

EXPERIMENTOS NA CIÊNCIA E NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Derek Hodson

FRAGMENTO

Texto publicado em: **Educational Philosophy and Theory**, 20, 53 - 66, 1988.

Tradução para estudo de Paulo A. Porto.

O ensino de ciências deve ocorrer no laboratório; sobre isto, pelo menos, não há controvérsias... O professor e o aluno estão de acordo... em crer que o experimento é a ferramenta correta. (Joan Solomon 1980).

Poucos professores ou elaboradores de currículo parecem questionar a crença de que os cursos de ciências deveriam conter uma quantidade significativa de trabalho no laboratório. O pressuposto quase universal dos educadores em ciências em níveis médio e superior é que o enorme investimento de tempo e energia, e o custo de se providenciar espaço de laboratório especializado, equipamentos e materiais de consumo, são justificados. Enquanto as origens de tais crenças remontam ao trabalho de H. E. Armstrong, ou até anteriores (Layton 1973), o interesse contemporâneo no trabalho prático começou com a “revolução” do currículo de ciências na década de 1960 e no começo da de 1970. O papel central atribuído ao trabalho prático durante esse período foi tal que a NSTA (1970) pôde declarar que “o tempo em que os professores precisavam fazer a defesa dos laboratórios nas escolas, seguramente, já passou”. É preciso admitir, no entanto, que a defesa do oferecimento extensivo de trabalho em laboratório era feito mais na base de “sentimentos profissionais” fortes sobre seu valor do que com base em pesquisas empíricas acerca de sua efetividade. Se é que se pode afirmar algo a respeito, evidências de pesquisas sugerem que o trabalho prático é amplamente improdutivo (Hodson 1985, Hofstein e Lunetta 1982, Shulman e Tamir 1973).

É interessante especular por que o trabalho prático adquiriu um *status* tão elevado na mitologia da profissão do ensino de ciências. Talvez porque os experimentos sejam tão largamente utilizados na ciência que os professores de ciências fiquem condicionados a considerá-los como parte necessária e integral do *ensino* de ciências. Com pouco ou nenhum escrutínio crítico, dois pressupostos são aceitos:

- * O papel dos experimentos na ciência e no ensino de ciências é idêntico;
- * O papel dos experimentos não é problemático.

Como consequência direta desses pressupostos, muitos procedimentos do currículo contemporâneo de ciências, especialmente aqueles que envolvem trabalho prático, são mal concebidos, confusos e de pouco valor educacional (Hodson 1987). Este artigo não sugere a exclusão do trabalho prático do currículo, mas uma reforma radical na prática atual, baseada em uma reavaliação crítica dos papéis do trabalho prático, do trabalho em laboratório, e dos experimentos no ensino de ciências.

Até aqui, esses três termos têm sido usados, de certo modo, indiscriminadamente – um engano deliberado para ilustrar a confusão que emerge no debate do currículo de ciências por causa do fracasso em se reconhecer que nem todo trabalho prático é exercido

no laboratório, e que nem todo trabalho de laboratório inclui experimentos. Qualquer método didático que requeira que o aprendiz seja ativo, mais do que passivo, está de acordo com a crença de que os alunos aprendem melhor pela experiência direta. Nesse sentido, o trabalho prático nem sempre precisa incluir atividades de laboratório. Alternativas legítimas incluiriam a CAL (aprendizagem auxiliada por computador), demonstrações feitas pelo professor, ou vídeos/filmes apoiados por atividades de registro de dados, estudos de casos, representações de papéis, tarefas escritas, confecção de modelos, pôsteres e álbuns de recortes, e trabalhos de vários tipos em biblioteca. Em outras palavras, a interpretação mais ampla do trabalho prático como *atividades de aprendizagem de ciências* deveria substituir a interpretação mais restrita de trabalho manual na bancada do laboratório (Reid e Hodson 1987).

Assim como é importante reconhecer que o trabalho na bancada do laboratório é um subconjunto da categoria mais ampla de trabalho prático, também é importante reconhecer que “fazer experimentos” é um subconjunto do trabalho na bancada do laboratório. Há outros tipos de trabalho na bancada que não são experimentos no sentido em que os cientistas empregam o termo. O trabalho de laboratório pode ser conduzido visando vários objetivos e em estilos variados. Por exemplo: para demonstrar um fenômeno, ilustrar um princípio teórico, coletar dados, testar uma hipótese, desenvolver habilidades básicas de observação ou medida, adquirir familiaridade com aparatos, propiciar um “espetáculo de luzes, estrondos e espumas”. Alguns desses são “experimentos”, no sentido em que os cientistas concebem o experimento; alguns não são. Ao elaborarem um currículo de ciências que seja tanto filosoficamente válido quanto pedagogicamente adequado, os professores precisam tomar conhecimento dessas várias distinções e relacioná-las às distinções cruciais entre *aprender ciência*, *aprender sobre a ciência*, e *fazer ciência* (Hodson 1989). Cada um destes objetivos distintos pode requerer um diferente perfil de atividades didáticas.



Figura 1 - Relação entre experimentos, trabalho de laboratório e trabalho prático.

Há duas questões principais acerca do papel dos experimentos no currículo. Primeiro, o que os alunos precisam saber sobre a natureza e o objetivo dos experimentos como uma contribuição a seu aprendizado sobre ciências e como uma preparação para fazer ciência? Em outras palavras, qual é o papel dos experimentos como um conteúdo do currículo? Segundo, qual é o papel dos experimentos como um método de ensino? Esta questão enfoca as maneiras através das quais os professores poderiam usar os experimentos para promover a aprendizagem de conceitos, para promover um entendimento mais profundo da natureza do próprio experimento (aprender sobre os experimentos fazendo experimentos!) e para dar às crianças uma prática no uso deles como parte de suas próprias investigações científicas. Ao lado dessas considerações, existem questões sobre modos alternativos, e possivelmente mais apropriados, de aprender ciência, aprender sobre a ciência, e fazer ciência.

(...)

Experimentos no Ensino de Ciências

A figura 1 serve para nos lembrar de que nem todo trabalho prático na ciência escolar é trabalho de laboratório, e que nem todo trabalho de laboratório pode ser classificado como experimento. A questão que deve surgir neste ponto é se algum trabalho de laboratório na escola pode ser classificado como “experimento”, nos sentidos discutidos na seção anterior.

Desde a revolução curricular da década de 1960 e do início dos anos 1970, os professores admitiram que os estudantes conduzem os experimentos, observam, fazem interferências e resolvem problemas da mesma forma que os cientistas, e pelos mesmos motivos. Esta noção requer uma análise crítica. É preciso considerar com muito cuidado se os experimentos que os alunos fazem na escola se assemelham de alguma forma com aqueles que os cientistas desenvolvem em seus laboratórios de pesquisa, e se os objetivos do professor, ao promover o assim chamado trabalho experimental como uma experiência de aprendizado, se assemelha ao trabalho do cientista ao conduzir uma pesquisa. Existem mesmo diferenças cruciais entre os experimentos na ciência e os experimentos no ensino de ciências?

Neste ponto, seria apropriado discutir a importância, para o projeto de currículos de ciências, da distinção feita por Kuhn (1970) entre ciência normal e ciência revolucionária. Os alunos na escola estão lidando – essencialmente – com ciência normal. Isto é, eles estão trabalhando dentro de um paradigma particular, seguramente até aonde se referem as atividades de laboratório. Apenas ocasionalmente se lidam com mudanças de paradigma na ciência escolar – e nesses casos o veículo didático mais apropriado bem pode ser o estudo de casos históricos, em vez do trabalho em laboratório. No entanto, os cientistas engajados na ciência normal (estendendo e desenvolvendo o paradigma) trabalham com um grau de familiaridade com o paradigma que não existe entre os alunos envolvidos com atividades similares na escola. A este respeito, existe uma diferença fundamental entre as “circunstâncias cognitivas” dos experimentos conduzidos na ciência e dos realizados na escola. Embora uma distinção sempre haverá entre as circunstâncias

cognitivas de um pesquisador e de um aprendiz – simplesmente porque os estudantes nunca poderão ter esperanças de possuir a sofisticação teórica ou a riqueza da experiência de um cientista atuante – isso pode ser minimizado muito significativamente: a diferença pode ser reduzida para uma questão de grau e não de princípio, pela introdução de experiências de aprendizagem orientadas para a teoria.

Na prática, a diferença freqüentemente é exacerbada pela adoção, muito difundida, da aprendizagem por descoberta e das “abordagens do processo” epistemologicamente absurdas e pedagogicamente inapropriadas, as quais deliberadamente evitam dar ao aprendiz um conhecimento teórico prévio do contexto do experimento (Hodson 1987).

Enquanto os experimentos na ciência são conduzidos principalmente com o objetivo de desenvolver teorias, os experimentos no ensino de ciências têm uma série de funções pedagógicas. Eles são usados pelos professores como parte de seu programa planejado para ensinar ciências, ensinar sobre a ciência, e ensinar como fazer ciência. Estas funções pedagógicas podem, em certas ocasiões, resultar em problemas muito significativos. Por exemplo, muitos experimentos em classe não “funcionam”, ou dão resultados inesperados. Ainda assim se sugere que os alunos aceitem uma teoria com a qual esses experimentos manifestamente não estão de acordo, atribuindo-se quaisquer anomalias a técnicas inadequadas ou à falta de sorte. Isto ocorre porque a função pedagógica de muitos “experimentos” no ensino da ciência é ilustrar um ponto de vista teórico em particular, ao passo que na ciência o propósito é auxiliar o desenvolvimento de teorias. A intenção de promover uma visão particular, enquanto se mantém uma fachada de investigação aberta, cria enormes dificuldades e é a principal responsável pelas visões distorcidas que os alunos têm a respeito dos experimentos e da metodologia científica. Este tipo de redescoberta encenada, ainda muito comum nas escolas, é cercado de todos os tipos de problemas teóricos e práticos (Atkinson e Delamont 1976, Driver 1975, Hodson 1987). Ele deveria ser abandonado sem demora, e substituído por métodos orientados por teorias.

Além disso, pode haver outras funções pedagógicas que são apenas indiretamente relacionadas a estes três objetivos. Por exemplo, experimentos para estimular a confiança a auto-estima dos alunos. Experimentos que demonstrem o poder de previsão do entendimento teórico ainda em desenvolvimento dos alunos irão, certamente, ensinar-lhes algo sobre a natureza do conhecimento científico, e assim terão valor no ensino sobre a ciência. Contudo, o objetivo principal de tais experimentos pode ser mostrar às crianças que elas podem manipular e controlar eventos, ou mostrar que elas podem investigar e solucionar problemas – ou no mínimo tentar! Pode-se argumentar a respeito de se engajar os alunos no trabalho de laboratório como uma maneira de expressar sua individualidade, ou simplesmente fazer o que lhes agrada e interessa. Reid e Hodson (1987) discutiram, em profundidade, que o currículo de ciências deve ser um veículo fundamental para o desenvolvimento de habilidades sociais e pessoais, e para o fortalecimento da auto-estima, através de uma estrutura e organização curriculares que priorizem o afetivo. Todavia, o que quer que seja característico dos experimentos (na ciência), isso pode estar ausente desses tipos de atividades. Por exemplo, o trabalho de laboratório usado no início de uma lição como estímulo – para motivar, despertar interesse e focar a atenção, para demonstrar uma técnica a ser usada mais tarde pelos próprios alunos, para surpreender, para despertar questões a serem investigadas posteriormente,

para aumentar o alcance da experiência da criança, e assim por diante – tem que ser considerado como “não experimental”. Nenhuma dessas atividades está diretamente relacionada ao desenvolvimento ou teste de teorias, como os experimentos reais. Analogamente, sessões de treinamento de habilidades não podem ser consideradas experimentos, apesar de ser completamente possível, é claro, que os professores adotem uma abordagem na qual os aprendizes devam adquirir habilidades enquanto envolvidos na investigação científica. Parece que quanto mais os professores se afastam dos três objetivos mais importantes do trabalho prático, mais o trabalho em laboratório diverge da experimentação verdadeira. Pode-se acrescentar que muitos das experiências didáticas que são mais bem sucedidas em atingir aqueles três objetivos são também não experimentais. De fato, muitas sequer são atividades de laboratório!

BIBLIOGRAFIA

- Atkinson, P. e Delamont, S. 1976. Mock-ups and cock-ups: The stage-management of guided discovery instruction, 133 - 142. Em *The process of schooling. A sociological reader*. Eds. M. Hammersley, e P. Woods. London: Routledge and Kegan Paul, Open University.
- Barnes, B. 1985. *About Science*. Oxford: Basil Blackwell.
- Bruner, J.S. Oliver, R.R. e Greenfield, P.M. 1966. *Studies in cognitive growth*. New York: John Wiley.
- Brush, S.G. 1974. Should the history of science be rated x? *Science* (18): 1164-1172.
- Claxton, G. 1984. *Live and learn*. London: Harper e Row.
- Collins, H.M. 1985. *Changing order*. London: Sage.
- Cosgrove, M., Osborne, R. e Tasker, R. 1982. *Toward generative learning*. Working Paper No. 205. S.E.R.U., University of Waikato, Hamilton, New Zealand.
- Driver, R. 1975. The name of the game. *School Science Review* (56): 800-805.
- Driver, R. 1983. *The pupil as scientist?* Open University Press, Milton Keynes.
- Driver, R. e Bell, B. 1986. “Students” thinking and the learning of science: A constructivist view. *School Science Review*. (67): 443-456.
- Epstein, H.T. 1970. *A strategy for education*. Oxford: Oxford University Press.
- Feyerabend, P.K. 1975. *Against method*. London: New Left Books.
- Gilbert, J.K., Osborne, R.J. e Frensham, P.J. 1982. Children's science and its consequences for teaching. *Science Education*. (66): 623-633.
- Hacking, I. 1983. *Representing and intervening*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hewson, P. 1981. A conceptual change approach to learning science. *European Journal of Science Education* (3): 383-396.
- Hill, D., Boylan, C. Francis, R. e Bailey, J. 1987. A guide to a better practice. *The Australian Science Teachers Journal* (33): 44-51.
- Hodson, D. 1985. Philosophy of science, science and science education. *Studies in Science Education* (12): 25-57.
- Hodson, D. 1986a. The nature of scientific observation. *School Science review*. (68): 17- 29.
- Hodson, D. 1986b. Rethinking the role and status of observation in science education. *Journal of Curriculum Studies* (18): 381-396.
- Reid, D.J. 1980. Spatial involvement and teacher - pupil interactional patterns in school biology laboratories. *Educational Studies*. (6): 31-41.
- Reid, D.J. e Hodson, D. 1987. *Science for all: Teaching science in secondary schools*. London: Cassell.
- Russell, J.M. e Chiappetta, E.L. 1981. The effects of a problem-solving strategy on the achievement of earth science students. *Journal of Research in Science Teaching*. (18): 80-84.
- Sherratt, W.J. 1982. History of science in the science curriculum: An historical perspective. *School Science Review*. (64): 225-236.
- Shulman, L.S. e Tamir, P. 1973. Research on teaching in the natural sciences, 1098-1148. In *Second handbook of research on teaching*. Rand McNally, Ed. R. Travers. Chicago.
- Solomon, J. 1980. *Teaching children in the laboratory*. London: Croom Helm.
- Sommer, R. 1969. *Personal space: The behavioral basis of design*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall.
- Tamir, P. 1976. *The role of the laboratory in science teaching*. Technical Report No. 10. Science Education Center, University of Iowa.
- Tamir, P. e Amir, R. 1987. Inter-relationship among laboratory process skills in biology. *Journal of Research in Science Teaching*. (24): 137-143.
- Vasilakes, W.S. 1967. Problems with scientific method. *School Science and Mathematics*. (67): 491-502.
- Welch, W.W., Klopfer, L.E., Aikenhead, G.S. e Robinson, J.T. 1981. The role of inquiry in science education: Analysis and recommendations. *Science Education*. (65): 33- 50.
- Wilson, J.T. 1974. Processes of scientific inquiry: A model for teaching and learning science. *Science Education*. (58): 127-133.
- Yager, R.E, Englen, H.B. e Snider, B.C.F. 1969. Effects of laboratory and demonstration methods upon the outcomes of instruction in secondary biology. *Journal of Research in Science Teaching* (6): 76-86.