

CBPF-CS-014/86

O PAPEL DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA NA  
FORMAÇÃO DA CULTURA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA \*

por

Roberto Moreira Xavier

Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas - CBPF/CNPq  
Rua Dr. Xavier Sigaud, 150  
22290 - Rio de Janeiro, RJ - Brasil

\* Contribuição a uma mesa-redonda no 1º Seminário Nacional sobre História da Ciência e Tecnologia - setembro de 1986 - Museu de Astronomia - Rio de Janeiro.

## I - Introdução

O tema que devemos debater nos coloca, de imediato, diante de um problema: o que se entende por "Cultura Científica e Tecnológica" ? A palavra Cultura, com toda a sua riqueza semântica pode, à primeira vista, nos confundir e dificultar a resposta. Veremos entretanto que tal não ocorre.

Em primeiro lugar, se pensamos em Cultura no sentido antropológico, temos que admitir que a Ciência e a Tecnologia são elementos fundamentais da Cultura do Ocidente. Ora, as diversas manifestações da Cultura não existem no vácuo, desligadas uma das outras. Isso quer dizer, de maneira clara e direta, que a Ciência está articulada com todas as manifestações da Cultura, em particular com a Filosofia. O fato de que a Cultura deve ser entendida à luz da categoria da Globalidade nos indica também que toda apresentação da Ciência traz, em seu bojo, uma certa concepção do mundo e, em particular, a forma pela qual se transmite o conhecimento científico está intimamente ligada ao conteúdo que é finalmente transmitido.

O ensino da Ciência tem, assim um papel fundamental no estabelecimento da visão do mundo do estudante, na formação de suas concepções filosóficas: pode servir para aliená-lo ou para inserí-lo em seu tempo. Não é de modo algum indiferente estudar Ciência em um manual ou aprender em contato direto com um cientista, ainda que o conteúdo do problema abordado seja o mesmo.

Consideremos agora outro ângulo da questão.

Vamos nos restringir à Cultura Científica, tomando essa expressão em seu sentido restrito, porém comum, de conhecimentos partilhados pelos profissionais de determinada área. Aqui as idéias ficam mais

claras com um exemplo simples: o da Física que todos os físicos e engenheiros devem saber. Essa restrição não empobrece o debate: voltaremos a reencontrar a Tecnologia mais adiante.

O exemplo dado da Física como parte da cultura científica de um engenheiro nos sugere uma reformulação drástica do problema inicial: qual o papel da História da Ciência no ensino de Física? Parece agora que não sobrou quase nada e que o problema proposto foi de tal modo limitado que, nessa forma, só oferece interesse ao restrito grupo de professores de Física. É um engano. Assim equacionado, o problema tem uma resposta que, devidamente desenvolvida, lança luz sobre um número grande de questões, bem distantes à primeira vista, e, dessa forma, podemos chegar finalmente ao tema proposto do debate, reencontrando também a questão da Cultura em seu sentido antropológico.

Para ver como isso se dá, precisamos apresentar, ainda que de maneira esquemática, a estrutura de nossa argumentação.

Em primeiro lugar, vamos ver que o papel da História da Ciência no ensino da Física é simplesmente destrivializá-la, isto é, apresentar a Ciência como algo dinâmico, não-linear, não óbvio, ou melhor, como conhecimento vivo, dialético e, portanto, não-positivista. Isto significa que o ensino de Física, enraizado na História da Ciência, pode ser mais eficaz na formação de pesquisadores em Física (em oposição a eruditos).

Veremos que o uso exclusivo de livros-textos, em que o conhecimento é apresentado de modo linear, nos leva a práticas de ensino de Física mais voltadas para a erudição do que para a pesquisa. Essa cultura linear, ainda que vasta e profunda, facilita, e muito, a difusão

do positivismo, se é que não é o seu instrumento principal, criando profundos focos de resistência à Pesquisa Científica: dada a força do positivismo, ainda hoje, no Brasil é fácil encontrá-los, a olho nu, na nossa sociedade.

## II - História da Ciência no Ensino de Física

Todos aqueles que orientam jovens estudantes sabem que a grande dificuldade para se transformar um Bacharel em Ciências em Física é ajudá-lo a se liberar dos maus hábitos de um certo ensino elementar, aquele em que os problemas estão agrupados nos livros certos e no qual as provas tem hora certa para começar e terminar. Na verdade, a Natureza não tem relógio de ponto, nem burocracia. Ela sempre nos dá o tempo de que precisamos para a solução dos seus enigmas. Mais importante ainda: em geral a solução nos surpreende, vindo quase sempre de algum lugar inesperado, pelo menos para os problemas realmente relevantes.

Evidentemente não há regras para ensinar a pesquisar, pela mesma razão pela qual não há regras para pesquisa (apesar de tudo que diz Thomas Kuhn sobre ciência normal, ref.1). Sabemos, entretanto, que a Ciência tem muito de Artesanato, e que seu aprendizado só pode se dar em contacto direto com um Pesquisador, da mesma maneira pela qual sempre se formaram os artesãos: um a um. Não pode haver produção em série de Cientistas.

Além disso, sabemos também que alguns estudantes aprendem a usar a Biblioteca e, muito principalmente, as revistas científicas que tratam dos debates correntes em torno de algum problema específico e que, desse hábito de debate com o Professor e com a literatura original,

dessa familiaridade com a dinâmica viva de um problema, em seus ziguezagues, surge uma visão nova da ciência, não-linear, combinada com a capacidade de formular novos problemas.

Os mecanismos psicológicos envolvidos não nos interessam no momento. Basta que não nos esqueçamos de que a criatividade (ref.2 a 5) necessária para a solução de problemas científicos envolve sempre (ou quase sempre) a aproximação de "matrizes de pensamento" díspares (ref. 3) e que os caminhos que levam a esse choque de idéias, de que surge o novo, são sempre tortuosos, não-lineares e ilógicos (ref. 4) ou infra-lógicos (ref. 5). Esse ziguezague das idéias, em nível individual, é análogo ao que ocorre, em nível social, com a evolução da Ciência.

Esse é um ponto importantíssimo da nossa argumentação: a idéia de que os caminhos tortuosos que os cientistas percorrem, em nível individual, no processo de busca de solução de um problema, estão em correspondência, ou seja, mapeiam a trajetória descrita pela própria Ciência, em nível social, ao longo da História. Não pretendemos aprofundar aqui essa questão que, apesar de básica para nós, nos levaria muito longe. O que se espera é que o contacto com a dinâmica social da Ciência permita que o indivíduo se desiniba, se libere das limitações da lógica, se torne mais arrojado na formulação de hipóteses, estimulando a sua criatividade. Não pretendemos aqui, desenvolver esse ponto. O que importa, para as questões que pretendemos tratar, é que um Físico, um pesquisador, sabe, efetivamente - porque incorporou tal conhecimento em sua Práxis - que a ciência não se desenvolve de maneira linear, por simples acumulação. Pelo contrário, descobre que a ciência evolui por caminhos tortuosos, nem sempre claros, com avan\_

ços e recuos e, principalmente, por saltos (ref. 5 e 6). Esse quadro da ciência, que o pesquisador forma através da prática, leva-o a desconfiar das soluções pré-fabricadas, aumentando a sua Criatividade.

Ora, por outro lado, como é apresentada a ciência pelos livros-textos? É a antítese da ciência real. Tudo no livro-texto é linear. Os problemas, que sempre existem em grande quantidade, estão agrupados nos capítulos correspondentes às suas soluções. Na verdade, ainda que tal não ocorresse, o simples fato de um problema pertencer a um determinado livro indica claramente o quadro teórico (Thomas Kuhn diria paradigma) em que deve ser enquadrado. Na ciência real tal não ocorre - a solução de um problema pode vir de um domínio completamente diferente daquele em que o problema surgiu.

Um exemplo, aqui, pode ajudar a entender o que queremos dizer.

Abra-se um livro de Física Moderna e veja-se o que ele diz sobre Movimento Browniano (ref. 7). "Se examinamos, em um microscópio, partículas muito pequenas suspensas em um fluido, podemos observar que estão em movimento caótico constante. Este movimento em todas as direções continua indefinidamente e podemos verificar que depende de vários fatores, tais como, o tamanho das partículas, a viscosidade do fluido em que estão submersas e a temperatura do sistema. Brown, em 1827, chamou a atenção pela primeira vez para o movimento dessas partículas. Muitos observadores reconheceram que seu comportamento era parecido ao que se supunha que teriam as moléculas de um gás ideal. O movimento caótico dessas partículas pode ser equiparado ao movimento térmico das moléculas de um gás.

A explicação do movimento Browniano, dada por Einstein e Smoluchowky (1905), se baseia na hipótese de que as partículas em suspensão estão continuamente bombardeadas pelas moléculas do fluido, e que esse bombardeio produz uma força devida à viscosidade (do fluido).

A partir dessa teoria pode-se calcular a distribuição de partículas em um campo de força e seu deslocamento com o tempo. Perrin realizou dois tipos diferentes de experiências sobre o movimento Browniano: um sobre a distribuição vertical das partículas no fluido e outro sobre o deslocamento das partículas em um intervalo de tempo dado (...)" (ref. 7).

Tudo muito claro, tudo muito linear, tudo muito trivial. Entretanto, se formos procurar a história do Movimento Browniano vamos nos surpreender com as idas e vindas do problema. Antes de mais nada, o fenômeno estudado pelo botânico Brown, observando o movimento de grãos de pólen em gotas d'água, foi inicialmente considerado um problema na esfera da Botânica: uma propriedade dos seres vivos, uma manifestação da vida.

A esse respeito é interessante verificar o que diz a Enciclopedia Britannica (ref. 8) "The english botanist Robert Brown reported in 1827 that an aqueous suspension of the pollen of the herb Clarkia pulchella contained microscopic particles which carried out a continuous haphazard zigzag movement (...) Brown noted that he was not the first to observe this phenomenon and referred to earlier observations by J.T. Needham and, particularly, by F.W. Von Gleichen, whose work preceded his own by 60 years. He was however the first to carry out a detailed investigation. He was also the first to notice that the movement could not be attributed to life in the particles themselves: the pollen of plants that had been dead for at least a century exhibited the same phenomenon. This situation was noted by Brown as a "very unexpected fact of seeming vitality being retained by these "molecules" so long after the death of the plant". Subsequently he found this irregular translational movement also in aqueous suspensions of minute particles of typically inanimate bodies such as minerals and smoke (...). Particularly noteworthy are

the systematic investigation by C. Wlener (1863) and by G.L. Gouy (1889). Eliminating a number of explanations offered in the intervening period they proved conclusively that the Brownian movement was due neither to thermal convections nor to capillary forces (...)".

É interessante observar que a Enciclopédia Britannica nos apresenta alguns fatos históricos porém devidamente selecionados "eliminando um certo número de explicações, aparecidas nesse meio tempo" (entre 1827 e 1889).

Ainda assim nessa versão podemos aprender muita coisa de Ciência e de História da Ciência (tal como aparece nos manuais).

O que mais impressiona é que se levou mais de um século de discussões científicas, para que se chegasse à teoria atual. E, de repente, fica claro porque este problema, considerado trivial pe-  
livros-textos, só foi resolvido por Einstein. Vemos, nesse exem-  
plo, como um problema extremamente complexo de pesquisa nasce na Botânica para encontrar sua solução na Mecânica Estatística. Vemos como uma história complexa, não-linear, cheia de lances imprevis-  
tos e episódios não-lógicos, se transforma, em um livro de Física Mo-  
derna típico, em uma dedução, quando muito engenhosa, porém, essen-  
cialmente lógica e linear.

### III - Considerações Finais

Chegamos agora a um ponto muito importante. Acabamos de ve-  
rificar que os manuais de Física falsificam a história da Ciência para nos dar uma visão simplificada e linear do progresso da Ciência. Aqui cabe uma pergunta fundamental: qual é a visão do mundo que essa versão da ciência veicula? qual é a concepção filosófica embutida na ciência desses manuais?

Tudo nos leva a crer que é o positivismo. Sem pretender demonstrar cabalmente esse ponto, vamos lembrar alguns traços positivistas detetáveis nas versões apresentadas do problema do Movimento Browniano. Em 1º lugar uma certa concepção da relação entre teoria e experiência (facilmente observável no texto da Enciclopedia Britannica). Em 2º lugar, a idéia de que a Ciência se desenvolve de modo linear, por mera acumulação de fatos e teorias que se aproximam contínua e linearmente da verdade, ainda que, para se chegar a esse resultado, seja preciso eliminar "um certo número, de explicações". Finalmente, a concepção de que fatores e idéias extra-científicas não tem nenhum papel na evolução da ciência (uma sobrevivência da lei dos 3 estágios).

Podemos concluir, portanto, que a visão da Ciência veiculada pelos livros-textos dificulta a criatividade científica porque leva a tentativas de soluções lógicas dos problemas, por imitação dos paradigmas existentes nos manuais, quando se sabe da importância da intuição e dos fatores não-lógicos e extra-científicos fartamente documentados na História da Ciência.

Além disso, a Física dos manuais facilita a aceitação, ou mesmo conduz a uma concepção estática e positivista do mundo. Vimos apenas um caso particular do ensino de Física: Movimento Browniano.

Poderíamos apresentar outros exemplos mas este nos basta. Através dele vemos que alguém que estude a Ciência em sua evolução histórica pode facilmente se dar conta da sua sutil dinâmica interna, dos ziguezagues do Saber, daquilo que poderíamos chamar de sua evolução dialética, uma parte importante e fundamental do aprendizado de um Cientista.

É preciso não esquecer que a dinâmica de um problema atual de pesquisa é exatamente a mesma dos problemas da Ciência do passado: através dos tempos a Ciência, ou melhor, a prática da Ciência tem sempre as mesmas características. Por outro lado, se é verdade que a evolução da Ciência se dá de modo não-linear movida por fatores não-lógicos e extra-científicos, não é menos verdade que, após a solução de um determinado problema, é quase sempre possível (e desejável) uma reconstrução lógica das soluções que apaga dos textos científicos, em sua forma final, a marca da mão do Homem. É claro que essa reconstrução lógica não pode ser feita com outras formas intuitivas de aquisição de Saber, tais como a Arte e a Experiência Mística. Por isso, ainda que os processos de criação sejam basicamente os mesmos na Arte e na Ciência, não é possível de modo algum confundí-las.

Esses aspectos lógicos, característicos, num certo sentido, da Ciência também devem ser ensinados, sob pena de cairmos no irracionalismo e, rapidamente, na anti-Ciência.

Apesar de tudo que dissemos acima, o uso da História da Ciência no ensino de Ciência visa quase sempre o estudante de Letras e Ciências Humanas, como uma espécie de ponte entre as "duas culturas".

Aparentemente a importância fundamental da História da Ciência na formação do cientista, para torná-lo mais aberto e arrojado diante do novo, não tem sido suficientemente enfatizada. Urge fazê-lo.

Antes de terminar, duas palavras. Em primeiro lugar a questão da Tecnologia. É fácil perceber que o engenheiro, o tecnólogo, cujo contato com as Ciências Físicas e Naturais e com a Matemática, se dá através de manuais, incorpora, quase sem sentir, uma concepção linear e, ipso facto, pragmática e imediatista da Ciência.

Cabe aqui lembrar que no século passado, no Brasil, o ensino de Física era feito na Academia Militar, por meio de manuais, em geral franceses, encharcados de Positivismo. Na ausência de Pesquisa Científica real (cuja prática desmente o Positivismo) não é de se espantar que a filosofia de Comte tenha se espalhado, especialmente nos meios militares. Esse ponto merece mais atenção dos historiadores apesar de já ter sido mencionado na literatura (ref. 9).

Por outro lado essa visão do mundo nascida nos meios militares (matrizes da nossa tecnocracia) passa a ser veiculada, desde então, em todos os níveis do nosso ensino.

A concepção pragmática e imediatista da Ciência, extraordinariamente pervasiva, acaba por permear todo o tecido da Cultura Nacional, reaparecendo finalmente na formulação da Política Científica e Tecnológica, quase sempre atrás de resultados a curto prazo, desaguando finalmente na estrutura do ensino, e até dos currículos e dos programas, num círculo vicioso perverso que precisamos romper. Para isso como sempre a História é a melhor arma.

Referências

- 1 - Thomas Kuhn - The structure of Scientific Revolutions, 2nd ed.-  
The University of Chicago Press - 1970; ver também uma discussão  
sobre as idéias de Kuhn em I. Lakatos and A. Musgrave eds. Cri-  
ticism and the growth of Knowledge - Cambridge Univ. Press.1970.
- 2 - S. Arieti - Creativity - Basic Books, New York, NY (1976).
- 3 - A. Koestler - The Act of Creation-Macmillan, New York, NY (1964).
- 4 - M. S. Schonberg - Pensando a Física, Ed. Brasiliense -  
São Paulo (1984).
- 5 - A. Moles - A Criação Científica - Ed. Perspectiva - São Paulo  
(1971).
- 6 - A. Koyré - Études d'Histoire de la pensée Scientifique -  
P.U.F. 1966, Gallimard 1973.
- 7 - Henry Semat - Introduction to Atomic and Nuclear Physics -  
Rinehart and Co, New York, NY - 3rd. Edition 1954.
- 8 - Enciclopédia Britannica - artigo "Brownian Movement", por  
W.Heller e H.L. Bhatnagar, Vol. 4, (1962).
- 9 - S. Motoyama - A Física no Brasil, in Mário Guimarães Ferri e  
Shozo Motoyama, coordenadores, História das Ciências  
no Brasil - vol. I, E.P.U. - EDUSP - São Paulo 1979.