

Renato J. de Oliveira

Escola Técnica Federal de Química do Rio de Janeiro - Rua Senador Furtado 121/125 - Praça da Bandeira - CEP 20270 Rio de Janeiro - RJ

Recebido em 29/5/91; cópia revisada em 25/9/91

The article points out problems of science teaching, focusing especially Chemistry and Physics. We try to demonstrate that both verbal and experimental teaching may be negative for the student if we discuss methodological procedures without an epistemological approach. So we seek for alternatives we think can contribute to improve science teaching in our schools.

Keywords: epistemology; science teaching; methodological procedures

## DUAS FACES DA MESMA MOEDA

Há algum tempo as críticas ao divórcio existente entre o ensino e o aprendizado das ciências físicas vêm se tornando cada vez mais numerosas. Particularmente alimentada pelo chamado "efeito sputnik"<sup>1</sup>, a crença numa reformulação profunda da educação científica secundária ganhou força, sobretudo nos Estados Unidos e na Europa Ocidental a partir dos anos 60, difundindo-se posteriormente para outros países.

Em artigo destinado a discutir a situação do ensino secundário de ciências no Brasil, Lessa<sup>2</sup> destaca a surpresa evidenciada por muitos educadores estrangeiros ao constatarem que nossos estudantes mostravam grande facilidade em expor princípios científicos, mas nenhuma capacidade de relacioná-los com eventos cotidianos. Assim, por exemplo, um aluno poderia perfeitamente falar com desenvoltura sobre o eletromagnetismo e desconhecer por completo o funcionamento de uma simples capinha. Dentro desse contexto, crescem as críticas à chamada educação verbalista, à qual é atribuída a responsabilidade maior pelo divórcio entre o ensino e a aprendizagem. Em contrapartida, fortalece-se a tendência de enfatizar a atividade experimental, vista então como espécie de panacéia capaz de dar vida nova a um ensino fracassado e entregue às dores da própria agonia.

A educação científica secundária no Brasil recebe, então, a influência norte-americana, especificamente dos "projetos baseados na aprendizagem por descoberta" - PSCS, BSCS, CBA, Chemstudy<sup>3</sup>. Nessas propostas, o eixo pedagógico se desloca do verbal para o experimental: ao aluno é oferecida uma situação - problema (a combustão de uma vela, por exemplo) a partir da qual se pretende desenvolver a capacidade de observar e registrar dados, estimulando assim o interesse pela atividade científica. Não iremos aqui discutir esses projetos, amplamente analisados por Hodson<sup>4</sup> e Gil Perez<sup>5</sup> entre outros. Nossa intenção é abordar o problema sob outro ângulo: até que ponto a disparidade entre o ensinado e o apreendido pode ser superada levando-se em conta apenas a metodologia de ensino? Dito de outro modo, até que ponto a contenda entre a metodologia tradicional (centrada no descritivismo) e as metodologias reformistas (centradas geralmente na observação) não se converte em algo secundário, na medida em que não põe em xeque o estatuto epistêmico da ciência ensinada?

Quando os educadores debatem os fracassos da aprendiza-

gem científica, preocupam-se fundamentalmente com as questões referentes a como ensinar ciência, deixando de lado a discussão acerca da própria ciência que se ensina. Assim os métodos - os quais são invariavelmente conseqüências - acabam por constituir o centro da problemática pedagógica: se um conteúdo não é compreendido é porque os meios pelos quais foi veiculado são falhos. Por conseguinte, não se discute se o conceito científico e o conceito escolar possuem ou não a mesma textura epistemológica. Teriem, por exemplo, o químico de ponta e o professor de química a mesma concepção de átomo?

Vale dizer que mesmo quando buscam realçar as diferenças existentes entre o cientista e o professor de ciências, os autores de livros didáticos de ciências falam apenas genericamente de uma defasagem entre a filosofia da ciência ensinada e da ciência produzida, conforme podemos constatar em Alvaranga e Máximo<sup>6</sup>:

*"Desde os princípios da década passada que os cientistas de todo o mundo vêm de preocupando com uma reforma no ensino de ciências, por julgar este ensino muito distanciado da própria filosofia das ciências em nosso século, tão diferente da que nos precedeu. Em muitos países, novos programas se organizaram e ainda vêm se organizando, com o fim de sanar esta falha e resolver outros problemas, como, por exemplo, o desinteresse pela experimentação".*

Aponta-se, assim, a existência de visões de ciência diferenciadas, mas não se explicita o teor das diferenças... Por outro lado, a problemática retorna à questão do desinteresse do professor pela atividade experimental: ou seja, é na mudança metodológica que o educador vislumbra a possibilidade de melhorar a qualidade do ensino.

Isso nos mostra que, embora existam preocupações acerca dos problemas relativos à aprendizagem científica, as tentativas de solução não abandonam a matriz epistêmica da ciência clássica, isto é, investigar significa, acima de tudo, experimentar. Ou, como diria Auguste Comte<sup>7</sup>, o objetivo fundamental segue sendo ver para prever.

Desse modo, independente das novas roupagens metodológicas com as quais possam se apresentar, são ainda as velhas concepções positivistas que regem o ensino de ciências. Como destaca Bachelard<sup>8</sup>:

*"É ainda esta ciência para filósofos que ensinamos às crianças. É a ciência experimental das instruções ministeriais: pesem, meçam, contem; desconfiem do abstrato, da regra; liguem os espíritos jovens ao concreto, ao fato. Ver para compreender, este é o ideal desta estranha pedagogia. Pouco importa se o pensamento segue do fenômeno mal visto em direção à experiência mal feita (...)"*

\* artigo extraído da Dissertação de Mestrado "Ensino: o elo mais fraco da cadeia científica", defendida em 26 de novembro de 1990 no Instituto de Estudos Avançados em Educação - FGV/RJ e orientada pelo Prof. José Américo Motta Pessanha.

A partir daí, percebemos não ser o verbalismo um mal em si nem o experimentalismo necessariamente proveitoso para o ensino das ciências. É tanto possível ministrar boas aulas centradas na exposição verbal quanto péssimas aulas centradas na atividade experimental. Ao professor cabe, antes de tudo, conforme assinala Bachelard<sup>9</sup>, superar o obstáculo pedagógico que o impede de compreender as razões pelas quais o aluno não compreende.

Tal superação envolve o ato de repensar constantemente o saber ensinado, evitando que no espírito aprendiz se consolide a imagem do fazer ciência como processo de descoberta (ou redescoberta) de verdades estabelecidas para todo o sempre. Um conceito não deve adquirir contornos de certeza a ser assimilada e repetida por uma razão preguiçosa, mas ser tratado enquanto objeto de retificação. Por conseguinte, como afirma Bachelard<sup>10</sup>, "continuar sendo estudante deve ser o voto secreto de todo professor".

## LIVROS DIDÁTICOS: DO DESCRITIVISMO À BANALIZAÇÃO

Outro aspecto importante a ressaltar, acerca do tipo de ciência que se deseja ensinar, é o papel cumprido pelo livro didático. Não pretendemos desenvolver um estudo detalhado do tema, mas somente apontar tendências gerais manifestadas ao longo das últimas décadas, destacando os reflexos mais diretos sobre o ensino. Abordagens mais amplas e detalhadas podem ser encontradas no trabalho de Lopes<sup>11</sup>, no qual é feito um painel do livro didático brasileiro de química dos anos 30 até os dias de hoje.

No início dos anos 60, embora as discussões sobre reformas no ensino de ciências, inspiradas principalmente nas críticas à educação verbalista, estivessem na ordem do dia, os autores brasileiros de livros didáticos não se mostraram particularmente influenciados por elas. Mesmo tendo a LDB/61 extinto a obrigatoriedade de se seguir um programa único no ensino das disciplinas científicas (bem como das demais cadeiras que compunham os currículos dos cursos secundários), os autores optaram por não empreender mudanças de vulto. Buscaram adaptar os livros anteriores, transpondo capítulos de acordo com a nova seriação proposta.

No primeiro volume de sua série de Física, Alcântara<sup>12</sup> aborda, por exemplo, os conteúdos de forma eminentemente descritiva e monótona, refletindo bem a imagem de uma ciência de instrução ministerial, conforme salienta Bachelard. Em termos metodológicos, não é dada nenhuma ênfase ao trabalho experimental, embora o autor afirme ser a experiência a grande demolidora das teorias", o que confere, portanto, à Física o caráter de "ciência essencialmente experimental".

Cabe aqui ressaltar a defasagem do livro em relação à real situação das ciências físicas no século XX. Com o advento da Relatividade e da Mecânica Quântica, as teorias não podem mais ser tomadas enquanto meras sugestões explicativas para os fatos. Pelo contrário, é a partir das construções teóricas, cuja base de sustentação é matemática, que novos fenômenos são criados. Trata-se, como diz Bachelard<sup>13</sup>, de reconhecer que um fato se torna científico quando é passível de verificação teórica, ou seja, precisa encontrar seu devido lugar numa teoria racional. Sem isso, se converte apenas em acontecimento cercado de mistérios, preso ao empírico e ao sensível, incapaz de contribuir para o efetivo avanço do conhecimento.

Não estamos, evidentemente, propondo que livros didáticos secundários tratem de princípios quânticos e relativísticos. Todavia, não é invocando o estatuto da ciência empírica, ultrapassada historicamente, que haveremos de provar ou garantir qualquer coisa ao aluno. É preciso, sim, discutir que a atividade científica pressupõe a pluralidade de métodos investigativos, sendo cada abordagem a retificação de antigos erros e

a construção de novas verdades, pois o saber humano é uma empresa nunca acabada.

Mas se os livros didáticos nacionais do período subsequente à LDB/61 não inovaram, quer em termos epistêmicos, quer em termos metodológicos, a partir de 1964 surgem no Brasil as primeiras traduções de obras pedagógicas orientadas segundo a metodologia da "aprendizagem por descoberta". A universidade de Brasília publica, em edição preliminar, uma tradução do CBA. Conforme afirma Lutfi<sup>14</sup>, educadores latino-americanos foram treinados nos Estados Unidos com o objetivo de implantar em seus países os programas didáticos concebidos segundo a nova orientação metodológica. Em 1967 teve início o treinamento de professores da rede escolar, sendo que o material didático disponível no mercado brasileiro já existia em quantidade suficiente para adoção nos cursos secundários. Barra & Lorentz<sup>15</sup> destacam, por exemplo, que no período de 1965 a 1972 foram publicados cerca de 209.000 exemplares do volume 1 do BSCS versão azul.

Publicado no Brasil no início da década de 70, o Curso de Química de Cotton e Lynch<sup>16</sup>, traduzido por uma equipe de professores, representa talvez uma das últimas tentativas de incentivar a proposta do aprender fazendo no nível do livro didático. Da introdução do referido trabalho, destacamos o seguinte comentário:

*"Além de se tratar de um método que parece prático, os conceitos e os fatos da Química, assim como sua sensação e gosto, são introduzidos por meio de experiências. Essas experiências são realizadas pelo estudante antes que o texto aborde as idéias que o ilustrem. Destarte, é posta em destaque a noção de que idéias e fatos científicos surgem pela primeira vez da experiência". (grifos dos autores)*

Embora abandonem o descritivismo enfadonho que normalmente acaba por impor a existência de regras e princípios, os livros norte-americanos dessa época se mostram nitidamente estruturados segundo a matriz empírico-positivista. O caminho das descobertas parece então inteiramente franqueado ao espírito cognoscente, bastando tão somente observar e repetir.

Percebe-se, pois, a clara intenção de fazer da química uma ciência observacional, onde a racionalização aparece como desdobramento da atividade empírica, perspectiva essa diametralmente oposta à química de ponta, para a qual a experiência não é mais o instrumento que interroga a realidade para instruir o espírito. A fabricação de corantes com tonalidades diversas, consequência direta da compreensão racional dos grupos cromóforos, é um dentre os muitos exemplos que evidenciam o caráter construtivo da química contemporânea. Assim, hoje em dia o químico é um autêntico arquiteto de moléculas, não um experimentalador à espera dos segredos que a "mãe natureza" lhe pode revelar na dança aleatória dos tubos-de-ensaio.

Outros foram, entretanto, os fatores que contribuíram para frear a difusão do aprender fazendo no ensino secundário brasileiro. Barra & Lorentz<sup>17</sup> destacam a influência da lei 5692/71 que reestruturou todo o sistema escolar, estabelecendo, inclusive, a obrigatoriedade do segundo grau em habilitar profissionalmente o estudante ao término do curso. A carência de recursos para implantação dos projetos, bem como a resistência dos professores em abandonar a metodologia tradicional, podem também ser apontados como fatores restritivos. Desse modo, a maior parte dos livros didáticos publicados por autores nacionais não seguiu aquela linha metodológica.

Buscando fugir ao descritivismo tradicional, outros recursos vêm sendo buscados, sobretudo o apelo às ilustrações (com a consequente simplificação e redução dos textos explicativos) de cunho humorístico e às metáforas. Braga e Silva<sup>18</sup>, por exemplo, colocam, como ilustração introdutória ao capítulo de estrutura atômica, a figura de um carro semi-destruído após o choque com uma árvore. Fora do veículo, ainda tonto, o motorista afirma, apontando para este: "a matéria é constituída de partículas... divisíveis!"

Temos aí uma metáfora realista que põe inevitavelmente o macro e o micromundo em relação de continuidade. Tal como o carro é formado por partes distintas, as quais podem ser desmembradas, também o átomo pode ser fracionado em constituintes ainda menores, prótons, nêutrons e elétrons. Não importa quão diferenciadas sejam as partículas subatômicas e as partes do carro, pois para o realista<sup>19</sup> a concretude é atributo invariável do objeto, configurando-se em consequência monótona de sua própria existência. Criticando enfoques desse gênero, Bachelard<sup>20</sup> assinala bem a falsidade que consiste associar a realidade atômica aos fenômenos usuais. "Como podemos propor estender nossas intuições sensíveis a seres que escapam a nossa intuição?", pergunta ele, indicando que as ligações fáceis e imediatas não constituem o melhor caminho para a compreensão.

Já Ueno e Yamamoto<sup>21</sup> representam a atração entre cargas elétricas de sinais contrários com a seguinte imagem: um homem (carga positiva) vai de braços abertos ao encontro de uma mulher (carga negativa). Reciprocamente, dois homens se afastam um do outro com ar de desgosto e duas mulheres manifestam o mesmo desgosto entre si. Variantes dessa analogia são encontradas também em livros de divulgação. McKown<sup>22</sup> representa o elétron por uma moça que dança na direção de um rapaz, o qual simboliza o próton, afirmando em seguida: "Um átomo, com o mesmo número de prótons e elétrons, é tão bem equilibrado como uma festa que tem o mesmo número de moças e rapazes".

As metáforas utilizadas pelos referidos autores se caracterizam pela conotação francamente animista. O animismo é, como sabemos, a tendência de atribuir caracteres dos seres vivos a objetos inanimados. Enquanto procedimento pedagógico, parece facilitar o aprendizado, no entanto acaba por criar barreiras difíceis de superar. Concebendo a atração elétrica como impulso que aproxima as cargas de sinais opostos, o estudante terá dificuldade em racionalizar, por exemplo, o conceito de campo elétrico, o qual exige um nível de abstração maior. Tendo encontrado satisfação imediata na imagem simples, o aprendiz recusará o aprofundamento, bloqueando assim seu próprio desenvolvimento cognitivo.

Por outro lado, as metáforas animistas têm ainda o inconveniente de estabelecer ligações imediatas entre o senso comum e o fato científico. Os fenômenos elétricos e a sexualidade são colocados em relação direta pela simples e cômoda utilização dos verbos atrair e repelir. Trata-se, aí, de uma situação em que o símbolo metafórico é a própria representação do desejo sexual, constituindo autêntica "descarga da libido", conforme assinala Bachelard<sup>23</sup>. Nesse contexto, torna-se difícil desenvolver a noção de interação elétrica, já que atração e repulsão são compreendidas apenas enquanto impulsos que levam os corpos a se aproximarem, tal como o instinto sexual promove a aproximação entre princípios diferentes (masculino-feminino) e a rejeição entre princípios semelhantes (masculino-masculino ou feminino-feminino). Mas se a sexualidade humana não é redutível a esquemas tão simplistas, também as interações elétricas exigem interpretações menos ingênuas... A propósito, vale dizer que no século XVIII, como reporta Bachelard<sup>24</sup>, associava-se a neutralidade elétrica dos corpos à "neutralidade" sexual dos eunucos: se um eunuco fizesse parte de uma cadeia humana composta por homens e mulheres de mãos dadas, em cujas extremidades se ligavam os terminais positivo e negativo da garrafa de Leyde, o fluxo elétrico, segundo se imaginava, seria interrompido...

## PENSANDO ALTERNATIVAS

Ao apontar as falhas inerentes ao verbalismo e ao experimentalismo, bem como seus reflexos no nível do livro didático, não tivemos por objetivo exercer a crítica pela crítica. Nossa meta é, sobretudo, buscar alternativas capazes de con-

ferir ao ensino secundário de ciências o suporte necessário para que cumpra o papel que lhe cabe no contexto da cultura contemporânea.

O mecanismo gerador do descompasso existente entre a ciência de ponta e as salas-de-aula é, sem dúvida, bastante complexo. Como sabemos, inúmeros fatores contribuem para manter e até ampliar o hiato indesejável. Ao emprendermos a crítica epistemológica do verbalismo, do experimentalismo e da banalização didática, esperamos ter contribuído no sentido de mostrar que os problemas não residem exclusivamente nos métodos usados para se ensinar a ciência. É preciso ter claro, em primeiro lugar, qual ciência queremos ensinar. A partir daí traçaremos então diferentes estratégias pedagógicas, conforme o tipo de curso previsto e a natureza da clientela a atender.

De todo modo, enquanto diretriz básica de qualquer trabalho docente, devemos considerar que o aprendizado da ciência só se dará se houver também mudança qualitativa na cultura do aluno. Conforme frisa Bachelard<sup>25</sup>, todo conhecimento novo é um processo de desengano ou reforma das ilusões adquiridas no contato imediato com o real. Trata-se, portanto, de desconcretizar as aparências que os sentidos impõem como verdades. Foi assim, por exemplo, que a concepção heliocêntrica se afirmou sobre o geocentrismo ou a física de Galileu sobre a aristotélica.

Ao invés de confirmar as evidências do senso comum, o professor deve, outrossim, procurar sempre pô-las em xeque. As ligações fáceis, as analogias cômodas, o culto ao experimentalismo ou o descritivismo impositivo devem ser deixados de lado, pois não fazem senão reforçar os elos que precisam ser rompidos.

Situando o conhecimento científico num nível diferente do saber comum, estaremos levando o estudante a refletir sobre o que significa conhecer, desencadeando então um processo de ruptura progressiva com os hábitos e crenças que obstroem o esforço cognoscente. Seu raciocínio estará sendo assim preparado para lidar com as dificuldades inerentes à ciência, as quais serão vistas como situações a vencer, não como obstáculos diante dos quais se deve renunciar. Nesse ponto, a abstração, fantasma tão temido pelos professores, não mais se colocará enquanto empecilho: será antes um estímulo ao desenvolvimento do pensar.

## REFERÊNCIAS E NOTAS

1. O lançamento do satélite soviético Sputnik (1957) difundiu o temor de que a URSS teria ultrapassado o mundo ocidental na corrida pelo desenvolvimento científico e tecnológico. A partir daí, cresceram as críticas ao ensino básico de ciências nas escolas, levando os educadores a considerar ser necessário reformular toda a metodologia de ensino.
2. Lessa, G.; *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos* (1964), 41, 252
3. PSCS: Physical Science Curriculum Study  
BSCS: Biological Science Curriculum Study  
CBA: Chemical Bond Approach  
Chemstudy: Chemical Education Material Study
4. Hodson, D.; *Studies in Science Education* (1985), 12, 25.
5. Gil Perez, D.; "A Metodologia Científica e o Ensino de Ciências: Relações Controvertidas". *Enseñanza de las Ciencias* (1986), 4, 111. Tradução do Núcleo de Documentação Sobre a Formação Científica, IBCEC, São Paulo.
6. Alvarenga, B.; Máximo, A.; "Física", Bernardo Alvarez; Belo Horizonte, v.2, p.5 (1976)
7. Comte, A.; "Discurso Sobre o Espírito Positivo". In: *Comte*. Abril Cultural, São Paulo, Coleção Os Pensadores, p.50 (1978)
8. Bachelard, G.; "Noumène et Microphysique". In: *Etudes*. J. Vrin, p.12 (1970)

9. Bachelard, G.; *"La Formation de L'esprit Scientifique"*. J. Vrin, Paris, p.18 (1947)
10. Bachelard, G.; *"O Raciocínio Aplicado"*. Zahar, Rio de Janeiro, p.31 (1977)
11. Lopes, A.R.C.; *"Livros Didáticos: obstáculos ao aprendizado da ciência química"*. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro, IESAE (1990)
12. Alcântara, F.G.F.; *"Física"*. Companhia Editora Nacional, São Paulo, v.1, p.21 (1965)
13. Bachelard, G.; *"Le Problème Philosophique des Méthodes Scientifiques"*. In: *L'engagement Rationaliste*. Presses Universitaires de France, Paris, p.43 (1972)
14. Lutfi, M.; *"Cotidiano e Educação em Química"*. Unijuí, Ijuí, p.15 (1988)
15. Barra, V.M.; Lorenz, K.M.; *Ciência e Cultura* (1986), 38, 1974
16. Cotton, F.A.; Lynch, L.D.; *"Curso de Química"*. Fórum, Rio de Janeiro, v.3
17. Barra, V.M.; Lorenz, K.M.; ref 15, p.1979
18. Braga, E.; Silva, R.H.; *"Princípios Básicos de Química"*. Harbra, São Paulo, v.1, p.19 (1982)
19. O termo realista tem para Bachelard conotação diversa daquela comumente empregada. No âmbito da filosofia, realista é todo aquele que crê ser a existência do mundo exterior independente da percepção humana. Em pólo diametralmente oposto, o idealista clássico não concebe nenhuma existência dissociada das nossas percepções. Bachelard, porém, não coloca a polêmica filosófica nesse patamar: para ele, o realista atribui sempre o mesmo grau de concretude aos objetos cognoscíveis. Desse modo, não é capaz de distinguir os diferentes níveis de existência do real, considerando, então, o mundo submicroscópico uma miniatura do mundo macroscópico. Em suma, para o realista o que é válido para o grande tem que ser válido também para o pequeno, pois a racionalidade é um todo único.
20. Bachelard, G.; *"La Activité Rationaliste de la Physique Contemporaine"*. Presses Universitaires de France, Paris, p.83 (1965)
21. Ueno, P.T.; Yamamoto.; *"Estudos de Física"*. Moderna, São Paulo, v.3, p.158 (1982)
22. Mckown, R.; *"Os Fabulosos Isótopos"*. Cultrix, São Paulo, p.21-22 (1966)
23. Bachelard, G.; ref 9, p.194
24. Bachelard, G.; ref 9, p.200
25. Bachelard, G.; *"Idéalisme Discursif"*. ref 8, p.90