

A FILOSOFIA DA CIÊNCIA E O ENSINO DE CIÊNCIAS

Fernando Lang da Silveira*

Como é obtido o conhecimento científico? Como é validado o conhecimento científico? Há diferenças entre o conhecimento científico e o não científico? Qual é o método da ciência? Qual é o papel que a observação, a experimentação, a razão, a intuição, a criatividade têm na produção do conhecimento científico? Em que circunstâncias se dá o abandono, a substituição de uma teoria científica por outra? Esses e tantos outros problemas têm sido objetos de investigação da Filosofia da Ciência ou da Epistemologia.

Nos últimos anos, tem sido contundentemente notada a necessidade de a educação científica, em especial o ensino das ciências naturais (Física, Química, Biologia etc), procurar na Filosofia da Ciência uma fundamentação sólida e atualizada (Cawthron e Rowell, 1978; Hodson, 1985; Nussbaum, 1989; Martin e Brower, 1990; Gil Perez e Carrascosa, 1985; Cleminson, 1990; Burbules e Linn, 1991; Segura, 1991).

Sempre há uma concepção epistemológica subjacente a qualquer situação de ensino (Hodson, 1985), nem sempre explicitada e muitas vezes vezes assumida tácita e acriticamente. Uma análise dos textos de Ciências na escola é capaz de revelar a concepção epistemológica subjacente que é, de maneira quase exclusiva, o chamado empirismo-indutivismo (Cawthron e Rowell, 1978; Hodson, 1985; Silveira, 1989). As teses mais importantes desta epistemologia são as seguintes:

1 - Observação é a fonte e a função do conhecimento. Todo o conhecimento deriva direta ou indiretamente da experiência sensível (sensações e percepções).

*Professor do Instituto de Física da UFRGS e do Instituto de Física e Pós- Graduação em Educação da PUCRS.

2 - O conhecimento científico é obtido dos fenômenos (aquilo que se observa), aplicando-se as regras do *método científico*. O conhecimento constitui-se em uma *síntese indutiva* do observado, do experimentado

3 - A especulação, a imaginação, a intuição, a criatividade não devem desempenhar qualquer papel na obtenção do conhecimento científico.

4 - As teorias científicas não são criadas, inventadas ou construídas mas *descobertas* em conjuntos de dados empíricos. A ciência é neutra, livre de pressupostos ou preconceitos.

As citações abaixo exemplificam a adoção da epistemologia empirista-indutivista em livros-texto comumente utilizados:

Tudo o que sabemos a respeito do mundo físico e sobre os princípios que governam o seu comportamento foi aprendido de observações dos fenômenos da natureza (Sears et al., 1983, p.3).

As leis da Física são generalizações de observações e de resultados experimentais (Tipler, 1978, p.3).

A Física, como ciência natural, parte de dados experimentais (...) através de um processo indutivo, formular leis fenomenológicas, ou seja, obtidas diretamente dos fenômenos observados,... (Nussenzveig, 1981, p.5).

A aplicação das teses empiristas indutivistas pode ser encontrada em determinados roteiros de laboratório (conjunto de instruções que tem o objetivo de guiar os alunos em atividades experimentais, de laboratório). São usuais propostas que seguem o seguinte caminho: a) instruções no sentido de, dadas duas variáveis, experimentalmente manipular uma delas e observar como a outra se comporta ; b) coletar medidas de ambas as variáveis para diversos valores da variável manipulada e organizar uma tabela de dupla entrada; c) lançar esses resultados experimentais em um sistema de eixos cartesianos, obtendo-se um conjunto de pontos no plano;

d) descobrir a função que descreve esses resultados (a lei que rege o fenômeno observado). Note-se que o último item traz implicitamente a idéia de que um conjunto de resultados experimentais impõe uma única função capaz de descrever a relação entre as duas variáveis; desta forma caberia ao experimentador apenas descobrir a lei que está implícita nos dados, ou seja, induzir a lei a partir do fenômeno¹.

A chamada "aprendizagem por descoberta", que acentua o valor motivacional da experimentação, é um importante exemplo da aplicação das teses empiristas-indutivistas ao ensino de Ciências. Esta proposta tem como suposto essencial que a observação e a experimentação bem conduzidas proporcionam a base segura da qual o conhecimento é obtido. A "aprendizagem por descoberta" tem a pretensão de tornar o aluno mais ativo; entretanto esta atividade é entendida como despendar mais tempo no laboratório fazendo observações. A formação de conceitos é considerada uma decorrência de observações bem conduzidas, subestimando desta forma as dificuldades da aprendizagem (Cleminson, 1990).

O ensino, quando orientado pela epistemologia empirista-indutivista, desvaloriza a criatividade do trabalho científico e leva os alunos a tomarem o conhecimento científico como um corpo de verdades inquestionáveis, introduzindo rigidez e intolerância em relação a opiniões diferentes (Gil Perez, 1986).

¹ A suposição de que um conjunto de pontos em um plano é compatível com uma única função é flagrantemente falsa. Existem **infinitas** curvas que descrevem resultados experimentais com o grau de aproximação que se desejar e **infinitas** curvas que passam exatamente pelos pontos experimentais. Para maiores detalhes, consultar Hempel (1981), Chomski e Fodor (1987), Pinet e Silveira (1992)

Os filósofos da ciência contemporâneos, de uma maneira geral, consideram a epistemologia empirista-indutivista ultrapassada, superada, falsa. Popper (1975, 1982 e 1985) acumulou argumentos lógicos, psicológicos e históricos contra o chamado método indutivo (método que permite a partir de observações e resultados experimentais obter as leis, as teorias científicas) Enfatizou que "as nossas teorias são nossas invenções, nossas idéias — não se impõem a nós, são instrumentos que fabricamos" (Popper, 1982, p.144). Quando um cientista cria uma teoria, não o faz sempre inspirado por observações; pode buscar inspiração em qualquer fonte, inclusive na metafísica. Copérnico, por exemplo, teve a idéia de colocar o Sol como centro, não devido a novas observações astronômicas, mas devido a uma nova interpretação de fatos à luz de concepções semi-religiosas, neoplatônicas (Koyré, 1986a e 1986b; Bronowski, 1992); para os platônicos e neoplatônicos o Sol era o astro mais importante e por isso não poderia orbitar em torno da Terra. A Terra é que deveria se movimentar em torno do Sol.

Outra importante característica do conhecimento científico é a sua provisoriabilidade. A idéia de um conhecimento demonstradamente verdadeiro e, em conseqüência, imutável, foi abandonada. As revoluções na Física no final do século XIX e início do século XX, ou anteriormente com Copérnico, Kepler, Galileu, Newton e exemplificam a provisoriabilidade do conhecimento. Referindo-se a sua concepção de ciência e à de Popper assim se pronunciou Kuhn (1979, p.6):

Ambos rejeitamos o parecer de que a ciência progride por acumulação; em lugar disso, enfatizamos o processo revolucionário pelo qual uma teoria mais antiga é rejeitada e substituída por uma nova teoria.

Ou ainda:

Nenhuma teoria em particular pode, jamais ser considerada absolutamente certa: cada teoria pode se tornar problemática (...) Nenhuma teoria é sacrossanta ou fora de crítica. (Popper. 1975, p 330)

Popper(1975,1982 e 1985), Kuhn (1979 e 1987), Hanson (1979), Lakatos (1989) e outros filósofos insistentemente notaram que todo o conhecimento, inclusive nossas observações, está impregnado de teorias. São as teorias que orientam o que observar, para onde dirigir a nossa atenção. Desta forma as teorias não procedem de observações; mas ao contrário, as observações são sempre precedidas de teorias. O sujeito tem um papel ativo na construção do conhecimento e as suas teorias determinam como ele percebe o mundo. A experiência sensorial se dá em função de expectativas, de algo teórico—não necessariamente explícito e consciente — que se antecipa a ela. A observação e a interpretação estão indissolivelmente ligadas.

Aprender algo novo é modificar algum conhecimento anterior, a aprendizagem sempre se dá a partir dos conhecimentos prévios (Popper, 1975). A observação e a experimentação têm papéis importantes na construção do conhecimento mas diferente daquele colocado pela epistemologia empirista-indutivista. Através delas testamos as nossas construções, e, eventualmente, podemos constatar que algo vai mal com o nosso conhecimento: quando ele nos leva a fazer uma predição sobre a realidade e esta não é confirmada. Entretanto, como bem destaca Lakatos (1989), quando os cientistas são confrontados com contra-evidências (resultados de observações e/ou experimentos que conflitam com as predições realizadas a partir da teoria) podem, e muitas vezes o fazem, propor hipóteses auxiliares que salvam a teoria. O abandono de uma teoria somente se dá quando, havendo uma teoria concorrente, esta possui um poder preditivo maior do que a outra. Ou seja, o abandono de uma teoria, para Lakatos, implica a aceitação de outra; a nova teoria deve ser capaz de propiciar mais predições sobre a realidade e, algumas destas predições excedentes devem ser confirmadas empiricamente. Deve, também, a nova teoria explicar com sucesso tudo o que a anterior explicava.

Sintetizando o que foi apresentado sobre as epistemologias contemporâneas destacamos;

1) A observação e a experimentação por si sós não produzem conhecimento. O "método indutivo" é um mito.

2) O conhecimento prévio determina como vemos a realidade, influenciando a observação. Todo o conhecimento, inclusive as observações, está impregnado de teorias.

3) O conhecimento científico é uma construção humana que tem como objetivo compreender, explicar e também agir sobre a realidade. Não podendo ser dado como indubitavelmente verdadeiro, é provisório e sujeito a reconstruções.

4) Na construção de novos conhecimentos participam a imaginação, a intuição, a criação e a razão. A inspiração para produzir um novo conhecimento pode vir inclusive da metafísica.

5) A aquisição de um novo conhecimento é sempre difícil e problemática. Os cientistas são relutantes em abandonar as teorias de suas preferências, mesmo quando parecem conflitar com a realidade. O abandono de uma teoria implica em reconhecer outra como melhor.

Citamos anteriormente que a literatura sobre ensino de Ciências prolifera a recomendação de se utilizar as epistemologias contemporâneas como subsídio teórico para o ensino. O reconhecimento de que o aluno é um ativo construtor de idéias é hoje quase que um consenso, dando origem a uma concepção denominada "construtivismo", abrangendo sob essa denominação autores diversos. Não se deve inferir que os "construtivistas" convirjam integralmente sobre o que é e como se dá a construção do conhecimento, assim como muitas e importantes divergências existem entre os filósofos da ciência contemporâneos. Podemos encontrar até aqueles que usam a denominação "construtivismo" para concepções muito semelhantes à "aprendizagem por descoberta". Aliás, uma obra que foi extremamente importante para os filósofos positivistas do Círculo de Viena (o Círculo de Viena era a reunião de eminentes filósofos e cientistas empiristas-indutivistas no final da década de 20 e início da década de 30 do nosso século), escrita por um dos seus mais famosos integrantes—Rudolf Carnap —, tinha como título *A Construção Lógica do Mundo*.

Desde o final dos anos 70, tem sido realizada uma quantidade enorme de pesquisa sobre o que foi denominado de concepções alternativas. As concepções alternativas (CAs) são concepções que os alunos que os alunos possuem "com significados contextualmente errôneos, não compartilhados pela comunidade científica" (Silveira et al., 1989, p.1129) e, portanto, em desacordo com as teorias científicas atuais.

A existência das CAs evidencia que efetivamente os alunos são construtores de idéias que objetivam dar conta do mundo, da realidade. Tem-se também notado que as CAs são extremamente resistentes à mudança; grande quantidade de alunos passa pela escola sem as modificar. Por exemplo, Silveira (1992) e Silveira et al. (1986, 1989 e 1992) constataram que a maioria dos alunos que cursam disciplinas de Física Geral mantém suas CAs sobre "força e movimento" e sobre "corrente elétrica".

A reiterada incapacidade do ensino tradicional em promover a mudança das CAs para as concepções científicas deve-se, supostamente, ao fato de que as primeiras não são tomadas em consideração como um conhecimento prévio do aluno a ser modificado. São poucos os cientistas que efetivamente inventaram as grandes teorias que hoje conhecemos — a maioria deles as adquiriu direta ou indiretamente dos seus inventores—e, portanto, é uma ingenuidade imaginar que cada aluno deva e possa reinventar, reconstruir, por exemplo, a Mecânica Clássica ou a Eletrodinâmica; pior ainda é trabalhar sob a hipótese de que a partir de algumas experiências os alunos as vão "descobrir ou redescobrir". A construção (no sentido de efetiva criação), por parte da maioria de humanidade, muito possivelmente não vá além das CAs. A questão crucial é, desta forma, a da aquisição, da apropriação pelo aluno do conhecimento historicamente produzido.

Tal objetivo certamente não é fácil de ser conseguido. Conforme destacado anteriormente, os cientistas relutam em abandonar as teorias de suas preferências. Por qual razão deveriam os alunos proceder de maneira diferente? As filosofias da ciência de Popper e Lakatos nos inspiraram a idealizar uma estratégia de ensino que visa a substituição das CAs pelas concepções científicas (Silveira, 1992). Sintetizando, sem entrar em detalhes devido a exatidão do espaço disponível, ela

começa pelo professor explicitar de maneira clara e precisa as CAs, mostrando o seu conteúdo de verdade (predições realizadas a partir das CAs que são corroboradas pela experiência). Segue-se a crítica das CAs, mostrando que algumas predições feitas a partir delas conflitam com a realidade e que, se for o caso, as CAs apresentam inconsistências lógicas. Em seguida é apresentada a teoria científica, enfatizando-se os antagonismos com as CAs. Depois se explicita a capacidade que a teoria científica tem de explicar aqueles fatos que com sucesso as CAs explicavam, aqueles fatos que as CAs falhavam em explicar e se mostra, adicionalmente, que a teoria científica permite predições sobre domínios da realidade não atingidos pelas CAs. É importante recordar que o abandono de uma teoria — no caso as CAs — somente se dará se os alunos reconhecerem que a teoria científica é melhor².

A estratégia foi testada com 305 alunos, visando à mudança das CAs sobre "força e movimento" e "corrente elétrica" (Silveira, 1992). Os resultados corroboraram a eficiência da estratégia na promoção da mudança pretendida.

Referências Bibliográficas

- BRONOWSKI, J. *A escalada do homem*. São Paulo: Martins Fontes, 1992.
- BURBULES, N.C., LINN, M.C. Science education and philosophy of science: congruence or contradiction. *International Journal of Science Education*, London, v.13, n.3, p.227-241, 1991.
- CAWTHON, E.R., ROWELL, J.A. *Epistemology and science education. Studies in Science Education*, New York, n.5, p.31-59, 1979.
- CHOMSKI, N., FODOR, J. Exposição do paradoxo, In: PALMARINI, M.P. *Teorias da linguagem teorias da aprendizagem*. Lisboa: Ed. Setenta, 1987.

² Vide considerações anteriores sobre as idéias de Lakatos.

- CLEMINSON, A. Establishing an epistemological base for science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, New York, v.27, n.5, p.429-445, 1990.
- GIL PEREZ, D. La metodología y la enseñanza de las ciencias: unas relaciones controvertidas. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v.4, n.2, p.111-121, 1986.
- GIL PEREZ, D., CARRASCOSA, J. Science learning as conceptual and methodological change. *European Journal of Science Education*, London, v.7, n.3, p.231-236, 1985.
- HANSON, N.R. Observação e interpretação, In: MORGENBES-SER, S. *Filosofia da ciência*. São Paulo: Cultrix, 1979.
- HEMPEL, C.G. *Filosofia da ciência natural*. Rio de Janeiro: Zahar, 1981.
- HODSON, D. Philosophy of science, science and science education. *Studies in Science Education*, New York, n.12, p.25-57, 1985.
- KUHN, T.S. Lógica da descoberta ou psicologia da pesquisa? In: LAKATOS, I., MUSGRAVE, A. *A crítica e o desenvolvimento do conhecimento*. São Paulo: Cultrix, 1979.
- KHUN, T.S. *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Perspectiva, 1987.
- KOYRÉ, A. *Do mundo fechado ao universo infinito*. Rio de Janeiro: Forense, 1986a
- KOIRÉ, A. *Estudos galilaicos*. Lisboa: Dom Quixote, 1986b.
- LAKATOS, I. *La metodología de los programas de investigación*. Madrid: Alianza, 1989.
- MARTIN, B. et al. Authentic science: a diversity of meanings. *Science Education*, New York, v.74, n.5, p.541-554, 1990.
- NUSSBAUM, J. Classroom conceptual change: philosophical perspectives. *International Journal of Science Education*, London, n.11, p.530-540, 1989.
- NUSENZVEIG, H.M. *Curso de física básica*. São Paulo: Edgard Blücher, 1981.
- PINENT, C.E.S., SILVEIRA, F.L. Mínimos quadrados: pode a reta, em algum caso, ser melhor função de ajustamento do que a parábola? *Scientia*, São Leopoldo, v.3, n.1, p.17-28, 1992.
- POPPER, K.R. *Conhecimento objetivo*. São Paulo: EDUSP, 1975.
- POPPER, K. R. *Conjecturas e refutações*. Brasília: Universidade de Brasília, 1982.
- POPPER, K.R. *Lógica da pesquisa científica*. São Paulo: EDUSP, 1985.
- SEARS, F. et al. *Física 1*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1983.
- SEGURA, D. Una premissa para el cambio conceptual: el cambio metodológico. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v.9, .2, p.175-180, 1991.
- SILVEIRA, F.L. A filosofia da ciência de Karl Popper e suas implicações no ensino da ciência. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v.6, n.2, p.148-162, 1991.
- SILVEIRA, F.L. *Uma epistemologia racional-realista e o ensino da Física*. Porto Alegre, 1992 Tese (Doutorado) — Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.
- SILVEIRA, F.L. et al. Validação de um teste para detectar se o aluno possui ou não a concepção newtoniana sobre força e movimento. *Ciência e Cultura*, São Paulo, v.38, n.2, p.2047-2055, 1986.

SILVEIRA, F.L. A filosofia da ciência de Karl Popper e suas implicações no ensino da ciência. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v.6, n.2, p.148-162, 1991.

SILVEIRA, F.L. *Uma epistemologia racional-realista e o ensino da Física*. Porto Alegre, 1992. Tese (Doutorado) — Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

SILVEIRA, F.L.etal. Validação de um teste para detectar se o aluno possui ou não a concepção newtoniana sobre força e movimento. *Ciência e Cultura*, São Paulo, v.38, n.2, p.2047-2055, 1986.