

OS MANUAIS ESCOLARES DE CIÊNCIAS DA NATUREZA
E A INTER-RELAÇÃO DADOS-EVIDÊNCIAS-CONCLUSÕES
O CASO DE “A IMPORTÂNCIA DO AR PARA OS SERES VIVOS”

Laurinda Leite, [leite@ieg.uminho.pt]

Universidade do Minho, Portugal,

Alcina Figueiroa, Escola EB1 Quinta dos Castelos – V.N.Gaia, Portugal

ENSINO DAS CIÊNCIAS, MANUAIS ESCOLARES E ACTIVIDADES
LABORATORIAIS

As reformas educativas que, desde início da década de 90, têm sido levadas a cabo em Portugal têm vindo a colocar, embora de diferentes formas, uma ênfase crescente na utilização de actividades laboratoriais no ensino das ciências. O 2º ciclo (10-11 anos) não tem sido excepção, de tal modo que, tanto no programa de Ciências da Natureza como nas orientações curriculares como ainda nas competências essenciais para a área das Ciências Físicas e Naturais – 2º ciclo, se encontram não só argumentos a favor da utilização do laboratório no ensino desta disciplina mas também sugestões acerca dos objectivos com que e do modo como as actividades laboratoriais devem ser usadas nas aulas de ciências. De uma forma sintética, podemos resumir tais sugestões da seguinte forma: considera-se fundamental realizar actividade experimental que decorra de problemas que se pretendem investigar, que vise a compreensão das estruturas explicativas da ciência e dos procedimentos da investigação científica e reconhecendo-se que isto requer, entre outros, a análise, a interpretação e a avaliação de evidências recolhidas em contexto laboratorial.

Em Portugal, os professores têm sido obrigados a escolher, de entre os diversos manuais escolares existentes no mercado para cada ano de escolaridade, um manual a adoptar na sua escola por um período de três anos, o qual constitui o principal elemento de estudo dos alunos dessa escola, e é reconhecido como tal tanto pela Lei de Bases do Sistema Educativo português como por documentos reguladores do processo de selecção de manuais, emanados do Ministério da Educação. Esta função do manual escolar seria, só por si, suficiente para o tornar num factor importante do sucesso educativo. Contudo, a sua importância é aumentada pelo facto de o manual escolar ser

também um elemento de apoio da actividade didáctica dos professores (Stinner, 1992), sobrepondo-se, por vezes, ao próprio currículo (Chiappetta *et al.*, 1991; Yore, 1991), assumindo mesmo o papel de principal determinante das actividades realizadas nas aulas (D'all'Alba *et al.*, 1993; Tobin, Tippins & Gallard, 1994).

No que respeita às actividades laboratoriais, investigações centradas em manuais escolares portugueses mostram que eles dificilmente são concordantes com as orientações programáticas e com os resultados da investigação sobre utilização do laboratório no ensino das ciências, na medida em que incluem actividades fechadas (Duarte, 1999; Figueiroa, 2001), apresentadas com o objectivo de conduzir à descoberta (Figueiroa, 2001) ou à confirmação (Leite, 1999) de conhecimentos, e que, por vezes, lidam inadequadamente com a inter-relação dados-evidências-conclusões, obrigando o aluno a efectuar observações que ele não tem condições para observar e a tirar conclusões para as quais ele não dispõe de suporte empírico (Leite, 2002).

ACTIVIDADES LABORATORIAIS E INTER-RELAÇÃO DADOS-
EVIDÊNCIAS-CONCLUSÕES

Hodson tem afirmado repetidas vezes que a educação em ciências inclui três dimensões: aprender ciência, fazer ciência e aprender acerca da ciência. Este autor (Hodson, 1990) considera que as actividades laboratoriais podem dar uma contribuição particularmente importante para a consecução das duas primeiras dimensões. No entanto, o papel desempenhado pelas actividades laboratoriais nesses dois casos é bem diferente, devido à diferença que, segundo Ogborn *et al.* (1997), existe entre explicar algo (o que fazem, por exemplo, os cientistas) e explicar algo a alguém (o que fazem, por exemplo, os professores). De facto, no primeiro caso - aprender ciência - as actividades laboratoriais devem fornecer evidências que suportem as explicações construídas e aceites pelos cientistas para os fenómenos físicos e naturais e que façam sentir ao aluno a plausibilidade destas e a sua maior utilidade, quando comparadas com as explicações prévias perfilhadas pelo aluno. No segundo caso - fazer ciência - as actividades laboratoriais devem fornecer dados que, depois de analisados e interpretados, conduzam à explicação de algo que até então não se sabia explicar (Ogborn *et al.* 1997) e/ou permitam suportar ou refutar as teorias submetidas a teste (Gott & Duggan, 1996). Assim, tanto na ciência como no ensino das ciências, as

evidências são necessárias (Gott & Duggan, 1996), embora não suficientes (Millar, 1998), para o teste de teorias rivais.

Na escola, ensinamos ciências para que os alunos aprendam as explicações que os cientistas construíram previamente mas pretendemos também que os alunos vão ganhando algum *insight* acerca do modo como os cientistas fazem ciência. Para que esta tarefa seja bem sucedida, é necessário que os alunos percebam a relação entre os dados que constituem evidência de um determinado fenómeno e que sustentam uma explicação específica mas é também necessário que eles sejam capazes de gerar dados, de seleccionar os que constituem evidências de um certo fenómeno e de interpretar essas evidências. Este processo tem exigências complexas, uma vez que nem todos os dados fornecidos por uma actividade laboratorial constituem evidências de uma determinada conclusão (Ball, 1999), que a obtenção das evidências necessárias para a obtenção de uma certa conclusão requer não só um domínio prévio dos conceitos relevantes mas também a identificação e a caracterização das variáveis envolvidas na actividade (Millar & Driver, 1987; Phelan & Reynolds, 2001) e que as evidências recolhidas a partir de uma actividade concreta (mesmo que esta tenha um desenho laboratorial adequado aos objectivos a atingir) não são, só por si, suficientes para que se estabeleça uma conclusão (Millar, 1998). Saliente-se que a complexidade dessas exigências é ainda maior quando a realidade não está acessível aos nossos sentidos e, conseqüentemente, a observação não pode ser directa (Phelan & Reynolds, 2001), exigindo, por exemplo, o recurso a instrumentos de medida, a medição indirecta de grandezas ou a utilização de testes químicos, para obtenção das evidências necessárias.

O manual escolar de ciências, estando ao serviço do programa em vigor, deveria sugerir actividades laboratoriais capazes de veicular ao aluno o ponto de vista cientificamente aceite e adequadas para introduzir o estudante no processo de construção da ciência. Dito de outra forma, isto significa que o manual escolar deveria utilizar actividades laboratoriais que forneçam dados que constituam evidências das conclusões e explicações que se pretende que o aluno aprenda mas que deveria também colocar o aluno em situações de ter que decidir sobre os dados a recolher, que seleccionar de entre todos os dados recolhidos aqueles que constituem evidência do fenómeno/ideia em causa, e que usar os conhecimentos prévios, a criatividade e até mesmo o *insight* para explicar as evidências obtidas e, assim, tirar conclusões sobre o

fenómeno em questão ou avaliar a validade relativa de duas ou mais ideias.

OBJECTIVO

O objectivo deste trabalho é analisar o modo como os manuais escolares de Ciências da Natureza lidam com a inter-relação dados-evidências-conclusões. Devido às limitações impostas ao texto, a análise centra-se apenas numa unidade temática do 5º ano de escolaridade: "A importância do ar para os seres vivos".

METODOLOGIA

Para a consecução do objectivo deste estudo, analisaram-se em doze manuais de Ciências da Natureza do 5º ano de escolaridade, editados (1ª edição) ou reeditados em 2000 e disponíveis no mercado livreiro português, os protocolos das actividades laboratoriais presentes nesses manuais, que tinham como objectivo a promoção da aprendizagem de conhecimento conceptual, e que estavam incluídos na unidade temática: "Importância do ar para os seres vivos". A fim de obter informações que permitam verificar de que forma a inter-relação dados-evidências-conclusões é tratada nas propostas de actividades laboratoriais incluídas na unidade em questão, elaborou-se uma grelha de análise que inclui diferentes categorias para cada um dos seguintes aspectos, considerados nesta análise: relação dados-evidências e relação evidências-conclusões. Para a definição das categorias, teve-se em conta que:

- uma dada actividade pode fornecer um conjunto de dados igual ou superior às evidências necessárias para apoiar/refutar uma dada ideia;
- o conjunto de dados a recolher pode ou não ser intencionalmente delimitado;
- os dados são ou não acessíveis aos sentidos de quem realiza a actividade;
- podem ou não existir evidências que suportem as conclusões.

Assim, as categorias de análise definidas e utilizadas foram as seguintes:

i) Relação dados-evidências:

- A. Recolhem-se apenas os dados que constituem evidências das conclusões pretendidas;
- B. Recolhem-se alguns dados que são evidências das conclusões pretendidas mas que são insuficientes para concluir o que se pretende;
- C. Recolhem-se todos os dados que são evidências das conclusões desejadas e outros para além deles;
- D. Recolhem-se dados correspondentes a algumas das evidências das conclusões desejadas e outros para além deles;
- E. Recolhem-se dados que não constituem evidências das conclusões desejadas.

ii) Relação evidências-conclusões:

- F. Elaboram-se conclusões com base nas evidências necessárias e suficientes incluídas nos dados;
- G. Elaboram-se conclusões com base em evidências insuficientes incluídas nos dados;
- H. Elaboram-se conclusões sem que os dados incluam evidências para tal.

No caso da relação dados-evidências, desdobraram-se ainda as categorias relevantes, de modo a poder-se diferenciar a recolha de evidências directas e indirectas.

Efectuou-se uma análise qualitativa do conteúdo de cada uma das actividades, com vista à sua classificação nas categorias consideradas para o efeito. Depois, procedeu-se a uma análise quantitativa desses resultados, identificando-se a representatividade de cada categoria. Todas as actividades foram analisadas por uma das autoras e algumas delas foram separadamente analisadas pela outra autora, tendo-se depois comparado e discutido os resultados da análise. Para aumentar a fiabilidade dos resultados, a análise foi repetida 15 dias mais tarde, tendo sido resolvidas por consenso as poucas diferenças detectadas entre as duas análises.

APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O quadro 1 regista os resultados obtidos na análise efectuada aos protocolos das actividades laboratoriais, no que respeita à relação dados/evidências e à relação evidências/conclusões.

Quadro 1. Análise da inter-relação dados - evidências - conclusões nas actividades laboratoriais incluídas na unidade "Importância do ar para os seres vivos"

Aspectos	Categorias	Mantais escolares analisados													Total (n=63)	
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L	M	T	%	
Relação Dados/Evidências	recolhem-se	A. apenas os dados que contêm evidências directas	9	2	2	3	7	2	4	2	2	4	2	3	36	57
		B. alguns dados que são evidências mas insuficientes	2	1	2	2	1	-	-	2	-	-	2	2	14	24
		C. todos os dados que são evidências e outros dados	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		D. alguns dados que são evidências e outros dados	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		E. dados que não são evidências	1	2	1	1	1	-	1	2	-	-	1	1	12	19
Relação Evidências/Conclusões	elaboram-se	F. com base nas evidências necessárias e suficientes	8	3	4	5	8	2	4	4	2	2	8	5	51	81
		G. com base em evidências insuficientes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		H. sem evidências para tal	1	2	1	1	1	-	1	2	-	-	1	1	12	19

A análise efectuada aos protocolos das actividades laboratoriais no que respeita à relação dados/evidências permite constatar que as actividades analisadas foram incluídas apenas nas categoria A (embora divididas pelas duas sub-categorias) e E.

No primeiro caso (categoria A), os protocolos contêm instruções que os alunos

devem seguir e que os conduzem a uma recolha de dados centrada apenas nas evidências necessárias e suficientes para se elaborarem as conclusões desejadas (51 actividades). Na maior parte destes casos (36) as evidências são directas, ou seja são acessíveis aos sentidos dos alunos. Refiram-se, como exemplo, as actividades que têm como finalidade demonstrar que o oxigénio é um gás comburente. O aluno, sabendo que um dado tubo de ensaio contém oxigénio (preparou-o previamente), ao introduzir um palito em brasa na boca do tubo, tem oportunidade de assistir directamente ao que acontece (avivar da chama), facto que constitui uma evidência de que o oxigénio é um gás comburente (conclusão pretendida). Nos restantes 15 casos, os alunos têm que recorrer a observações indirectas para obterem as evidências necessárias. A título de exemplo, podem mencionar-se as actividades que têm como objectivo verificar que o vapor de água é um gás constituinte do ar. Nestas actividades, o aluno pode observar a formação, numa superfície arrefecida, de gotas de uma substância incolor. Embora o aluno possa ser levado a associar, por exclusão de partes, a origem dessas gotas ao ar, ele não pode observar qual é a substância que as constitui. Para identificar esta, o aluno tem que usar um teste químico - teste do sulfato de cobre anidro - que lhe indicará (por mudança de cor) que a substância constituinte das gotas é água. Assim, o aluno não obtém as evidências necessárias para suportar a ideia de que "o ar contém água", observando directamente o ar e/ou as gotas formadas. As evidências surgem apenas quando o aluno utiliza e interpreta o resultado do teste químico adequado, cujo funcionamento precisa conhecer antecipadamente.

No segundo caso (categoria E), os protocolos dão indicações ao aluno para que recolha determinados dados ou para que efectue e registre todas as observações (e, portanto, recolha todos os dados possíveis, não limitando assim o conjunto de dados a recolher) mas o desenho laboratorial não permite que ele recolha os dados que efectivamente constituiriam evidência das conclusões desejadas. A maioria das 12 actividades incluídas nesta categoria correspondem a actividades cujo objectivo é demonstrar que o oxigénio é um dos constituintes do ar. Nestas actividades, o procedimento laboratorial utilizado centra-se na combustão de uma vela dentro de uma campânula fechada e invertida sobre uma tina com água (fig. 1). O aluno não possui nenhuma evidência que lhe permita concluir que um dos gases que está no recipiente é o oxigénio, quais são os outros gases ou qual é a concentração de cada um deles. Para

obter evidências de que existe oxigénio no ar e de que a combustão da vela provoca a sua diminuição, a montagem laboratorial teria que incluir um sensor de oxigénio que permitisse medir a variação da concentração deste gás (fig.2).

Quanto à relação evidências/conclusões e conforme seria de esperar, os dados obtidos revelam-se concordantes com os obtidos na análise da relação anterior, ocorrendo duas situações na elaboração das conclusões das actividades: i) as conclusões são suportadas pelas evidências necessárias e suficientes que os dados fornecem (categoria F), conclusões estas que dizem respeito às 51 actividades cujas orientações para recolha de dados contemplavam as evidências necessárias e suficientes; ii) as conclusões são elaboradas sem se possuírem evidências para tal (categoria H), acontecendo isto nas 12 actividades em que foi efectuada uma recolha de dados que não contempla aqueles que constituiriam evidências das conclusões a elaborar.



Fig. 1 - Protocolo extraído de um dos manuais escolares



Fig. 2 - Montagem para medição da variação de oxigénio durante a combustão de uma vela

CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES

Os resultados deste estudo mostram que, apesar de a maioria das actividades analisadas sugerir e permitir a recolha dos dados que constituem evidência das conclusões que se pretendem retirar, há ainda uma percentagem considerável em que isso não acontece e que, portanto, não lida adequadamente com a inter-relação dados evidências-conclusões. Este problema é especialmente frequente em actividades cujas conclusões requerem o suporte de evidências recolhidas de forma indirecta, devido ao

facto de se lidar com entidades não visíveis a olho nu e de os protocolos ignorarem este aspecto, não prevendo formas alternativas de recolha dos dados necessários. Se esta falha não se verificasse, a não delimitação dos dados a recolher poderia ser positiva pois poderia contribuir para a consecução da recomendação programática relativa ao trabalho com evidências.

Os resultados deste estudo, não sendo inesperados, complementam os dados já disponíveis sobre este assunto (Leite, 2002), dando-nos informação (quantitativa) sobre a dimensão do problema na unidade didáctica considerada. Por outro lado, enfatizam a necessidade de os autores de manuais escolares reflectirem sobre as actividades laboratoriais que incluem nos seus manuais mas também de os professores adoptarem uma atitude crítica e reflexiva face ao manual escolar, uma vez que, apesar de ele ser um importante recurso didáctico, não é (nem nunca será) uma obra perfeita e tem que ser usado criticamente por todos os seus utilizadores, de modo a que as suas imperfeições não constituam obstáculos à aprendizagem da ciência.

REFERÊNCIAS

- BALL, J. (1999). *Evidence, theory and student voice: Interactional relationships in cooperative and traditional Chemistry lab structures*. Comunicação apresentada no encontro anual da NARST, Boston.
- CHIAPPETTA, E., FILLMAN, D. & SETHNA, G. (1991). A method to quantify major themes of scientific literacy in science textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol.28, nº 8, pp.713-725.
- DALL'ALBA, G. et al. (1993). Textbook treatments and students' understanding of acceleration. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol.30, nº 7, pp.621-635.
- DUARTE, M. (1999). O Trabalho laboratorial em manuais escolares de Química portugueses do 8º e 9º anos de escolaridade. In Moreira, M. & Ostermann, F. (Org.). *Actas do II Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. São Paulo.
- FIGUEIROA, A. (2001). *Actividades laboratoriais e educação em ciências: Um estudo com manuais escolares do 5º ano de escolaridade e respectivos autores*. Dissertação de mestrado (não publicada), Universidade do Minho.
- GOTT, R. & DUGGAN, B. (1996). Practical work: Its role in the understanding of

evidence in science. *International Journal of Science Education*, Vol.18, nº 7, pp.791-806.

HODSON, D. (1990). A critical look at practical work in school science. *School Science Review*, Vol.70, nº 256, pp.33-40.

LEITE, L. (1999). 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, pp. 255-266.

LEITE, L. (2002). A inter-relação dados-evidências-conclusões: Um estudo com actividades laboratoriais incluídas em manuais escolares. In *Actas do II Congreso Internacional "Didáctica de las Ciencias"* (CD-rom), Havana.

MILLAR, R. & DRIVER, R. (1987). Beyond processes. *Studies in Science Education*, nº 14, pp.33-62.

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, pp.16-31.

PHELAN, P. & REYNOLDS, P. (2001). *Argument and evidence: Critical analysis for the social sciences*. Londres. Routledge.

Ogborn, J. et al. (1997). *Explaining science in the classroom*. Buckingham: Open University Press.

STINNER, A. (1992). Science textbooks and science teaching: From logic to evidence. *Science Education*, Vol. 76, pp.1-16.

TOBIN, K., TIPPINS, D. & GALLARD, A. (1994). Research on instructional strategies for teaching science. In Gabel, D. (Ed.). *Handbook of research on science teaching and learning*. Nova Iorque. Macmillan, pp. 45-93.

YORE, L. (1991). Secondary science teachers' attitudes towards and beliefs about science reading and science textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 28, nº 1, pp. 55-72.

LEITE, Laurinda (2002). Os manuais escolares de Ciências da Natureza e a inter-relação dados-evidências-conclusões: O caso de “A importância do ar para os seres vivos”. *In Actas dos XX Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*. La Laguna: Relación Secundaria Universidad, pp. 426-434.