

Contributos para uma utilização mais fundamentada do trabalho laboratorial no ensino das ciências

Laurinda Leite

Resumo

Este trabalho tem como objectivo contribuir para promover uma utilização mais fundamentada do trabalho laboratorial no ensino das ciências. Começaremos, assim, por analisar os papéis desempenhados no passado e no presente pelo trabalho laboratorial no contexto do ensino e da aprendizagem das ciências, para depois discutirmos formas de, no futuro, maximizar as vantagens educativas decorrentes da utilização de actividades laboratoriais na sala de aula e de rentabilizar o tempo, os esforços e o dinheiro com elas despendidos.

Trabalho laboratorial e sua relação com outros tipos de trabalho prático

Este trabalho tem como objectivo contribuir para promover uma utilização mais fundamentada do trabalho laboratorial no ensino das ciências. Atendendo a que este conceito é vulgarmente confundido com conceitos tais como trabalho prático e trabalho experimental, parece importante, para uma correcta avaliação do grau de consecução do objectivo que nos propomos atingir, começar por definir o conceito central deste trabalho que é o conceito de "trabalho laboratorial".

Há mais de 10 anos, Hodson (1988) tentou distinguir os significados dos termos "trabalho prático", "trabalho laboratorial" e "trabalho experimental", mas, em 1991, Woolnough, no primeiro capítulo do livro "Practical science", associou o termo "prático" a "laboratorial", ao afirmar que por practical science se entende o "fazer experiências e exercícios práticos com equipamentos científicos, geralmente num laboratório" (p. 3). Não admira, portanto, que entre os educadores em ciências, estes conceitos continuem a ser usados indistintamente, o que, no entanto, dificulta uma utilização racional dos diferentes tipos de trabalho a que estes termos se referem. Com base em Hodson (1988), passamos a distingui-los e ilustrá-los-emos com exemplos.

"Trabalho prático" é o conceito mais geral e inclui todas as actividades que exigem que o aluno esteja activamente envolvido. Se interpretarmos este envolvimento como podendo ser de tipo psicomotor, cognitivo ou afectivo, o trabalho prático pode incluir actividades laboratoriais, trabalhos de campo, actividades de resolução de exercicios ou de problemas de papel e lápis, utilização de um programa informático de simulação, pesquisa de informação na internet, realização de entrevistas a membros da comunidade, etc..

"Trabalho laboratorial", por seu turno, inclui actividades que envolvem a utilização de materiais de laboratório (mais ou menos convencionais). Apesar de estes materiais também poderem ser usados nas actividades de campo, as actividades laboratoriais realizam-se num laboratório ou, à falta deste (e desde que não haja problemas de segurança), numa sala normal, enquanto que as actividades de campo têm lugar ao ar livre, no local onde os fenómenos acontecem ou os materiais existem (Pedrinaci, Sequeiros & Garcia, 1992)

O "Trabalho experimental" inclui actividades que envolvem controlo e manipulação de variáveis e que podem ser laboratoriais (ex.: estudo dos factores que influenciam a resistência de um condutor eléctrico), de campo (ex.: estudo da influência da exposição ao sol no crescimento das plantas) ou outro tipo de actividades práticas (ex.: estabelecimento das leis da queda dos graves, com recurso a um programa de modelagem). Assim, verifica-se que o critério com base no qual se distinguem as actividades experimentais das não experimentais tem a ver com a necessidade, ou não, de controlar e manipular variáveis, enquanto que o critério que permite distinguir as actividades laboratoriais das de campo tem a ver, fundamentalmente, com o local onde a actividade decorre. Note-se, no entanto, que em alguns casos se pode estudar a influência de um mesmo factor (ex.: exposição à luz) sobre um dado fenómeno (ex.: crescimento das plantas) tanto em laboratório, em condições artificiais, como no campo, em condições naturais. No primeiro caso, o controlo e a manipulação de variáveis poderão, contudo, fazer-se com maior rigor.

Por outro lado, combinando os dois critérios acima referidos obtêm-se, por exemplo, as actividades laboratoriais de tipo experimental, que requerem tanto materiais de laboratório como o controlo e a manipulação de variáveis, e que permitem, por exemplo, estudar a influência de um determinado factor num dado fenómeno (ex.: influência da temperatura, da concentração ou do estado de divisão dos reagentes sobre a rapidez de uma dada reacção química, ou influência da temperatura sobre a resistência de um condutor eléctrico, ou influência da intensidade luminosa na taxa fotossintética de uma planta) ou estabelecer relações entre variáveis (ex.: relação entre as massas dos reagentes e as massas dos produtos de reacção, ou entre a intensidade da corrente que percorre um condutor e a diferença de potencial aplicada aos seus terminais).

Por sua vez, as actividades laboratoriais que não são de tipo experimental podem ser tão simples como cheirar o amoníaco (depois de aprender como fazê-lo em segurança, para conseguir identificá-lo pelo cheiro) ou observar um comprimento de um metro (para adquirir a noção do que é um metro) ou riscar com a unha (para ter a noção da dureza de uma substância), podem ter como objectivo aprender a utilizar um aparelho (ex.: a balança, o osciloscópio ou o microscópio) ou podem ter como finalidade o desenvolvimento de capa-

ciências (ex.: observação de preparações microscópicas (de Biologia ou Geologia) ou classificação de animais, plantas ou rochas) ou a aprendizagem de uma técnica laboratorial, muito simples (ex.: determinação de um ponto de ebulição, determinação da dureza de um mineral ou determinação do pH de um solo) ou relativamente complexa (ex.: espectrofotometria ou determinação do poder rotatório específico de uma substância).

O esquema da figura 1, adaptado do proposto por Hodson (1988), apresenta as relações que acabámos de referir no contexto mais vasto dos recursos didácticos.

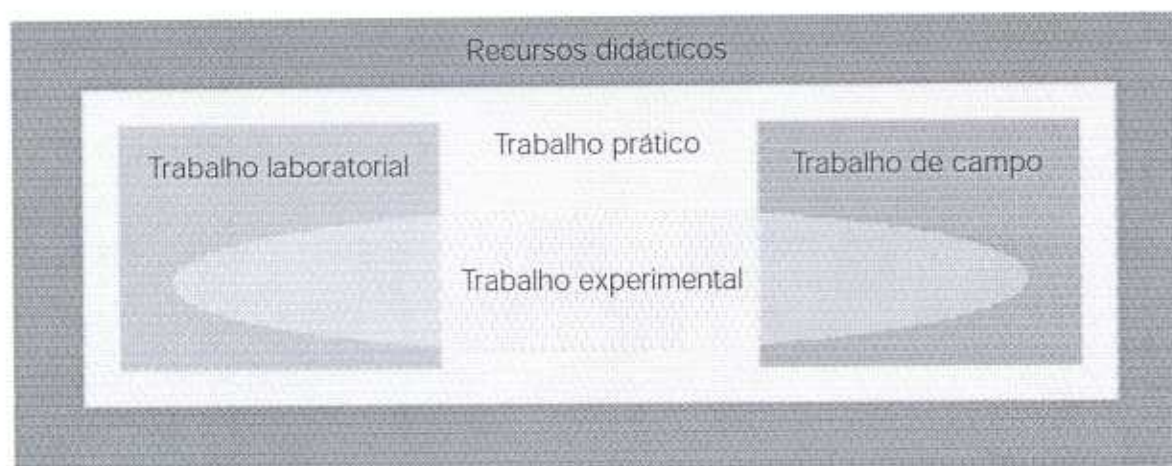


Figura 1: Relação entre trabalho prático, laboratorial, experimental e de campo

No âmbito do contexto conceptual apresentado, vamos centrar-nos no trabalho laboratorial e na contribuição que ele tem dado e poderá dar para a promoção do ensino e da aprendizagem das ciências. Assim, organizaremos o nosso trabalho em três secções, nas quais faremos uma breve resenha histórica sobre a utilização do trabalho laboratorial no ensino das ciências, discutiremos o modo como o trabalho laboratorial foi utilizado no ensino das ciências na década de 90 e, finalmente, apresentaremos alguns contributos para uma utilização mais fundamentada do trabalho laboratorial no ensino das ciências.

Uma breve resenha histórica sobre a utilização do trabalho laboratorial no ensino das ciências

O trabalho laboratorial começou a afirmar-se como uma parte importante do ensino das ciências no século XIX, a partir do momento em que as disciplinas de ciências começaram a integrar os currículos de diversos países (Klainin, 1988). No entanto, esta afirmação foi lenta, tendo, nos primórdios, alguns alunos ingleses sido obrigados a pagar uma propina extra a fim de terem direito a aulas laboratoriais (Solomon, 1980). O facto de

o trabalho laboratorial se tornar um pré-requisito para o acesso a algumas universidades americanas (Klainin, 1988) e as críticas de alguns examinadores ingleses acerca da pouca importância que lhe era dada na escola (Lock, 1988) terão contribuído decisivamente para a sua conquista de um lugar de destaque nos currículos.

Contudo, a forma como as actividades laboratoriais têm sido usadas tem sofrido grandes variações ao longo dos tempos. Nas últimas décadas do século XIX o trabalho laboratorial começou a ser usado nas escolas inglesas e americanas com a finalidade principal de confirmar a teoria previamente apresentada (Lock, 1988). Muito próximo da viragem desse século, a crença de Armstrong nas vantagens de fazer a criança descobrir por si própria conduziu a uma grande alteração no modo como o trabalho laboratorial era usado. Surgiu, então, a defesa da aprendizagem por descoberta, no contexto do ensino das ciências (Klainin, 1988), e o trabalho laboratorial passou a ser encarado como o ponto de partida para a compreensão da teoria (Lock, 1988). Para além disso, a possibilidade de realização de investigações pelos alunos fez com que o trabalho laboratorial fosse usado para justificar a inclusão de disciplinas de ciências nos currículos, com base no argumento de que elas constituiriam uma oportunidade para os alunos aprenderem a aprender (Solomon, 1980; Layton, 1990).

Apesar de as propostas de Armstrong terem conseguido influenciar o ensino das ciências, não só ao nível das estratégias utilizadas na sala de aula mas também ao nível dos exames e das próprias estruturas escolares de apoio ao ensino das ciências (Klainin, 1988), cedo começaram a surgir dúvidas sobre a eficácia do trabalho laboratorial que elas preconizavam, uma vez que restringiam os conteúdos a leccionar àqueles que pudessem ser ensinados laboratorialmente, enfatizavam a medição e davam pouca importância aos conceitos e princípios, bem como à relação destes com as actividades laboratoriais realizadas (Woolnough & Allsop, 1985). Assim, por volta de 1920, as correspondentes práticas já estavam a cair em desuso, tanto em Inglaterra como nos Estados Unidos (Lock, 1988), e por volta de 1925, o próprio Armstrong reconhecia a inadequação das mesmas (Solomon, 1980). Os professores começaram, então, a elaborar fichas de trabalho que os alunos seguem para realizarem as actividades laboratoriais nas aulas (Woolnough & Allsop, 1985) e o trabalho laboratorial voltou, de novo, a ser usado com os propósitos de elucidação e confirmação (Klainin, 1988; Lunetta, 1998). No entanto, continuaram os debates sobre as vantagens e desvantagens desta forma de usar o trabalho laboratorial, por comparação com as resultantes de investigações realizadas pelos alunos (Lock, 1988), principalmente na sequência da Segunda Grande Guerra e do lançamento do Sputnik (Solomon, 1980; Woolnough & Allsop, 1985; Klainin, 1988).

Um grande impulso no sentido do regresso à utilização do trabalho laboratorial ao serviço da aprendizagem por descoberta foi dado nos anos sessenta, em Inglaterra, por influência das ideias de Kerr acerca da importância do trabalho laboratorial para a descoberta de factos através da investigação, e nos Estados Unidos, na sequência da aplicação à educação, por Dewey, das ideias de Rousseau acerca da importância de aprender por si próprio (Klainin, 1988). Assim, na década de sessenta surgem, em Inglaterra, os projectos Nuffield

e, nos Estados Unidos, projectos como os BSCS (Biological Science Curriculum Study) e PSSC (Physical Science Study Curriculum). Qualquer um destes projectos tinha como principal objectivo envolver os alunos em investigações, as quais eram consideradas uma parte central do ensino das ciências (Lunetta, 1998). A justificação desse objectivo residia no facto de nessa época a ciência ser ainda vista como um processo dinâmico de inquérito que procurava encontrar relações causais para compreender o mundo natural (Klainin, 1988). Procurava-se dar, tanto aos cientistas como aos cidadãos comuns, formação no método científico, de modo a permitir-lhes adquirir uma visão crítica da disciplina (Woolnough & Allsop, 1985). O ensino dos processos sobrepunha-se, assim, ao ensino dos conceitos (Klainin, 1988; Lock, 1988). Os exames incluíam questões sobre trabalho laboratorial e chegou mesmo a haver exames laboratoriais (Klainin, 1988). Contudo, na prática, e devido à disponibilização (embora apenas a título de sugestão) de fichas de trabalho por algumas equipas Nuffield e ao reconhecimento dos constrangimentos a uma verdadeira descoberta na sala de aula (a qual conduziu a algumas mudanças de objectivos aquando da revisão de alguns dos cursos em causa), o trabalho laboratorial acabou por se tornar muito mais fechado e dependente do conteúdo do que inicialmente se desejava (Woolnough & Allsop, 1985). Numa avaliação das escolas inglesas publicada em 1979 (DES, 1979) afirmava-se mesmo que os cursos Nuffield contribuíram para a introdução nas aulas de ciências de trabalho laboratorial de diversos tipos (e não apenas do preconizado por aqueles cursos), mas defendia-se a contribuição importante que as demonstrações (quando comparadas com o trabalho realizado pelos alunos) podem dar, desde que conduzidas não só com correcção técnica mas também de modo a que os alunos sejam solicitados a fazer previsões e a que as fontes de erro sejam identificadas.

Em 1985, o Department of Education and Science (DES, 1985) passou a defender a introdução dos alunos ingleses aos métodos da ciência, como sendo a principal característica da educação em ciências, realçando a importância do trabalho laboratorial orientado para a resolução de problemas. Este posicionamento rejeitava a transmissão de uma perspectiva indutivista da ciência e era mais concordante com as novas filosofias da ciência (Chalmers, 1994; Jiménez-Aleixandre, 1996) que entretanto começavam a tornar-se conhecidas e aceites.

Em Portugal, até finais da década de 70, existiam, no ensino secundário, aulas laboratoriais, no âmbito das disciplinas tradicionais de ciências. As turmas eram divididas para realizar os trabalhos laboratoriais que estavam previstos, tanto em Ciências Físico-Químicas como em Ciências da Natureza (incluindo esta última Biologia e Geologia). Apesar de as aulas laboratoriais estarem integradas nas disciplinas de Ciências, não se pode dizer que houvesse uma verdadeira integração entre os assuntos tratados nos dois tipos de aulas (laboratoriais e não laboratoriais) e talvez a situação não fosse, na prática, muito diferente da actual, em que existem disciplinas de ciências e de técnicas laboratoriais, cada uma das quais com o seu programa. A partir de finais da década de 70 deixou de existir uma componente laboratorial formal nas disciplinas de ciências. Apesar de terem sido criadas algumas disciplinas no ensino secundário que tinham carácter eminentemente prático, como era o caso da Quimicotecnia, elas eram frequentadas apenas por alguns dos alunos que optavam

por determinadas áreas de especialização, dentro das áreas de estudo consideradas científicas.

Os programas portugueses dos anos 80 defendiam o ensino do método científico. Contudo, a ênfase nos processos e a importância atribuída ao método científico fizeram-se sentir mais nas Ciências da Natureza do que na Física e Química. Os programas de Ciências Físico-Químicas apresentavam mesmo algumas inconsistências, na medida em que as finalidades da disciplina davam ênfase aos processos científicos, enquanto que os respectivos objectivos específicos se centravam em comportamentos do domínio cognitivo e esqueciam as capacidades, habilidades e atitudes (Freire, 1993).

Para além disso, um estudo realizado por Cachapuz et al. (1989) permitiu concluir que, apesar de o trabalho laboratorial ser utilizado com uma frequência razoável por professores de Ciências Físico-Químicas, ele consistia essencialmente em demonstrações realizadas pelos professores, sendo as investigações (mais adequadas para a aprendizagem da metodologia científica e da resolução de problemas) muito pouco utilizadas. Este resultado levou os autores do estudo a defenderem a necessidade de centrar o trabalho laboratorial preferencialmente no aluno e a perspectivá-lo "não simplesmente como uma ilustração de aspectos teóricos" (p. 69).

O trabalho laboratorial no ensino das ciências na década de 90

A reforma educativa implementada em Portugal a partir do início dos anos 90 não só reforçou a importância do trabalho laboratorial como melhorou as condições para promover a sua realização no âmbito das disciplinas de ciências dos ensinos básico e secundário. Disso são evidência a criação de disciplinas como as Técnicas Laboratoriais de Física, de Química, de Biologia e de Geologia, mas também o facto de os novos programas oficiais das disciplinas de ciências que permaneceram com a referida reforma passarem a atribuir maior importância ao trabalho laboratorial, tanto no ensino básico como no ensino secundário. Igualmente reveladoras dessa importância são as iniciativas do Ministério da Ciência e da Tecnologia, nomeadamente as relacionadas com o Programa Ciência Viva, que permitem criar melhores condições materiais para a implementação das intenções programáticas relativas ao trabalho laboratorial.

No 3º ciclo do ensino básico, o programa de Ciências Físico-Químicas (DEB, 1995) é aquele que mais sugestões apresenta sobre a utilização do recurso didáctico em causa. A importância atribuída à componente laboratorial é nele evidenciada por recomendações que se centram no modo como o trabalho laboratorial (aí designado de experimental) deve ser integrado na disciplina (ex.: "A componente experimental, não dissociável da componente teórica, é uma constante do programa" (p. 14); "todas as aulas deverão ser encaradas como potencialmente de natureza teórica e prática" (p. 24)) e na contribuição que deve dar para efeitos de avaliação das aprendizagens realizadas pelos alunos (ex.: "A componente prática/experimental, além de objecto de avaliação formativa, deverá obrigatoriamente ser objecto de avaliação sumativa... Na avaliação sumativa... a avaliação da componente experimental... deverá, obrigatoriamente, ter um peso de 30%" (p.

32)). Acresce ainda o facto de este programa incluir uma secção onde alerta para a existência de diversos tipos de actividades laboratoriais e discutir as potencialidades de cada um deles, de modo a chamar a atenção dos professores para a necessidade de adequar o tipo de actividade laboratorial a utilizar numa dada aula ao objectivo que se pretende atingir com essa actividade.

Também os programas do ensino secundário atribuem importância ao trabalho laboratorial. No caso das Ciências Físico-Químicas, essa importância é evidenciada pela inclusão de um objectivo geral referente à utilização, com autonomia, de procedimentos e métodos inerentes à Física e Química e pela afirmação de que "ligado ao aspecto teórico deverá estar sempre o processo prático/experimental (DES, 1995, p. 9) e de que "As turmas destes anos virão a ser divididas em dois turnos para a realização das actividades práticas com a duração de 2 horas semanais, por turno" (DES, 1995, p. 6). De igual modo, os programas de Ciências da Terra e da Vida, de Biologia e de Geologia apresentam objectivos que incidem em diferentes aspectos do trabalho laboratorial e recomendam a utilização de actividades diversificadas, de grau de formalização crescente. As disciplinas de técnicas laboratoriais são consideradas de natureza predominantemente prática, mas nos respectivos programas não são apresentados pormenores acerca de como devem ser implementadas as actividades nas respectivas aulas, nem mesmo nas Técnicas Laboratoriais de Física e de Química. É curioso, contudo, notar que os programas de Técnicas Laboratoriais de Física e de Química parecem ter subjacente uma perspectiva indutivista (actualmente questionada), pois defendem que, para que as noções possam ser verdadeiramente assimiladas, devem ser objecto da experiência e ser descobertas, mais do que ensinadas. Perspectiva diferente parece estar subjacente aos programas de Técnicas Laboratoriais de Biologia, uma vez que estes enfatizam também o trabalho laboratorial mas reconhecem a necessidade de sensibilizar os alunos para as novas perspectivas sobre a natureza da ciência. Reconhecendo a existência de concepções prévias nos alunos, posicionam-se a favor de trabalho laboratorial diversificado, podendo incluir, por exemplo, resolução de problemas e projectos de pesquisa.

Os recentes avanços em termos de conceptualização da aprendizagem segundo a perspectiva construtivista ou, mais recentemente, social construtivista (Duit & Treagust, 1998; Hodson & Hodson, 1998), o reconhecimento das novas filosofias da ciência (Chalmers, 1994; Jiménez-Aleixandre, 1996) e os trabalhos desenvolvidos na área da mudança conceptual (Santos, 1991; Duarte, 1993; Hewson, Beath & Thorley, 1998) provocaram o convergir de atenções para uma nova forma de utilizar o trabalho laboratorial, as actividades P-O-E ou seja, Prevê-Observa-Explica (Gunstone, 1991). "O objectivo importante das actividades laboratoriais é, então, o de confrontar as pré-concepções dos alunos num ciclo conceptual dinâmico, num percurso de aquisição progressiva de concepções mais científicas" (Valente, 1997, p. 33). Estas actividades são também mencionadas pelo programa de Ciências Físico-Químicas do 3º ciclo do ensino básico e designadas por actividades de previsão. Elas têm a finalidade de facilitar a mudança conceptual do aluno. Iniciam-se com um pedido de previsão, em que o aluno é obrigado a pensar sobre o que acontece se um dado acontecimento for provocado (fundamentando a sua previsão) ou sobre a explicação que possui para um

determinado acontecimento ou fenómeno. De seguida, ele terá oportunidade de realizar observações que lhe permitam testar as suas previsões, confrontando o que aconteceu com o que ele previu que iria acontecer e, finalmente, terá que encontrar explicações para o que efectivamente acontece, de um modo especial se os dados obtidos não suportaram as suas previsões. Como se afirma no programa de Ciências Físico-Químicas para o 3º ciclo (DEB, 1995), "O facto de se fazer uma previsão aumenta o interesse e a expectativa em relação aos resultados da actividade, quer a hipótese seja provada ou negada. De igual modo, quer uma previsão se venha a revelar falsa ou verdadeira, a prática de efectuar previsões joga um papel extremamente importante na aquisição, construção e ajuste de conhecimentos e formas de pensar." (DEB, 1995, p. 25). Na verdade, quanto mais discrepante for o resultado da actividade relativamente ao previsto, mais ela será eficaz no que respeita a tornar o aluno insatisfeito com as suas ideias e em predispor-lo para aprender a explicação cientificamente aceite. A contribuição deste tipo de actividades para a mudança conceptual de alunos tem vindo a ser investigada em contextos de sala de aula normal. Os resultados dos estudos já disponíveis indicam que elas promoveram essa mudança conceptual em temas de Biologia (Silva, 1996), de Física (Vasconcelos, 1997; Afonso, 1999) e de Química (Afonso, 1997; Pereira, 1999).

No entanto, actividades deste tipo são difíceis de encontrar em manuais escolares tanto de Física (Leite, 1999a, b) como de Química (Pereira & Duarte, 1999), pelo que será de prever a sua reduzida utilização na sala de aula. Com efeito, dados recolhidos durante o último ano (Leite, 1999c) indicam que o trabalho laboratorial continua a ser relativamente pouco usado na disciplina de Ciências Físico-Químicas do ensino secundário e, nos casos em que é usado, serve essencialmente para ilustrar/confirmar os conceitos e os princípios apresentados. Esta finalidade parece não diferir muito daquela que, na prática, é privilegiada nas disciplinas de Técnicas Laboratoriais, embora nas técnicas Laboratoriais de Física e de Química haja muito mais trabalho realizado pelos alunos do que no caso das Ciências Físico-Químicas (Leite, 1999c).

Por outro lado, refira-se que alunos e professores reconhecem importância ao trabalho laboratorial, embora os professores sejam mais optimistas do que os alunos no que respeita aos objectivos que efectivamente se consegue atingir com a realização daquele. De facto, os professores parecem mais convencidos de que ele consegue atingir objectivos relacionados com a aprendizagem de conhecimentos conceptuais e de metodologia científica e com o desenvolvimento de atitudes científicas, enquanto que os alunos sentem que o trabalho laboratorial realizado serve, essencialmente, para desenvolver skills laboratoriais (Leite, 1997). Este aparente optimismo dos professores pode dificultar-lhes uma análise crítica da situação e fazer com que contribuam para a persistência de práticas que não rentabilizam ao máximo o trabalho laboratorial realizado nas escolas, dando assim razão a Hodson (1990) quando sugere que o trabalho laboratorial é simultaneamente infra-utilizado (porque se fazem poucas actividades laboratoriais) e superutilizado (porque não se rentabilizam as actividades realizadas).

Em jeito de síntese, podemos afirmar que, pese embora a importância atribuída ao trabalho laboratorial pela última reforma educativa, como recentemente afirmou Jenkins (1998), "o ensino laboratorial das ciências nas

escolas é demasiado prisioneiro do passado e é necessário...reexaminar criticamente o papel que ele pode desempenhar enquanto auxiliar da aprendizagem das ciências pelos alunos" (p. 49).

Para uma utilização mais fundamentada do trabalho laboratorial no ensino das Ciências Físico-Químicas

Usar algum trabalho laboratorial não é necessariamente melhor do que não usar nenhum, dado que a sua utilidade e eficácia dependem do modo como é usado. Assim, com o objectivo de contribuir para uma utilização mais fundamentada do trabalho laboratorial no ensino das ciências passamos a discutir e a clarificar alguns aspectos que têm sido alvo de confusão e/ou de mistificação.

Objectivos do trabalho laboratorial: teoria e prática

Uma adequada utilização do trabalho laboratorial exige que se distinga entre potencialidades teóricas do trabalho laboratorial e objectivos que de facto se consegue atingir com as actividades laboratoriais realizadas. Aquelas potencialidades estão na base dos argumentos actualmente usados a favor da utilização de trabalho laboratorial no ensino das ciências, os quais são de três tipos: cognitivos, afectivos e associados a capacidades/habilidades (Wellington, 1998). Na verdade, e tal como refere Hodson (1993), as actividades laboratoriais têm a potencialidade de permitir motivar os alunos (o que suporta os argumentos de natureza afectiva), reforçar a aprendizagem de conhecimento conceptual (o que apoia os argumentos de natureza cognitiva), ensinar skills laboratoriais e metodologia científica e desenvolver atitudes científicas (o que sustenta os argumentos relacionados com capacidades/habilidades). Contudo, tanto Hodson (1994) como Wellington (1998) apresentam evidências de que o trabalho laboratorial pode facilmente não contribuir para a consecução destes objectivos. Na verdade, os argumentos cognitivos podem ser questionados na medida em que não só a teoria é necessária para a realização da observação (o que dificulta a utilização do trabalho laboratorial como ponto de partida para a teoria), mas também pelo facto de as teorias serem abstractas e não fisicamente ilustráveis (o que dificulta a utilização da observação como meio de concretizar a teoria). No que respeita aos argumentos afectivos, ninguém contesta que os alunos gostam das actividades laboratoriais e gostam tanto mais quanto mais espectaculares elas forem. A questão que se põe é que muitas das actividades laboratoriais normalmente usadas nas aulas de ciências não são espectaculares e que, embora seja mais provável os alunos lembrarem-se do que acontece na actividade quando observam, isso não significa que todos os alunos gostem da actividade e muito menos que compreendam o que observam. No que respeita aos argumentos associados a capacidades/habilidades, não se pondo em causa a importância destas, questiona-se a facilidade da sua transferência para outras áreas de saber diferentes daquela onde foram adquiridas e/ou para a vida do dia a dia, dado que os conhecimentos procedimentais (De Pro Bueno, 1998) são bastante dependentes do contexto e do conteúdo em que foram aprendidos (Hennessy, 1993; Welzel,

1997). Por outro lado, o frequente recurso a demonstrações e o tipo de actividades que aparecem em manuais escolares (tipo receita) parecem capazes de contribuir para o desenvolvimento de um número muito limitado de conhecimentos procedimentais.

Investigar: Um termo que é preciso clarificar

É frequente, mesmo em manuais escolares, confundir-se actividades laboratoriais com investigações. Tal como referimos na primeira secção, as actividades laboratoriais podem ter diferentes níveis de complexidade e exigência para os alunos. Embora todas elas tenham o seu interesse e valor didáctico, apenas algumas se apresentam como problemas que o aluno tem que resolver, recorrendo ao laboratório, e podem apelidar-se de investigações (Woolnough & Allsop, 1985; Gott & Duggan, 1995). Dado que um problema é algo que inclui um obstáculo ou dificuldade que é preciso ultrapassar para o resolver, algo cuja estratégia de resolução não se conhece e para a qual não se sabe se há uma solução (Lopes, 1994; Neto, 1998), no contexto laboratorial, só poderão ser consideradas investigações aquelas actividades que confrontem o aluno com uma situação problemática e exijam que ele faça previsões acerca de um problema (preferivelmente gerado por ele), que planeie uma ou mais estratégias de resolução que permitam testá-las, que implemente essa(s) estratégia(s), que analise os dados recolhidos com o objectivo de tentar encontrar a resposta ao problema, a qual poderá ou não ser concordante com as previsões iniciais. Decorre daqui que as investigações são incompatíveis com procedimentos laboratoriais e com instruções para análise de dados fornecidos a priori.

Na verdade, as investigações são as actividades laboratoriais que apresentam o maior grau de abertura (Cachapuz et al., 1989) ou nível de investigação (Tamir, 1991). O último autor recorre apenas a problema, procedimentos e conclusões para determinar o nível de abertura de uma actividade laboratorial. No entanto, uma análise mais fina do nível de abertura de uma actividade laboratorial requer a tomada em consideração dos diversos parâmetros apresentados no **quadro 1**.

O último valor de cada parâmetro é aquele que corresponde a actividades laboratoriais de tipo investigação. Com excepção da contextualização teórica, vai ser sempre o aluno que vai ter que decidir, imaginar, executar, etc.. Se é certo que uma actividade laboratorial deste tipo demora um tempo a ser realizada que a torna incompatível com a sua utilização sistemática ao longo de um ano em que há um programa para cumprir (Hodson, 1996), também é certo que ela é a mais adequada para promover a aprendizagem de um maior número de conhecimentos procedimentais. Por outro lado, e pesem embora as diferenças existentes entre o trabalho dos cientistas e o dos alunos, as investigações são as actividades laboratoriais que apresentam mais capacidade de desenvolver não só uma imagem adequada dos processos de construção de conhecimento nos laboratórios de investigação mas também de permitir aos alunos irem aprendendo a fazer ciência.

De realçar ainda que as investigações não podem ser identificadas com actividades experimentais. Na verdade, há investigações em que o aluno não tem que controlar e manipular variáveis e que podem ser laboratoriais (ex.: identificar materiais que sejam bons condutores do calor ou identificar rochas com base nos minerais

que as constituem), de campo (ex.: diagnosticar a flora de uma dada região) ou de outra natureza (ex: caracterizar a opinião da população de uma dada localidade relativamente à construção de um aterro sanitário).

Quadro 1

Parâmetros a considerar na análise do grau de abertura de uma actividade laboratorial.

Parâmetros	Valores possíveis	
Problema	Não explicitado Fornecido Solicitado ao aluno	
Contextualização teórica	Inexistente Fornecida: -Irrelevante -Incluindo as conclusões -Adequada	
Previsão	Não solicitada Solicitada ao aluno	
Procedimento	Desenho	Fornecido Fornecidas indicações Não fornecido
	Execução	Professor Professor e alguns alunos Alunos
Dados	Fornecidos Fornecidas indicações para recolha Recolha a decidir pelo aluno	
Análise de dados	Apresentada Orientações sugeridas Definida pelo aluno	
Conclusões	Fornecidas explicitamente Fornecidas implicitamente Elaboradas pelo aluno	
Reflexão	Procedimentos	Ignorada Apresentada Solicitada
	Relação previsão/resultados	Ignorada Apresentada Solicitada

Nota: adaptado de Silva & Leite, 1997

Adequação do tipo de actividade ao objectivo

Apesar de, como já referimos, não existir consenso entre os diferentes intervenientes na educação em ciências relativamente aos objectivos que de facto se atingem com o trabalho laboratorial realizado nas escolas, existe algum acordo em torno da ideia de que, para atingir um dado objectivo, a actividade laboratorial tem que ser estruturada e integrada com a teoria de modo adequado (Woolnough & Allsop, 1985; Gott & Duggan, 1995; Silva & Leite, 1997).

Os objectivos que têm a ver com motivação e com o desenvolvimento de atitudes científicas devem estar sempre presentes em qualquer actividade laboratorial, embora o primeiro não possa ser gratuitamente assumido como estando garantido pela mera realização de uma actividade laboratorial (Hodson, 1994) e a consecução do segundo seja prejudicada, entre outros, pelo facto de as actividades assumirem frequentemente a forma de receitas e de haver grande preocupação com a obtenção de algo que poderia designar-se por resposta correcta, frequentemente de natureza quantitativa, quando as condições laboratoriais não a permitem. A consecução dos restantes três objectivos gerais identificados por Hodson (1993) requer a realização de diversos tipos de actividades, tal como se mostra no quadro 2.

Quadro 2 Tipologia de actividades laboratoriais

Objectivo primordial		Tipos de actividades
Aprendizagem de conhecimento procedimental		• Exercícios
	Reforço de conhecimento conceptual	• Experiências para a aquisição de sensibilidade acerca de fenómenos. • Experiências ilustrativas
Aprendizagem de conhecimento conceptual	Construção de conhecimento conceptual	• Experiências orientadas para a determinação do que acontece • Investigações
	(Re)construção de conhecimento conceptual	• Prevê-Observa-Explica-Reflecte (Procedimento apresentado) • Prevê-Observa-Explica- Reflecte (Procedimento a ser definido pelo aluno)
Aprendizagem de metodologia científica		• Investigações

Nota: adaptado de Silva & Leite, 1997.

Assim, a aprendizagem de técnicas e o desenvolvimento de outros skills laboratoriais podem ser realizados

à custa de actividades de tipo exercício (Woolnough & Allsop, 1985; Silva & Leite, 1997). A aprendizagem da *metodologia científica* requer, como já referimos, o desenvolvimento de competências de resolução de problemas e, no contexto laboratorial, exige a realização de investigações. No que respeita à aprendizagem de conhecimento conceptual, vários casos se podem dar:

- O conhecimento pode ter sido previamente apresentado aos alunos e a actividade serve para confirmar esse conhecimento ou para concretizá-lo (experiências ilustrativas) ou para dar uma noção mais exacta do fenómeno ou das características dos materiais (experiências para aquisição de sensibilidade acerca de fenómenos);
- A actividade serve como ponto de partida para a construção de conhecimento conceptual que só posteriormente vai surgir. Isto pode fazer-se à custa de actividades de resolução de problemas (ou seja, investigações) ou de actividades altamente estruturadas, que conduzem o aluno ao (provavelmente) único resultado possível (experiências orientadas para a determinação do que acontece);
- A actividade serve para promover a reconstrução das ideias que os alunos possuem sobre um dado assunto e que precisam de testar, a fim de encontrarem dados que as suportem ou que as ponham em causa (prevê-observa-explica-reflecte). Nestas actividades o procedimento laboratorial pode, ou não, ser dado ao aluno, mas tem sempre que ser este a fazer previsões fundamentadas, a interpretar os dados, a tirar as conclusões e a comparar as previsões com essas mesmas conclusões.

Quando está em causa a aprendizagem de conhecimentos conceptuais, uma mesma actividade laboratorial (ex.: combustão da vela) pode frequentemente ser estruturada e integrada com a teoria de diversas formas. Pode usar-se para confirmar que a percentagem de oxigénio diminui durante a combustão (experiência ilustrativa), pode usar-se para determinar o que acontece à percentagem de oxigénio devido à combustão da vela realizada em determinadas condições (experiência orientada para a determinação do que acontece) ou pode servir (como se mostra em Leite, 1999d) para ajudar os alunos a reconstruir a concepção alternativa de que a vela se apaga porque o oxigénio acabou.

Dos tipos de actividades apresentados, apenas as investigações e as Prevê-Observa-Explica-Reflecte que não incluem o procedimento podem aproximar-se de situações em que ocorrem descobertas científicas. Por isso, mesmo nos casos em que o aluno não conhece antecipadamente a resposta à actividade, o que ele faz é obter um dado resultado que, desde que tudo funcione como previsto, é o único resultado possível. A actividade serve para ele determinar o que acontece nas condições dadas, mas não para descobrir, no verdadeiro sentido da palavra. Não há necessariamente mal em que isso aconteça. Mas se é verdade que essa actividade pode resultar em algum acréscimo de motivação e até num aumento da qualidade da aprendizagem realizada, também é verdade que os alunos não estão a aprender a fazer ciência. Seria bom os educadores terem consciência das limitações deste tipo de actividades para não ficarem satisfeitos com algo que

não corresponde ao que eles gostariam de permitir aos seus alunos fazer.

Execução do procedimento: Demonstrações versus trabalho realizado pelos alunos

As actividades laboratoriais podem exigir, entre outros, envolvimento cognitivo (ex.: fazer previsões, analisar dados, etc.) e psicomotor (ex.: utilizar equipamentos e manipular materiais em segurança, etc.). O primeiro pode ocorrer sem que os alunos executem o procedimento laboratorial e é, portanto, compatível com uma demonstração. O segundo requer que sejam os alunos a executar os procedimentos. Assim, quando numa aula queremos ensinar conceitos ou leis não é imprescindível que os alunos manipulem os materiais e equipamentos. Às vezes nem é mesmo aconselhável, devido aos perigos que advêm da utilização de determinados reagentes (ex.: ácido sulfúrico, metais alcalinos) ou da formação de determinados produtos de reacção (ex.: monóxido de azoto), da utilização de alguns tecidos (ex.: o tecido sanguíneo), à necessidade de condições laboratoriais potencialmente perigosas (ex.: elevadas diferenças de potencial), ou à necessidade de dados de qualidade, que permitam fazer uma utilização quantitativa da actividade (ex.: colisões numa mesa de ar), os quais são mais fáceis de obter pelo professor (que domina a parte técnica) do que pelos alunos. Na verdade, como salientam Corominas e Lozano (1994), "a condição necessária para que uma demonstração não se reduza a um simples entretenimento é a de implicar os alunos na mesma, evitando que a sua atitude seja passiva" (p. 25). Por isso, ao observarem a execução da actividade pelo professor, os alunos têm que participar activamente na previsão, na interpretação e na explicação do que aconteceu. Este envolvimento cognitivo é o mais importante para a aprendizagem de conceitos.

No entanto, se se pretender que, para além de aprender conceitos, os alunos aprendam ou aperfeiçoem técnicas laboratoriais e skills associados à manipulação de equipamentos, então têm que ser eles a executar o procedimento laboratorial. Em alguns casos, o facto de o aluno poder começar por observar uma demonstração pelo professor pode facilitar a aprendizagem da técnica, mas depois tem que ter ele próprio a oportunidade de a executar, para adquirir a capacidade de a usar com perfeição.

Identificar as actividades em que é de facto importante que sejam os alunos a executar o procedimento e aquelas em que eles não ganhariam muito com isso é uma forma de rentabilizar o tempo e de tornar possível o envolvimento cognitivo com as actividades em que ele é fundamental.

Conhecimento conceptual e conhecimento procedimental: integração ou separação?

O facto de se fazer a distinção entre dois tipos de conhecimento – conceptual e procedimental – não significa que se defenda o desenvolvimento independente de cada um deles, ao contrário do que por vezes se pensa dever acontecer. De facto, actualmente (De Pro Bueno, 1999) como há cerca de 15 anos atrás (Woolnough & Allsop, 1985), defende-se que os conhecimentos procedimentais precisam de ser ensinados e requerem, portanto, atenção no processo de ensino aprendizagem. A aprendizagem de muitos destes conhecimentos exige repetição, mas tornar-se-la fastidioso dedicar aulas ao seu ensino, sem ter qualquer

outro objectivo em vista. Por outro lado, os conhecimentos procedimentais não são os fins da ciência mas *antes meios para alcançar esses fins* (Millar, 1991) e *de modo equivalente devem ser tratados no ensino das ciências*. Para além disso, a sua dependência do contexto e a consequente difícil transferência, já anteriormente referidas, torná-los-iam pouco úteis se não fossem desenvolvidos em diversos contextos temáticos. Assim, embora seja necessário ensinar conhecimentos procedimentais, o seu ensino não deve fazer-se de uma forma conceptualmente descontextualizada, mas antes devem ser ensinados quando forem necessários para a aprendizagem de um dado conhecimento conceptual e merecer a atenção quando tiverem que ser usados de novo, a fim de irem sendo aperfeiçoados. Por isso, Gott e Mashiter (1991) defendem a organização do currículo em torno de tarefas cuja realização exija, simultaneamente, o desenvolvimento de processos e a sua utilização no aperfeiçoamento de conceitos.

Na verdade, as actividades laboratoriais e a razão são igualmente relevantes na construção do conhecimento científico (Valadares, 1997) devido à relação de interdependência interactiva que existe entre teorias e experiências e que resulta do facto de as actividades laboratoriais contribuírem para a construção da teoria e de esta, por sua vez, determinar não só o tipo de actividades que pode e deve ser realizado mas também o modo como os dados devem ser interpretados (Hodson, 1998). Assim, e como afirma Millar (1998), o trabalho laboratorial realizado nas aulas de ciências "tem que ser entendido e avaliado como uma estratégia de comunicação, como um meio de aumentar o que pode ser conseguido com a palavra, a imagem e o gesto. Paralelismos com a actividade de 'verdadeiros cientistas' em laboratórios de investigação não ajudam e são enganadores." (p. 30), na medida em que dariam uma imagem errada do modo como os verdadeiros cientistas fazem ciência. Esta envolve muito raciocínio, reflexão e até criatividade, pois as actividades laboratoriais mostram o que acontece mas não mostram porque é que isso acontece. Este último aspecto exige a utilização de conhecimentos prévios que são muito diferentes entre alunos e cientistas. Por outro lado, as evidências que possam ser recolhidas num laboratório nunca são suficientes para que os alunos estabeleçam uma ideia (Millar, 1998). O que eles podem é perceber a origem dessas ideias, mas as ideias propriamente ditas têm que ser co-construídas em conjunto com o professor e os colegas.

O processo de construção de conhecimento é mais complexo do que apenas modificar o conhecimento existente (Leach, 1999). Gil e Carrascosa (1985) defendem mesmo que essa mudança só será possível se for acompanhada de uma adequada mudança metodológica, ou seja, de uma mudança nos conhecimentos procedimentais que os alunos usam para construir o seu conhecimento conceptual. O desenvolvimento integrado de conhecimentos conceptuais e procedimentais não só é sugerido pelos programas de Ciências Físico-Químicas como é defensável do ponto de vista teórico (Woolnough & Allsop, 1985; De Pro Bueno, 1998) e como parece ainda ser consistente com resultados de investigações recentes (Leite, 1999c), que indicam que professores e alunos ficariam satisfeitos se deixassem de existir as disciplinas de Técnicas Laboratoriais e fossem criadas condições para realizar convenientemente a componente laboratorial na disciplina de Ciências Físico-Químicas.

Avaliação do trabalho laboratorial dos alunos: potencialidades e limitações dos relatórios

Os relatórios são um instrumento de avaliação tradicionalmente associado ao trabalho laboratorial e a que os próprios programas atribuem importância. Contudo, importa analisar criticamente a validade dos relatórios para esse efeito, tomando como referência, por um lado, as características do trabalho laboratorial realizado nas escolas e, por outro lado, a multiplicidade e a diversidade de conhecimentos que o trabalho laboratorial pode permitir desenvolver.

Um dos conhecimentos procedimentais a desenvolver nos alunos tem a ver com comunicação (De Pro Bueno, 1998), sendo os relatórios tradicionais frequentemente apontados como um forma de promover a aprendizagem desse tipo de conhecimentos. O relatório tem semelhanças estruturais com um artigo científico e, por isso, tal como este, pode permitir desenvolver a capacidade de comunicar ciência. Contudo, a consecução ou não desse objectivo depende do envolvimento que é exigido ao aluno para elaborar o referido relatório. Quando o relatório incide numa investigação, dado que o aluno não dispõe de um protocolo, constitui uma oportunidade para o próprio aluno fazer a descrição da actividade realizada e justificar não só as decisões, de diversa natureza, que teve que tomar ao longo do processo como as conclusões que dela retirou. Nos casos em que existe um protocolo para os alunos seguirem, o que estes se limitam a fazer é a transcrever a fundamentação teórica, a lista de materiais e equipamentos e o procedimento, a completar os cálculos (caso existam) e a retirar uma conclusão que frequentemente já conhecem a priori. O relatório tradicional terá nestes casos uma importância duvidosa, no que respeita à promoção e avaliação de conhecimentos procedimentais relacionados com comunicação. Como alternativa, talvez se pudesse usar o V de Gowin (Novak & Gowin, 1988) que, pelo menos, obriga os alunos a sintetizar e a reorganizar as informações fornecidas pelo protocolo, contribuindo para o desenvolvimento de capacidades de síntese.

Por outro lado, diversos e importantes conhecimentos procedimentais que podem ser desenvolvidos aquando da realização de actividades laboratoriais com um grau de abertura inferior ao das investigações e até mesmo acompanhadas por protocolos, pela sua natureza, só podem ser avaliados por observação do trabalho realizado pelo aluno no laboratório. Estão nesta situação, entre outros, os relacionados com observação, medição, domínio de técnicas e destrezas manuais. Na verdade, ainda que num relatório o aluno demonstre que conhece uma dada técnica, o que acontece é que, salvo casos excepcionais, não pode aí mostrar o grau de perfeição com que a executa. Alguns outros conhecimentos procedimentais (ex.: formulação de problemas, realização de previsões, planificação de actividades, análise de dados) podem ser avaliados durante as aulas laboratoriais, mas podem também ser avaliados através de relatórios (desde que, como já referimos, estes incidam em investigações) e até mesmo de testes escritos.

A complexidade e a diversidade de conhecimentos associados às actividades laboratoriais exige a utilização conjunta de diversas técnicas de avaliação (Tamir, 1990; Giddings, Hofstein & Lunetta, 1991; Doran et al., 1993), para que as aprendizagens dos alunos sejam convenientemente avaliadas. Os relatórios são apenas uma delas e podem ter vantagens, mas têm muitas limitações.

Nota final

Ao longo dos tempos, a forma e os objectivos do trabalho laboratorial no ensino das ciências têm sofrido alterações radicais e mais ou menos cíclicas. Actualmente, e pese embora a importância que lhe foi atribuída pela última reforma educativa, continua a haver grande insatisfação com a quantidade e a qualidade do trabalho laboratorial realizado e/ou que se pode realizar nas escolas. Ele continua a ter um baixo grau de abertura, a servir, essencialmente, para confirmar conteúdos previamente leccionados e a exigir pouco envolvimento da parte dos alunos. No entanto, os manuais escolares continuam a incluir actividades laboratoriais e os professores continuam a sentir-se culpados se não usarem trabalho laboratorial nas suas aulas de ciências.

Se é verdade que usamos trabalho laboratorial porque as ciências são disciplinas práticas, não é menos verdade que ensinamos ciências porque as ciências são disciplinas teóricas (Millar, 1998) que nos fornecem conceitos capazes de melhorar a nossa compreensão do mundo. Por isso, e pese embora o facto de o trabalho laboratorial não ser ainda tão popular nas nossas escolas quanto gostaríamos, temos que concordar com Gunstone (1991) quando afirma que "para que o trabalho prático tenha algum efeito sério na reconstrução das ideias dos alunos e no relacionamento de conceitos, os alunos precisam de passar mais tempo a interagir com ideias e menos tempo a interagir com apparatus." (p. 74). Com isto queremos significar que não é tanto a quantidade de trabalho laboratorial que é importante mas mais a qualidade desse trabalho. Essa qualidade passa não só pela utilização de actividades de tipos diversificados, adequadamente seleccionadas e executadas em condições consistentes com os objectivos a atingir, mas também pela avaliação da consecução destes objectivos com recurso a técnicas de avaliação devidamente seleccionadas.

Um recurso didáctico sobre o qual desde sempre ouvimos falar, que nos habituamos a usar ou que lamentamos não ter disponível, não pode ser usado simplesmente porque 'a ciência é uma actividade prática'. Ele não é o remédio para todos os males da educação em ciências, mas quando bem usado pode ser um bom catalisador dessa mesma educação. Não devemos usá-lo nem por tradição nem por obrigação; devemos usá-lo se ele servir para melhorar a qualidade da aprendizagem que, sem ele, proporcionaríamos aos alunos.

Referências

- AFONSO, A. (1999). Avaliação de uma abordagem construtivista de "O som e a audição": Um estudo com alunos do 8º ano de escolaridade. Dissertação de mestrado (não publicada), Universidade do Minho.
- AFONSO, G. (1997). Para um ensino construtivista da Química: Um estudo centrado nas Reações Químicas. Dissertação de mestrado (não publicada), Universidade do Minho.
- CACHAPUZ, A. et al. (1989). O trabalho experimental nas aulas de Física e Química. *Gazeta de Física*, 12(2), 65-69.
- CHALMERS, A. (1994). *Que es esa cosa llamada ciencia?*. Madrid: Siglo veintiuno.
- COROMINAS, J., & LOZANO, M. (1994). Trabajos prácticos para la construcción de conceptos: Experiencias e experimentos ilustrativos. *Alambique*, 2, 21-26.
- DE PRO BUENO, A. (1998). Se pueden enseñar contenidos procedimentales en las clases de ciencias?. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(1), 21-41.
- DEB (1995). Programa de Ciências Físico-Químicas- 3º ciclo. Lisboa: DES.
- DES (1979). *Aspects of secondary education in England. A survey of HM Inspectors of schools*. Londres: HMSO.
- DES (1985). *Science 5-16: A statement of policy*. Londres: HMSO.
- DES (1995). Programa de Ciências Físico-Químicas - 10º ano. Lisboa: Ministério da Educação.
- DORAN, R. et al. (1993). *Alternative assessment of high school laboratory skills*. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(9), 1121-1131.
- DUARTE, M. (1993). Mudança conceptual e ensino das Ciências da Natureza – Uma proposta de intervenção pedagógica no 2º ciclo do ensino básico. Tese de Doutoramento (não publicada), Universidade do Minho.
- DUIT, R. & TREGUST, D. (1998). Learning in science - From behaviourism towards social constructivism and beyond. In Fraser, B. & Tobin, K. (Ed.). *International handbook of science education*. Dordrecht: Kluwer Academic publishers, 1- 25.
- FREIRE, A. (1993). Um olhar sobre o ensino da Física e da Química nos últimos cinquenta anos. *Revista de Educação*, 3(1), 37-49.
- GIDDINGS, G., HOFSTEIN, A. & LUNETTA, V. (1991). Assessment and evaluation in the science laboratory. In Woolnough, B. (Ed.). *Practical Science*. Milton Keynes: Open University Press, 167-177.
- GIL, D. & CARRASCOSA, J. (1985). Science learning as a conceptual and methodological change. *European Journal of Science education*, 7(3), 231-236.
- GOTT, R. & DUGGAN, S. (1995). *Investigative work in the science curriculum*. Buckingham: Open University Press.
- GOTT, R. & MASHITER, J. (1991). Practical work in science – A task-based approach. In Woolnough, B. (Ed.), *Practical Science*. Milton Keynes: Open University Press, 53-66.
- GUNSTONE, R. (1991). Reconstructing theory from practical experience. In Woolnough, B. (Ed.), *Practical Science*. Milton Keynes: Open University Press, 67-77.
- HENNESSY, S. (1993). Situated cognition and cognitive apprenticeship. *Studies in Science Education*, 22, 1-41.
- HEWSON, P., BEETH, M. & THORLEY, R. (1998). Teaching for conceptual change. In Fraser, B. & Tobin, K. (Ed.). *International handbook of science education*. Dordrecht: Kluwer Academic publishers, 199-218.
- HOPSON, D. & HOPSON, J. (1998). *From constructivism to social constructivism*. *School Science Review*, 79(298), 33-41.
- HOPSON, D. (1988). Experiments in science teaching. *Educational Philosophy and Theory*, 20(2), 53-66.

- HODSON, D. (1990). A critical look at practical work in school science. *School Science Review*, 70(256), 33-40.
- HODSON, D. (1993). Re-thinking old ways: Towards a more critical approach to practical work in school science. *School Science Review*, 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). Practical work in school science: Exploring some directions for change. *International Journal of Science Education*, 18(7), 755-760.
- HODSON, D. (1998). Is this really what scientists do?. In Wellington, J. (Ed.). *Practical work in school science: Which way now?*. Londres: Routledge, 93-108.
- JENKINS, E. (1998). The schooling of laboratory science. In Wellington, J. (Ed.). *Practical work in school science: Which way now?*. Londres: Routledge, 35-51.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. (1996). *Dubidar para aprender*. Vigo: Xerais.
- KLAININ, P. (1988). Practical work and science education. In Fensham, P. (Ed.). *Development and dilemmas in science education*. Londres: Falmer Press, 169-188.
- LAYTON, D. (1990). Student laboratory practice and the history and philosophy of science. In Heggarty-Hazel, H. (Ed.). *The student laboratory and the science curriculum*. Londres: Routledge, 37-59.
- LEACH, J. (1999). Students' understanding of the co-ordination of theory and evidence in science. *International Journal of Science Education*, 21(8), 789-806.
- LEITE, L. (1997). O trabalho laboratorial visto por professores e por futuros professores de Ciências Físico-Químicas. *Boletim das Ciências*, 29, 7-15.
- LEITE, L. (1999a). O ensino Laboratorial de "O Som e a Audição". Uma análise das propostas apresentadas por manuais escolares do 8º ano de escolaridade. In Castro, R. et al. (Org.). *Manuais escolares: Estatuto, funções, história*. Braga: Universidade do Minho, 255-266.
- LEITE, L. (1999b). Heat and temperature: An analysis of how these concepts are dealt with in textbooks. *European Journal of Teacher Education*, 22(1), 75-88.
- LEITE, L. (1999c). Trabalho laboratorial no ensino das Ciências. Relatório Científico do Projecto nº 03/98, IIE-SIQE medida 2.
- LEITE, L. (1999d). Promover a reflexão e argumentação em laboratórios computadorizados. *Boletim das Ciências*, 40, 115-125.
- LOCK, R. (1988). A history of practical work in school science and its assessment, 1860-1986. *School Science Review*, 70(250), 115-119.
- LOPES, J. (1994). *Resolução de problemas em Física e Química*. Lisboa: Texto Editora.
- LUNETTA, V. (1998). The school science laboratory: Historical perspectives and contexts for contemporary teaching. In Fraser, B. & Tobin, K. (Ed.). *International handbook of science education*. Dordrecht: Kluwer Academic publishers, 249-262.
- MILLAR, R. (1991). A means to an end: The role of processes in science education. In Woolnough, B. (Ed.). *Practical science*. Milton Keynes: Open University press, 44-52.
- MILLAR, R. (1998). Rhetoric and reality: What practical work in science is really for?. In Wellington, J. (Ed.). *Practical work in school science: Which way now?*. Londres: Routledge, 16-31.
- NETO, A. (1998). *Resolução de problemas em Física*. Lisboa: IIE.
- NOVAK, J. & GOWIN, B. (1988). *Aprendiendo a aprender*. Barcelona: Martínez Roca.

- PEDRINACI, E., SEQUEIROS, L. & GARCIA, E. (1992). El trabajo de campo y el aprendizaje de la Geología. *Alambique*, 2, 37-45.
- PEREIRA, M. & DUARTE, M. (1999). O manual escolar como facilitador da construção do conhecimento – O caso do tema "reações de oxidação-redução" do 9º ano de escolaridade. In Castro, R. et al. (Eds.). *Manuais escolares: Estatuto, funções, história*. Braga: Universidade do Minho, 357-374.
- PEREIRA, M. (1999). Ensino e aprendizagem do tópico "Reações de oxidação-redução". Um estudo de intervenção pedagógica com alunos do 9º ano de escolaridade. Dissertação de mestrado (não publicada). Universidade do Minho.
- SANTOS, M. (1991). *Mudança conceptual na sala de aula*. Lisboa: Livros Horizonte.
- SILVA, J. & LEITE, L. (1997). Actividades laboratoriais em manuais escolares: Proposta de critérios de análise. *Boletim das Ciências*, 32, 259-264.
- SILVA, J. (1996). O sistema de aquisição e tratamento de dados como um meio de promover a mudança conceptual dos alunos: Um estudo sobre "Fotossíntese" com alunos do 10º ano de escolaridade. Dissertação de mestrado (não publicada). Universidade do Minho.
- SOLOMON, J. (1980). *Teaching children in the laboratory*. Londres: Croom Helm.
- TAMIR, P. (1990). Evaluation of student laboratory work and its role in developing policy. In Heggarty-Hazel, E. (Ed.). *The student laboratory and the science curriculum*. Londres: Routledge, 242-266.
- TAMIR, P. (1991). Practical work in school science: An analysis of current practice. In Woolnough, B. (Ed.). *Practical science*. Milton Keynes: Open University Press, 13-20.
- VALADARES, J. (1997). O ensino experimental e o construtivismo. *Gazeta de Física*, 20(1), 30-32.
- VALENTE, M. (1997). O trabalho do laboratório. Limites e possibilidades. Uma perspectiva histórica. *Gazeta de Física*, 20(1), 33-34.
- VASCONCELOS, F. (1997). O ensino/aprendizagem de tópicos de electricidade (8ºano) numa perspectiva de mudança conceptual. Dissertação de mestrado (não publicada). Universidade do Minho.
- WELLINGTON, J. (1998). Practical work in science: Time for a reappraisal. In Wellington, J. (Ed.). *Practical work in school science: Which way now?*. Londres: Routledge.
- WELZEL, M. (1997). Student-centred instruction and learning processes in Physics. *Research in Science Education*, 27(3), 383-394.
- WOOLNOUGH, B. & ALLSOP, T. (1985). *Practical work in science*. Cambridge: Cambridge University Press.
- WOOLNOUGH, B. (1991). Setting the scene. In Woolnough, B. (Ed.). *Practical science*. Milton Keynes: Open University Press, 3-9.

LEITE, Laurinda (2001). Contributos para uma utilização mais fundamentada do trabalho laboratorial no ensino das ciências. *In* H. V. Caetano & M. G. Santos (Orgs.), *Cadernos Didáticos de Ciências – Volume 1*. Lisboa: Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário (DES), pp. 77-96.