

Boletín das Ciencias

Ano XV. Número 51, Novembro 2002

Edita: **ENCIGA** (Ensinantes de Ciencias de Galicia)

Domicilio Postal:

ENCIGA

Apartado 103

Santiago de Compostela

e-mail: enciga@teletel.es

Imprime: Gráficas Anduriña

ISSN: 0214-7807

Depósito Legal: LU 537/89

Deseño cartel: Mauricio Jiménez Sáez

Deseño e Maquetación: Salomé Pastrana Vázquez

FÍSICA E QUÍMICA

AS ACTIVIDADES LABORATORIAIS E O DESENVOLVIMENTO CONCEPTUAL E METODOLÓGICO DOS ALUNOS

LETE, Laurinda

Universidade do Minho - BRAGA, PORTUGAL

INTRODUÇÃO

As crianças começam desde muito cedo a tentar compreender o mundo que as rodeia e, em consequência, constróem ideias e modelos para os fenómenos com que contactam. Essas ideias e modelos são construídos com base na aplicação de regras de inferência causal a observações casuais, em número reduzido e/ou parciais dos fenómenos, e no estabelecimento de analogias baseadas na percepção (Pozo & Gomez, 1998). A principal consequência de uma metodologia de construção de conhecimento com estas características, que Gil e Carrascosa (1985) apelidaram de metodologia da superficialidade, são conhecimentos dependentes do contexto em que são construídos (Hennessy, 1993), que têm um campo de validade limitado (Vecchi & Giordan, 1990) e cujo conteúdo difere do aceite pela comunidade científica, mas que, no entanto, satisfaz as necessidades explicativas da criança (Driver *et al.*, 1985).

O ensino formal das ciências envolve fenómenos com os quais os alunos já estão familiarizados do seu quotidiano, mas cuja compreensão tem, no contexto formal da sala de aula, exigências de aprendizagem diferentes das que apresenta no contexto do dia a dia (Leach & Scott, 2000). Assim, a aprendizagem formal das ciências requer contextos de aprendizagem, devidamente seleccionados e controlados, que promovam o desenvolvimento das ideias que os alunos já possuem mas que, simultaneamente, os levem a

aperfeiçoar as suas metodologias de construção de conhecimento, a fim de que, no quotidiano, passem a usar metodologias de abordagem dos fenómenos que sejam mais potentes e lhes permitam construir conhecimentos cada vez mais próximos dos cientificamente aceites. Nas aulas de ciências não será, portanto, suficiente ensinar ciências (ou seja, conceitos, princípios e leis) mas será também necessário ensinar o aluno a fazer ciência (ou seja, os processos, os métodos e as atitudes adoptados pelos cientistas).

É comum pensar que as actividades laboratoriais, e de modo especial as investigações, constituem contextos privilegiados para a consecução destes objectivos. Neste trabalho iremos analisar os diferentes tipos de actividades laboratoriais, no que respeita à sua capacidade para promoverem a aprendizagem daqueles dois tipos de conhecimento.

OS CONCEITOS DE ACTIVIDADE LABORATORIAL, ACTIVIDADE EXPERIMENTAL E INVESTIGAÇÃO

Actividade prática, actividade laboratorial, actividade experimental e investigação são termos que têm sido usados com o mesmo significado por alguns intervenientes na educação em ciências, nomeadamente por professores e manuais escolares. Embora todos aqueles termos tenham a ver com trabalho prático (TP), correspondem, de facto, a conceitos diferentes. Assim, por actividade prática entende-se qualquer actividade em que o aluno está activamente envolvido (Hodson, 1988). As actividades laboratoriais (L), um dos tipos mais frequentes de actividades práticas, são actividades que envolvem a utilização de material de laboratório, para reproduzir um facto ou fenómeno ou analisar uma parte do mundo natural a estudar, mas cuja execução pode decorrer num laboratório ou numa sala de aula normal, desde que não seja posta em causa a segurança de quem a executa ou vê executar (Leite, 2001).

Como se mostra na figura 1 (traduzida de Leite, 2002), as actividades laboratoriais (L), que constituem o trabalho laboratorial (TL), são diferentes das investigações (I). Estas podem ser concretizadas à custa de equipamentos de laboratório (IL), do campo (IC) ou de outros recursos (ex.: computador, biblioteca, etc.) e podem ser de tipo experimental (E) ou não experimental (nE). De realçar que, para a literatura especializada nesta temática da educação em ciências, uma investigação é uma actividade de resolução de problemas (Woolnough & Allsop, 1985; Gott & Duggan, 1995) enquanto que as actividades experimentais (E) são actividades em que ocorre o controlo e a manipulação de variáveis (Hodson, 1988). Este controlo e manipulação de variáveis pode ocorrer num contexto laboratorial ou de campo mas pode também acontecer, por exemplo, num ambiente multimédia. Assim sendo,

apenas uma parte das actividades laboratoriais serão de tipo experimental (LE) e apenas algumas destas serão investigações experimentais (ILE).

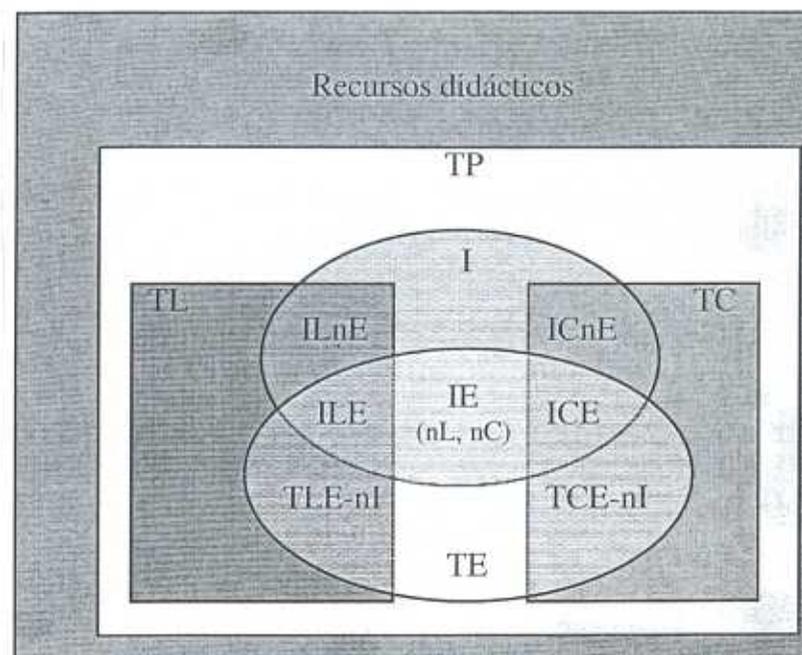


Fig. 1: relação entre os diversos tipos de investigações e os outros tipos de actividades práticas

A distinção entre os conceitos de investigação, actividade experimental e actividade laboratorial é pertinente na medida em que ela contribuirá para uma utilização mais consciente e produtiva das actividades laboratoriais na educação em ciências, com vista à promoção da mudança conceptual e metodológica dos alunos. Essa distinção é também necessária se estiver em causa o ensino da metodologia científica. De facto, actualmente a investigação científica não é mais conceptualizada como dependente de um método científico e baseada numa experimentação de índole indutivista, centrada na utilização do laboratório ou do campo. Pelo contrário, passou a ser encarada como uma actividade de resolução de problemas (Gott & Duggan, 1995), através da qual se procura responder a uma dada questão ou encontrar uma solução para um problema relacionado com o mundo natural, podendo, para isso, usar-se uma grande variedade de recursos e uma diversidade de metodologias, técnicas, valores, tipos de raciocínio, etc. (Hodson, 1998; McComas, 1998; Finley & Poccovi, 2000). As actividades laboratoriais, devido

nomeadamente à subjectividade da observação e à sua dependência da teoria (Chalmers, 1985; McComas, 1998), não são mais suficientes para confirmar ou rejeitar um hipótese (Chalmers, 1985) e muitos cientistas propõem mesmo novos conhecimentos sem sequer as usarem (McComas, 1998). Quando investigam, recorrendo a actividades laboratoriais, os cientistas usam não só conhecimentos conceptuais mas também conhecimentos procedimentais, conhecimentos de estratégias de resolução de problemas e até mesmo conhecimento tácito ou implícito (Masters & Nott, 1998). As actividades laboratoriais são úteis para fornecer suporte empírico para as novas ideias propostas mas não são necessariamente o ponto de partida para a investigação nem são decisivas na aceitação ou rejeição das explicações e modelos propostos pelos cientistas. Estas ideias têm que estar presentes quando, num contexto de educação em ciências, se decide usar actividades laboratoriais para ensinar aos alunos os conceitos e os métodos e processos das ciências.

AS ACTIVIDADES LABORATORIAIS E OS CONHECIMENTOS CONCEPTUAIS E PROCEDIMENTAIS

Tendo em conta os tipos de conhecimento (especialmente conceptuais e procedimentais) que permitem desenvolver, o modo como se integram na sequência de ensino (antes ou após a introdução do conhecimento conceptual relevante) e o modo como são estruturadas (ou seja as questões que colocam e as orientações que fornecem aos alunos), as actividades laboratoriais podem agrupar-se em seis tipos, cada um dos quais permitindo alcançar diferentes objectivos e desenvolver nos alunos diversas competências, nomeadamente relacionadas com *skills* e técnicas laboratoriais, conhecimento conceptual e metodologia científica (Leite, 2001). Assim:

- *Exercícios*: são actividades laboratoriais que visam o desenvolvimento de *skills* (ex.: observação, medição, manipulação, etc.) e permitem a aprendizagem de técnicas laboratoriais. Embora alguns *skills* e as técnicas tenham um suporte conceptual, ele não é imprescindível para um adequado domínio dos mesmos. A aprendizagem de *skills* e técnicas laboratoriais requer uma descrição pormenorizada do procedimento e, os mais complexos, podem exigir uma demonstração do mesmo. Para além disso, o treino é fundamental para que um bom domínio seja alcançado;
- *Actividades para aquisição de sensibilidade acerca dos fenómenos*: são actividades baseadas nos sentidos, que dão ao aluno a oportunidade de cheirar (ex.: amoníaco ou argila), sentir (ex.: IN), ouvir (ex.: um

som agudo), etc. Elas não introduzem só por si um conceito novo mas ajudam a ter uma noção do conceito ou princípio em estudo;

- *Actividades ilustrativas*: permitem obter uma confirmação de que o conhecimento previamente apresentado é verdadeiro. Baseiam-se na execução de um protocolo de tipo receita, estruturado de modo a conduzir a um resultado previamente conhecido dos alunos;
- *Actividades orientadas para a determinação do que acontece*: levam os alunos a construir conhecimentos novos, através da implementação de uma actividade pormenorizadamente descrita. A actividade é estruturada de tal modo que conduz os alunos à obtenção do resultado que se pretende (e que eles desconheciam à partida). Os conhecimentos conceptuais são, assim, introduzidos somente após a realização da actividade mas sem que haja, de facto, um processo de descoberta nem de resolução de problemas, devido à elevada estruturação deste tipo de actividades e dos protocolos que apoiam a sua realização;
- *Prevê-Observa-Explica-Reflecte*: promovem a reconstrução de conhecimentos dos alunos, começando por confrontá-los com uma questão que permite eliciar as suas ideias prévias e torná-los conscientes das mesmas, para depois criar condições para que essas ideias sejam confrontadas com dados empíricos, que permitam apoiá-las (caso sejam correctas) ou enfraquecê-las (caso sejam erradas); O procedimento laboratorial necessário para obter os dados exigidos pode ser fornecido ao aluno ou ter que ser imaginado por ele. No primeiro caso (*Prevê-Observa-Explica-Reflecte, com procedimento apresentado*), existe um protocolo cuja implementação permitirá obter os dados necessários. No segundo caso (*Prevê-Observa-Explica-Reflecte, sem procedimento apresentado*), o aluno é colocado numa situação de ter que encontrar uma estratégia para resolver um problema que, no fim de contas, consiste em saber se a ideia que ele avançou em resposta à questão inicial é consistente com o que se passa na realidade. Enquanto que o primeiro se centra apenas em aspectos conceptuais, o segundo ocupa-se também de aspectos metodológicos ou procedimentais,
- *Investigações*: conduzem à construção de novos conhecimentos conceptuais, à custa de um processo de resolução de problemas. Os alunos têm que encontrar uma estratégia para resolver o problema, que a por em prática e ainda que a avaliar e reformular, caso necessário. Assim, uma investigação não é apoiada por um protocolo; este tem

que ser elaborado pelos alunos. Desta forma, para além de construírem conhecimentos conceptuais novos, eles desenvolvem competências de resolução de problemas e vão adquirindo alguma compreensão sobre os processos da ciência e sobre a natureza desta.

AS ACTIVIDADES LABORATORIAIS E O DESENVOLVIMENTO CONCEPTUAL E METODOLÓGICO DOS ALUNOS

O desenvolvimento conceptual dos alunos, especialmente nos casos em que possuem ideias cientificamente não aceites acerca dos assuntos que vão estudar na escola requer a consciencialização dos alunos acerca dessas ideias, o seu confronto com dados discrepantes e a reestruturação das mesmas (Driver & Oldham, 1986). A caracterização dos diversos tipos de actividades laboratoriais efectuada na secção anterior permite constatar que as actividades laboratoriais que satisfazem este requisito são as actividades do tipo *Prevê-Observa-Explica-Reflecte*. Os restantes tipos de actividades, apesar de, com excepção dos exercícios, lidarem com conhecimento conceptual, não permitem o confronto intencional das ideias dos alunos com os dados empíricos, pelo que, embora seja possível que ele ocorra, não será provável que ocorra em todos os jovens e em todas as ocasiões.

Contudo, convém realçar que provocar o confronto dos jovens com dados discrepantes, que os façam sentir insatisfeitos com as suas ideias e explicações, é uma tarefa relativamente fácil (desde que esteja em causa um facto ou fenómeno reproduzível no laboratório). Tarefa muito mais complexa é conseguir que os alunos alcancem a explicação cientificamente aceite (que desconheciam à partida), a entendam e a passem a considerar mais útil. Esta dificuldade deve-se ao facto de as explicações científicas não emergirem directamente dos dados recolhidos, requererem uma selecção dos dados que constituem evidências do facto ou fenómeno em estudo e incluírem entidades construídas (ou inventadas) e conceitos abstractos, que as tornam mais gerais e poderosas (Ogborn *et al.*, 1996). Este aspecto é válido para qualquer tipo de actividade laboratorial, pois a interpretação de dados é fundamental para que qualquer um dos tipos de actividades laboratoriais identificados como contribuindo para a aprendizagem de conhecimento conceptual atinja o seu principal objectivo. A interpretação dos dados será mais fácil quando o aluno conhece com antecedência a conclusão da actividade, como acontece nas actividades de tipo *Ilustrativo*. Neste caso, o que ele tem que fazer é analisar a consistência das evidências recolhidas (segundo o protocolo) com a ideia que está a ser confirmada. Nos outros casos, o aluno poderá tentar interpretar os dados mas, se ele for deixado sozinho com esta tarefa, não haverá garantia de

que ele o faça do mesmo modo que os cientistas fizeram um dia. Nas actividades em que o aluno não conhece à partida o resultado desejado e não tem um protocolo para seguir, surge uma outra dificuldade relacionada com a recolha e selecção dos dados que constituem evidências: Como é que o aluno pode decidir que dados precisa recolher e que dados são evidências, se ele não sabe onde se pretende chegar? Este aspecto é ainda mais complexo quando as evidências são indirectas, não acessíveis aos sentidos, e é preciso usar um aparelho de medida para medir algo que, por exemplo, não se vê. Não parece, portanto, possível esperar que os alunos abandonem as suas ideias e/ou construam sozinho as "novas" explicações, que o professor e os cientistas já conheciam, pois isso exigiria que eles dominassem as estratégias usadas pelos especialistas para tal fim e dispusessem dos necessários conhecimentos conceptuais.

No que respeita ao desenvolvimento metodológico, embora a execução, pelo aluno, de qualquer tipo de actividade vá dando alguma contribuição para a sua consecução (nomeadamente no que respeita à execução de técnicas laboratoriais, à utilização de aparelhos de medida, etc.), os aspectos fundamentais da metodologia científica, que num laboratório de investigação não podem ser remetidos para um técnico (ex.: planificação de actividades, identificação e controlo de variáveis relevantes, identificação de formas de recolha, tratamento e análise de dados), só poderão ser desenvolvidos no contexto de actividades que não forneçam ao aluno um protocolo tipo receita para ele seguir. Por outras palavras, só poderão ser desenvolvidas no contexto de actividades de tipo *Prevê-Observa-Explica-Reflecte*, sem procedimento incluído, ou *Investigações*. No entanto, dado que as primeiras têm como ponto de partida questões de amplitude muito reduzida (pois são desenhadas para promover a mudança ou evolução de uma dada ideia do aluno), elas não colocam ao aluno desafios conceptuais e procedimentais tão grandes como as *investigações*. Estas últimas exigem que o aluno seleccione e/ou re-interprete um problema, o aceite como seu, seleccione uma estratégia de resolução de entre as que lhe parecem possíveis, planifique uma estratégia de resolução, implemente essa estratégia e avalie os seus resultados, reformule a estratégia ou escolha outra, e obtenha uma solução que previamente não conhecia. O mais elevado grau de abertura das *investigações* exige que o aluno decida o que fazer e compreenda o que está a fazer (Watson & Wood-Robinson, 1998). É esse pensamento subjacente à acção que promove o desenvolvimento de conhecimentos procedimentais (Gott & Duggan, 1995). No entanto autores como Hodson (1998) defende que a metodologia científica só será adequadamente aprendida através do contacto directo com o modo como os cientistas trabalham e da experiência de investigação, uma vez que, para além

de conhecimentos conceptuais e procedimentais, os cientistas usam conhecimento tácito que não é consciente e não pode, portanto, ser ensinado.

O facto de as investigações serem actividades de resolução de problemas, coloca uma dificuldade relativamente aos conhecimentos conceptuais: o aluno vai obter uma solução que depende das estratégias usadas, o que significa que uma actividade de resolução de problemas não pode ser usada para alcançar uma solução predeterminada (Woolnough & Allsop, 1985). Assim, se por um lado as investigações são as actividades laboratoriais mais adequadas para o desenvolvimento integrado de conhecimentos procedimentais e conceptuais, por outro lado elas não são as actividades mais adequadas para ensinar (todos) os conceitos previstos num programa de ciências nem para promover a evolução das ideias prévias, cientificamente não aceites, dos alunos. Aliás, quando estas existem, elas podem mesmo funcionar como obstáculos ao desenvolvimento da investigação, pois elas vão influenciar as decisões tomadas pelos alunos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os diferentes tipos de actividades laboratoriais têm diferentes potencialidades, no que respeita à promoção do desenvolvimento conceptual e metodológico dos alunos. Ainda que o objectivo principal de uma dada actividade laboratorial possa ter a ver com a aprendizagem/desenvolvimento de conhecimento conceptual, e que o aluno disponha de um protocolo contendo uma descrição pormenorizada da actividade, alguns conhecimentos procedimentais são necessários para que o aluno seja capaz de seleccionar os dados relevantes ou de compreender a selecção dos dados que é feita e de interpretá-los. As investigações, embora morosas, são o tipo de actividades laboratoriais capazes, não só de desenvolver, de modo integrado, os dois tipos de conhecimento, mas também de desenvolver os conhecimentos metodológicos necessários ao desenvolvimento e aplicação dos conhecimentos conceptuais dos alunos. Especialmente importantes são os conhecimentos relacionados com a recolha, tratamento e interpretação de dados, casos em que o professor deverá ter um papel fundamental, permitindo aos alunos o contacto com as explicações propostas pelos cientistas a fim de que estes analisem a sua compatibilidade com os dados recolhidos.

Embora as exigências de tempo que as Investigações colocam e a sua natureza problemática faça com que elas não possam ser sistematicamente utilizadas para ensinar o currículo previsto, todos os alunos deveriam realizar algumas investigações, não tanto para desenvolverem conhecimentos conceptuais mas, acima de tudo, para desenvolverem os seus conhecimentos

metodológicos e adquirirão uma noção adequada sobre a natureza do conhecimento científico e dos processos da ciência. Conseguir isto requer que o aluno deixe de ser considerado como uma espécie de técnico e passe a ser tratado como um cientista, e que seja incentivado a trabalhar com ideias, mesmo quando está a trabalhar com equipamentos.

REFERÊNCIAS

- Chalmers, A. (1985). *What is this thing called science*. Milton Keynes: Open University Press.
- Driver, R. & Odham, E. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*, 5, 61-84.
- Driver, R. et al. (1985). *Children's ideas in science*. Milton Keynes: Open University Press.
- Finley, F. & Pócoví, M. (2000). Considering the scientific method of inquiry. In Minstrell, J. & van Zee E. (Ed.). *Inquiring into inquiry learning and teaching in science*. Washington: American Association for Advancement of Science, 47-62.
- Gil-Pérez, D. & Carrascosa-Allis, J. (1985). Science learning as a conceptual and methodological change. *International Journal of Science Education*, 7(3), 231-236.
- Gott, R. & Duggan, S. (1995). *Investigative work in the science curriculum*. Buckingham: Open University.
- Hennessy, S. (1993). Situated cognition and cognitive apprenticeship. *Studies in Science Education*, 23, 1-41.
- Hodson, D. (1988). Experiments in science teaching. *Educational Philosophy and Theory*, 20(2), 53-66.
- Hodson, D. (1998). Is this really what scientists do? Seeking a more authentic science in and beyond the school laboratory. In Wellington, J. (Ed.). *Practical work in school science: Which way now?*. London: Routledge, 93-108.
- Leach, J., & Scott, P. (2000). Children's thinking, learning, teaching and constructivism. In Monk, M. & Osborne, J. (Eds). *Good practice in science teaching: What research has to say*. Buckingham: Open University press, 41-56.
- Leite, L. (2001). Contributos para uma utilização mais fundamentada do trabalho laboratorial no ensino das ciências. In Caetano, H. & Santos, M. (Org.). *Cadernos Didácticos de Ciências*. Lisboa: DES, 79-97.

- Leite, L. (2002). *Students' learning from laboratory investigations, What and how to evaluate?* Comunicação apresentada na 27ª Conferência da ATEE, Varsóvia, 24-28 de Agosto.
- Masters, R. & Nott, M. (1998). Implicit knowledge and science practical work in schools. In Wellington, J. (Ed.). *Practical work in school science: Which way now?*. Londres: Routledge, 206-219.
- McComas, W. (1998). The principal elements of the nature of science: Dispelling the myths. In McComas, W. (Ed.). *The nature of science in science education. Rationals and strategies*. Dordrecht: Kluwer, 53-70.
- Ogborn, J. et al. (1997). *Explaining science in the classroom*. Buckingham: Open University Press.
- Pozo, J. & Gomes, M. (1998). *Aprender y enseñar ciencias*. Madrid: Ediciones Morata.
- Vecchi, G. & Giordan, A. (1990). *L'enseignement scientifique: Comment faire pour que "ça marche"?*. Nice: Z' éditions.
- Watson, R. & Wood-Robinson, V. (1998). Learning to investigate. In Ratcliffe, M. (Ed.). *ASE guide to secondary science*. Cheltenham: Stanley Thorne, 84-91.
- Woolnough, B. & Allsop, T. (1985). *Practical work in science*. Cambridge: Cambridge University Press.

LEITE, Laurinda (2002). As actividades laboratoriais e o desenvolvemento conceptual e metodol3gico dos alunos. *In* Actas do XV Congreso de ENCIGA. Santiago de Compostela: Bolet3n das Ciencias, pp. 83-92.