazes de mobilizarem para a situação de investigação. Portanto, é preciso ter em atenção que as investigações são extremamente importantes, nomeadamente no desenvolvimento destas capacidades processuais e conceptuais, mas é importante que o envolvimento na investigação tenha em atenção se já há algumas ferramentas que estejam ao dispor da pessoa e de alguma maneira a motivem a envolver-se na investigação, e esta não se transforme numa tarefa demasiado complexa, na qual a pessoa se sinta à partida incapaz de participar.

Por conseguinte, é importante desenvolver outras actividades a par, que tenham em conta este processo de familiarização, o que passa pelo trabalho experimental e por todo um conjunto de outro tipo de actividades, de familiarização, de romance (como alguém diria) com a linguagem da ciência, com os processos, com os conceitos.

Victor Teodoro — Tinha dois pontos para levantar e uma perplexidade. Os dois pontos têm a ver com a avaliação e as condições organizacionais das escolas. Não foi referido, mas parece evidente que não há medidas dirigidas a nível das escolas nesse sentido.

Uma questão que há muitos anos é falada, e que no nosso tempo de estudantes era suposto estar resolvida, é o apoio de técnicos auxiliares de laboratório. Está na agenda há anos e anos para ser resolvida pelo Ministério da Educação e, de facto, quando se está numa escola com 8 turmas e se tem que preparar o trabalho experimental para 8 turmas do oitavo ano, por exemplo, sabe-se bem o que é que isso significa de esforço impossível.

O outro aspecto é o da avaliação. De facto é extremamente difícil fazer reflectir nos mecanismos normais da avaliação todas as ideias aqui apresentadas. Porque não pensarmos em coisas como, por exemplo, os alunos terem 50% da sua avaliação no 12º ano (podíamos começar por aí) nas disciplinas experimentais com a avaliação do seu portefólio escolar, que poderia ser feito por professores de outras escolas? Isso já é feito em alguns casos (depois se quiserem posso falar mais sobre o que é um portefólio escolar, que envolve necessariamente os relatórios de actividades experimentais e de outras situações equivalentes) e poderia contribuir significativamente para um conceito diferente do que é aprender e construir conhecimento numa escola.

A perplexidade — a palavra é complicada —, mas gostaria de a deixar aqui para pensarem durante o almoço, é a seguinte: O que é que leva a nossa comunidade a reflectir e a discutir pleonasmos? É que de facto o ensino experimental das ciências é um pleonasma, não faz sentido, é um pouco como o uso do alfabeto no ensino da língua portuguesa; não passa por ninguém discutir isso, mas nós discutimos, alguma coisa está mal de raiz, eu não sei qual é a solução, mas de facto incomoda-me.

Glória Ramalho — Queria em primeiro lugar dizer quanto apreciei a intervenção das pessoas que estão na mesa, abordando uma visão não positivista da ciência, e traduzindo algumas implicações que essa visão não positivista da ciência trará ao nível do emprego das técnicas laboratoriais do ensino experimental. Acho que isso é um ponto de partida fundamental para tudo o resto que se possa conceber em termos de currículo, de didácticas, de relação professor-aluno e de formação de professores. Acho que é uma questão que tem mesmo de ser enfatizada. Lembro-me que no meu tempo, havia de facto (lá nos idos de 60) ensino experimental no então liceu, havia muito menos gente, as condições eram diferentes, mas eu considero que apesar de haver ensino experimental no liceu, a visão que transparecia da ciência era, no entanto, positivista; portanto, ter ensino experimen-

tal não auxiliou muito a compreender o que é a ciência — há outras questões que têm de ser acauteladas.

Não me vou alongar muito, mas no seguimento até do que o Prof. Victor Teodoro estava a dizer, uma das coisas que acho interessante é porque é que nos interrogamos hoje sobre o ensino experimental no nosso sistema de ensino.

Em primeiro lugar, tenho a convicção de que, se de facto não há uma reflexão e uma acção relativamente a esse lado do ensino que é o ensino experimental, ele corre o risco de ser menosprezado, e até, se calhar, desvalorizado e desaparecer. Considero que ele é extraordinariamente importante, e assim, concordo com a maioria das coisas que foram ditas em relação a esse papel do ensino experimental. Mas reflectindo um pouco no porquê da importância do ensino experimental, acho que remonto à mudança, à argumentação que previamente era baseada em pressupostos lógicos ou pressupostos de axiomas que não eram confrontados com o real, ou seja, àquilo que é pré-Galileu. Portanto, há necessidade de dar continuidade à perspectiva pós-galilaica, de confrontar a nossa teoria, os nossos modelos, com o real. Ora estamos no nosso ensino a abandonar ou menosprezar a parte da experimentação, estamos objectivamente a dar um reforço à noção do argumento da autoridade.

A questão de validade por confronto com o real é um aspecto extraordinariamente importante, que, se não passa, temos alunos que poderiam ser perfeitamente do século XIV, em termos de compreensão do que é que é uma parte da actividade científica.

Mas, concordo também que esse confronto com o real, que é feito através de uma metodologia mais experimental, não esgota a argumentação, os princípios críticos, a racionalidade da ciência, portanto, a filosofia da ciência. Há outros tipos de argumentação no sentido de princípios críticos que têm de vir a par, que interessa desenvolver, se calhar com certa autonomia em relação a esse argumento de validade, porque, perante o desafio da prática, dá-nos alguma segurança nas nossas afirmações. Não é só o critério de validade que existe, existem outros princípios que têm de ser acautelados no nosso ensino-aprendizagem, e penso que aqui também não é só na falta de experimentação, teremos que ter alguma cautela.

Os alunos facilmente absorvem ideias de causa-efeito como as relações da ciência e, muitas vezes, identificam as ciências quando chegam a esse ponto, meramente como causa-efeito, meramente como manipulação de variáveis; perdem assim todo um âmbito de argumentação científica que se prende com outro tipo de relações, com o poder de uns modelos em relação a outros, com uma hierarquização de princípios críticos que a filosofia da ciência neste momento já traz.

E o que queria aqui em última análise dizer é que, de facto, há três coisas que eu valorizo. Valorizo extremamente o ponto de vista não positivista que foi aqui explanado; estou de acordo com a importância da argumentação através duma técnica experimental, no sentido de não fazer regredir a concepção da ciência à era pré-galilaica; a terceira questão que queria aqui valorizar é que não se esgota em relações de causa-efeito, nem em relações estritas de argumentos de validade perante o real, a potencialidade de um raciocínio científico. Portanto, a argumentação e o poder de decisão sobre o que é que está certo em ciência ultrapassam o critério de validade apenas empírico. Era só isto.

Anabela Martins — Em primeiro lugar, queria agradecer à Prof.^a Odete Valente ter-me convidado para vir aqui, porque é de facto um assunto que me é caro há muitos anos — é a minha paixão, de facto, debruçar-me sobre o ensino experimental. Estou muito em consonância com duas intervenções, a do Senhor Ministro da Educação e a do Director do Departamento de Educação Básica, Prof. Paulo Abrantes, porque evidenciaram (são dois dirigentes nossos no Ministério da Educação) que estão conscientes dos problemas que afligem os professores nas escolas. O facto de fazer investigação em educação, por um lado, e por outro, ser professora numa escola, confere-me uma visão um pouco ao contrário do que hoje se passou aqui, quer dizer, aquilo que eu devo fazer e o que se passa em relação ao ensino experimental, sobre o ponto de vista teórico eu sei — tenho é problemas quando estou na escola e quero ajudar os professores, os meus colegas, a pôr em prática em como ensinar os alunos da melhor maneira.

Aliás, este ano estou de sabática e o meu ponto de investigação prende-se com uma questão muito importante que a Prof.^a Odete Valente levantou, que é: “Quais os processos cognitivos envolvidos no trabalho experimental que os alunos desenvolvem”? Efectivamente, considerando-me eu uma pro-

fessora que faz bastante trabalho experimental e que tenta fazê-lo da melhor maneira possível, cheguei ao final do ano e os meus alunos não tiveram aproveitamento teórico quando comparados com outros, como eu esperava. E isso fez-me investigar porquê e como é que se pode introduzir o trabalho experimental de maneira a que a parte cognitiva se desenvolva também. Porque há uma coisa que não há dúvida, eles desenvolvem capacidades que os outros não desenvolvem mas, quanto a adquirir conceitos, não notei grande melhoria em relação a alunos de uma turma de controlo que não foi ensinada da mesma maneira.

Gostaria de deixar aqui três apelos ao Conselho Nacional de Educação. Há cerca de 17 anos atrás, numa investigação que a Prof.^a Odete Valente orientou, em 1982 (que infelizmente não acabei, mas espero acabar), os principais problemas dos professores relacionados com o ensino experimental eram o equipamento, os espaços físicos, laboratórios, técnicos de laboratório (que o Prof. Victor Teodoro também focou) e a preparação pedagógica e científica. Passados 10 anos, na investigação que estou a fazer este ano, os principais problemas já não são mais o equipamento (segundo os professores devido em parte ao actual projecto Ciência Viva) mas sim, em primeiro lugar, e sobretudo, o facto de os professores necessitarem hoje de um formador disponível para apoio, perto da sua escola, de uma formação contínua adequada e de espaços físicos e laboratórios.

Isto leva-me a pensar, a pensar não, a reconhecer, que tendo corrido Portugal inteiro e tendo observado muitas escolas, há belíssimas escolas; mas há também escolas péssimas como a minha, grandemente degradadas, sem espaços físicos, sem apoio, sem espaços de reuniões, etc. — algumas nem laboratórios têm. Isto leva-me a pensar que houve da parte do poder central uma evolução no equipamento das escolas, sem dúvida, pelo Ministério, pelo Ciência Viva, etc.. Há efectivamente uma formação contínua, mas ainda não é a adequada às necessidades e interesses dos professores.

Volto a referir a questão da Prof.^a Odete Valente, é o que neste momento me ocupa. Há uma questão que eu pus aos alunos — a investigação não se refere só a professores, refere-se também a alunos — e dizia a alunos e professores: “Descreva em palavras simples o que é para si um trabalho experimental de sucesso” (e também o que é trabalho experimental, mas não vou agora para isso). Pois para 80% de 810 alunos o sucesso no traba-

lho experimental é quando, por exemplo, estão a terminar a associação da gravidade e ela dá 9,72; isso é óptimo, quer dizer, não há; isto mostra de facto um ensino com uma introdução de trabalho experimental, virado pouco para o que é que devia de ser de facto trabalho experimental; e o trabalho experimental é usado pelos professores, em primeiro lugar, com a tal ficha guiada, que não critico como os educadores que estão nesta sala, porque numa fase de pouco desenvolvimento — e a culpa não é dos professores —, foi o sistema que fez isso, com grandes dificuldades de manipular até um osciloscópio. E os professores são muito conscientes porque em primeiro lugar para eles o mais importante é de facto planear experiências para testar hipóteses, só que essas estão em último lugar como prática da sala de aula.

Eu não gostei muito, já não sei quem disse aqui: “Os professores não fazem trabalho experimental”. Não é verdade, os professores têm uma predisposição para o trabalho experimental, quanto mais não seja por razões óptimas que vêm em todas as investigações europeias, que é as aulas serem menos monótonas, serem muito mais interessantes; os alunos aderem, desenvolve-se o trabalho de grupo, há responsabilização das coisas, nem que mais não seja por isso. Agora, eles precisam é de facto dum apoio continuado, de formadores próximos, não é longínquos, nem de cursos teóricos como o FOCO faz.

E queria, ainda, deixar aqui expressa a minha tristeza por dizer-se que foram as sociedades científicas e os professores a acabar com as técnicas laboratoriais de física; de facto, dediquei-me de alma e coração nos últimos três anos a esta disciplina, com potencialidades espantosas para a realização de investigações e trabalho de projecto, e havia espaço para desenvolver capacidades de trabalho científico.

Outra questão é a dos exames. O Senhor Ministro falou, e fiquei muito satisfeita com isso, oxalá que haja exames experimentais — os exames que estão não servem; a perversão dos exames é de tal maneira grande na física, que há professores que reúnem os alunos durante 15 dias e dizem como é que eles devem responder se saírem as perguntas sobre o trabalho experimental; mais, como os professores sabem que o 10.º e 11.º anos não são perguntados, então só fazem os trabalhos experimentais que saem no exame.

João Praia — O trabalho investigativo em didáctica não é autoritário em relação à prática lectiva. O que significa que, do meu ponto de vista, os professores podem percorrer, desde que conscientes daquilo que estão a fazer, os vários modelos que evoquei, desde a pedagogia transmissiva até ao modelo por pesquisa; porém, e a propósito da questão demonstrativa, diria que não é uma questão seca; a questão demonstrativa é uma questão partilhada com os alunos, é uma questão dialogada com os alunos, é um caminho por vezes pouco seguro para o professor, é uma conversa por vezes que se tem, é um despoletar, é uma fotografia, é uma notícia; isto é, há muitas formas de começar e de desenvolver trabalho experimental sem um carácter rígido — ao contrário da atitude que por vezes parece existir em relação ao trabalho experimental.

Segundo ponto: níveis etários. É fundamental fazermos a distinção quando estamos a falar em trabalho experimental ou de pesquisa nos diferentes níveis etários; o caso paradigmático que surgiu aqui foi o problema das técnicas laboratoriais que não vou discutir, mas que nos dava “pano para mangas”.

Terceiro ponto: para finalizar telegraficamente, o problema da avaliação. O problema da avaliação deve ser situado no contexto em que o coloquei, num contexto de educação científica, a par com a educação noutras disciplinas. Sublinho que o trabalho experimental, laboratorial, de pesquisa, é instrumental, e vale como tal. Do meu ponto de vista, tem apenas um carácter essencialmente formativo ao nível da educação científica, e não sumativo, salvo em níveis etários muito mais elevados, em cursos de nível superior — aí parece-me que deve haver uma avaliação sumativa forte. Deve ter questões, como apontei aqui, de valorização pessoal, interpessoal, social, fundamentalmente cultural, mudança de conceitos. É extremamente difícil mudar conceitos; o trabalho experimental não é milagroso relativamente à mudança conceptual, e julgou-se que era. Portanto, o conceito é muito mais abrangente do que o trabalho experimental em sentido estrito. Fico-me por aqui, havia mais coisas para dizer.

Manuel Miguéns — Duas ou três notas muito rapidamente. A primeira é um pedido de desculpas pelos acetatos. Reconheço que têm toda a razão. A segunda nota tem a ver com uma questão que foi aqui levantada. Eu evitei um pouco as questões da formação de professores que foram aqui

referidas por duas pessoas, pelo menos o Professor Sá e a Professora Anabela. Eu julgo que o Ciência Viva tem que dar um salto de ligação entre as escolas e as instituições de formação de professores, e é por essa via que nós podemos fazer alguma coisa na formação de professores para o trabalho experimental, que pode se for feito com as instituições onde há investigação, pode fazer uma ligação à investigação educacional.

Eu queria dizer, sobre aquela questão do aluno que vai ver o que acontece, que também não recuso a necessidade de no contexto de uma investigação haver pequenos testes exploratórios.

Gostava de dizer também, referindo o aspecto das demonstrações, que as demonstrações continuam a ter, naturalmente, um lugar na escola como o trabalho de campo também o deve ter.

As investigações de que eu falei e com as quais eu tenho trabalhado, são investigações de variáveis de facto, mas não pretendem representar a investigação de maneira nenhuma, e portanto reconheço essa crítica inteiramente e espero antecipá-la cuidadosamente.

