

# A “CRÍTICA FORTE” DA CIÊNCIA E IMPLICAÇÕES PARA A EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS

## *The “strong criticism” of Science and the implication to Science Education*

Ileana Maria Greca<sup>1</sup>  
Olival Freire Jr.<sup>2</sup>

**Resumo:** Neste trabalho discutimos alguns elementos oriundos tanto do que se pode denominar vagamente de tendências pós-modernas na filosofia, quanto do campo da história social e da sociologia das ciências, e as possíveis implicações dos mesmos para a pesquisa e a educação em ciências. Nossa avaliação é que, independentemente do problemático de alguns de seus pressupostos, estas correntes têm a contribuir para a nossa compreensão da ciência e para a formação de cidadãos mais responsáveis.

**Unitermos:** pós-modernismo; crítica à ciência; sociologia da ciência; educação em ciências.

---

**Abstract:** *In this article we discuss some issues from what can be termed vaguely postmodernists tendencies in philosophy and social history, trying to establish some implications from these positions for Science Education. Although problematic aspects exist in their assumptions, we think they may contribute to our understanding of science and help us to prepare more responsible citizens.*

**Keywords:** *postmodernism; Criticism to Science; sociology of science; Science Education*

---

### Introdução

A Educação em Ciências, como campo de investigação acadêmica, recebe sistematicamente influência e contribuições de saberes muito diferenciados, que vão desde as inovações nas próprias ciências, incluindo as ciências sociais e a psicologia, até ramos diversos das humanidades, como a educação, a História e a Filosofia das Ciências. Esta influência, contudo, não é isenta de problemas e de controvérsias. O investigador da Educação em Ciências não pode, por isso, se furtar da avaliação do significado dessas contribuições e do modo de sua incorporação ao Ensino de Ciências. No que diz respeito às contribuições oriundas da história e da filosofia das ciências, por exemplo, uma fase de desenvolvimentos mutuamente excludentes, para usar a expressão de Duschl (1985), foi substituída por outra, vigente hoje, na qual se reconhece amplamente o papel dessas contribuições para o ensino das ciências. Entretanto, especialmente na fase atual, certas contribuições com forte dose de crítica da ciência contemporânea – oriundas tanto do que se pode denominar vagamente de tendências pós-modernas na filosofia, quanto do campo da história social e da sociologia das ciências – têm sido vistas com muitas desconfianças pelos educadores, inclusive por muitos dos que defendem com ênfase a contribuição da História e da Filosofia para o ensino de Ciências. Tais contribuições são vistas como exemplos de relativismo e de idealismo que poderiam prejudicar o desafio da generalização da educação em ciências. Uma revisão crítica de tais opiniões será feita na primeira parte desse trabalho. A seguir, apresentaremos e analisaremos o pensamento de Boaventura de Sousa Santos relativo à possível mudança de paradigmas na própria ciência. Desse autor tomamos emprestada a expressão “crítica forte” do paradigma dominante na ciência, para o título do nosso trabalho. Sousa Santos foi escolhido tanto pelo interesse intrínseco de suas propostas e por sua influência nas Ciências Humanas, quanto pelo fato de estar no centro de uma polêmica

---

<sup>1</sup> Instituto de Física – UFRGS – Porto Alegre. (e-mail: ileana@if.ufrgs.br)

<sup>2</sup> Instituto de Física- UFBA – Salvador. (e-mail: freirejr@ufba.br)

que guarda certa relação com opiniões correntes no âmbito do ensino de ciências. Argumentaremos que o pensamento de Boaventura de Sousa Santos tem implicações que são independentes de sua aposta em mudança paradigmática da ciência; e exploraremos possíveis temas para a Educação em Ciências que possam decorrer desse pensamento. Argumentaremos, ademais, na terceira parte deste trabalho, que as contribuições da história social da ciência e da sociologia da ciência, independente de seus vieses filosóficos, têm ajudado a tornar mais inteligível o fenômeno da ciência, de sua produção e de sua difusão, nas sociedades contemporâneas; e que a investigação em educação em ciências ganhará em fecundidade se investigar as implicações – para a Educação em Ciências – dessa imagem da ciência “realmente existente”. Nas conclusões, sistematizaremos as implicações para a investigação em ensino de ciências que podem decorrer do nosso estudo.

### **Algumas críticas a posturas pós-modernistas no âmbito do Ensino de Ciências.**

Falar sobre a importância da introdução de tópicos em História e Filosofia da Ciência (HFC) na formação de professores e no ensino de ciências em geral tem-se convertido em um lugar comum<sup>3</sup>. Esta abordagem para o ensino tem dado origem a uma linha de pesquisa importante na área em nível internacional, com fortes reflexos no Brasil. Matthews (1994, p. 7) sintetiza da seguinte forma a utilidade da introdução de tópicos em HFC no ensino de ciências:

- podem humanizar as ciências e estabelecer a conexão com problemas pessoais, éticos, culturais e políticos;
- podem permitir o desenvolvimento de habilidades de raciocínio e de pensamento crítico;
- podem contribuir para uma melhor compreensão dos conceitos científicos;
- podem melhorar a formação dos professores permitindo-lhes uma compreensão mais rica e autêntica da ciência e de seu lugar nos esquemas intelectuais e sociais;
- podem facilitar a compreensão dos professores sobre as dificuldades dos estudantes para a aprendizagem de conceitos científicos;
- podem contribuir em debates atuais sobre temas educacionais, por exemplo, sobre o construtivismo, multiculturalidade, desenvolvimento sustentável, feminismo etc.

Assim, em geral, parece haver uma tendência na área em ensino de ciências para a adoção de uma dada perspectiva em relação a HFC, qual seja a de considerá-la como instrumento valioso para o aprimoramento do ensino de ciências, nas diferentes facetas apontadas por Matthews. Existe, porém, outra perspectiva, a partir da qual podem ser vistos os aportes da HFC qual seja a de utilizar estes aportes para mostrar ou exemplificar arestas sociológicas do fazer científico que, em alguma medida, questionam superioridade do conhecimento científico frente a outras formas de conhecimento. Nesta perspectiva é possível rastrear inicialmente o trabalho de Paul Feyerabend, sendo esta tendência seguida e aprofundada por alguns filósofos pós-modernistas e pela abordagem sociológica da História da Ciência, em particular a chamada escola de Edimburgo. Vários pesquisadores da área, como veremos em alguns casos

---

<sup>3</sup> Isto não é tão claro, contudo, em relação à visão que alguns cientistas têm sobre a história e epistemologia ou da utilidade da mesma (ver, por exemplo, alguns depoimentos de cientistas renomados em Grecco, 2001).

a seguir, parecem ver os aportes desta outra corrente com receio<sup>4</sup>. Fala-se, de fato, de uma espécie de ataque às ciências, perguntando-se quais poderiam ser os possíveis benefícios destas abordagens críticas em relação ao pensamento científico para o ensino de ciências.

Alguns dos pontos levantados a este respeito referem-se ao relativismo implícito nestas correntes. Por exemplo, Matthews, referindo-se aos sociólogos da escola de Edimburgo (*op. cit.*, p. 142) contesta a relação ao idealismo ontológico que estaria por trás destas posições quando estes afirmam que “aquilo que está lá fora é a consequência do trabalho científico em vez de sua causa”, ou que “o mundo natural tem um papel pequeno ou inexistente na construção do pensamento científico”. Para Matthews, embora seja verdade que os objetos teóricos não estão “lá fora”, eles se referem a objetos reais sobre os quais podem ser testadas as proposições decorrentes dos objetos teóricos. O relativismo, porém, não é um tema que esteja circunscrito a debates em HFC; Matthews associa também esta visão relativista às posturas construtivistas radicais que, assim como os sociólogos da ciência, confundiriam objetos teóricos e objetos reais.

Na mesma linha, Cudmani (2001, p. 156), partindo da idéia de que “a Ciência tem algo a dizer acerca da realidade, acerca do mundo. Tem algum valor de verdade”, questiona o relativismo radical que, segundo ela, é sustentado pelos sociólogos da ciência, negando “toda relação entre o mundo e o conhecimento científico”. A favor de uma posição realista, e citando Salle o Barra (1999, *apud.* Cudmani, *ibid.*, p. 165), indica que o sociólogo deveria aceitar que o pesquisador científico procura a verdade e que, embora se tenha que admitir que a organização social condiciona a pesquisa, a mesma não determina os resultados da pesquisa ou o valor de verdade dos mesmos. Cudmani considera que estas mudanças na forma de compreender a produção científica são prejudiciais, pois “somente a racionalidade e a constatação empírica poderiam nos ajudar a compreender melhor o mundo e a elaborar um futuro no qual seja possível viver” (*ibid.*, p. 165-166). Ela pergunta se “não foram esses valores de objetividade, de precisão, de racionalidade, os que deram às ciências e à educação científica a potencialidade de instrumentar o homem para interpretar e conhecer o mundo e tomar decisões em consequência” (*ibid.*, p. 166). No mesmo sentido, Matthews (*ibid.*, p. 160) argumenta que “o apelo à verdade, independente de desejos humanos ou de questões de poder” pode ser um meio libertador. Estes autores enfatizam assim, as vantagens do conhecimento emergente da ciência que permitiria, mediante sua aplicação e generalização, a superação de injustiças.

Para estes pesquisadores, as posturas relativistas colocam em questionamento não só a ciência, senão a própria validade do ensino de Ciências. Cudmani (*ibid.*, p. 166), por exemplo, questiona que “se se difunde uma concepção desvalorizada da ciência, desde a concepção mesma de seus modos de conhecer, que idéia de ciência vamos transmitir?” Parte destes temores pareceriam surgir do seguinte raciocínio: ao partir da idéia de que os objetos teóricos de que trata a ciência são acerca do mundo real, e podem ser deduzidas proposições *verdadeiras* sobre eles, então existe um conhecimento, o conhecimento científico, que é melhor que as concepções alternativas que os estudantes eventualmente possuem. Se, pelo contrário, a ciência ou as proposições dela deduzidas, não são acerca do mundo real ou não podem ser pensadas como verdadeiras, pode se tornar difícil justificar os esforços para mudar as crenças e concepções dos estudantes.

É interessante observar que muitas vezes não se discute, de forma explícita, as consequências da adoção de determinadas epistemologias para o ensino de ciências. Destacam-se seus benefícios, assim como são deduzidos possíveis modelos de mudança conceitual embasados neles, mas em poucas ocasiões se mostra o *status* dado ao conhecimento científico em cada uma

<sup>4</sup> Esta postura, porém, não é generalizada. Vários pesquisadores em ensino de ciências que trabalham sobretudo com a análise do discurso das produções de estudantes utilizam como referencial os trabalhos de sociólogos da Escola de Edimburgo, fundamentalmente os trabalhos de Latour.

delas. Villani (2001) lucidamente se questiona em relação às conseqüências que pode trazer para o ensino a adoção de certas posturas epistemológicas. Assim, este autor (*ibid.*, p. 177) separa por uma parte epistemólogos como Popper e Lakatos, cujas posturas colocam o conhecimento científico como um conhecimento privilegiado, pelo fato de “garantir mecanismos eficientes de contínuo aperfeiçoamento objetivo”. Nestes casos seria “justificado e até necessário o esforço para privilegiar o ensino das ciências, que eleva os alunos a um patamar de conhecimentos de natureza diferente” (*ibid.*). Em oposição, as posturas de Kuhn ou Feyerabend<sup>5</sup>, que implicam que o desenvolvimento de novas teorias pode envolver perdas cognitivas, relacionadas ao contexto cultural em que a ciência se insere, nos questionam em relação à necessidade ou ao valor do ensino de ciências. Pois se os valores culturalmente importantes de um paradigma antigo pudessem ser sempre atualizados, tornando-os competitivos, então talvez fosse mais interessante fomentar adaptações entre a cultura científica e as perspectivas alternativas presentes nas sub-culturas partilhadas pelos alunos de diferentes origens, em vez de tentar substituí-las (VILLANI, *ibid.*). No entanto, é possível mostrar que pelo menos Kuhn outorga ao conhecimento científico um valor relevante, o que se manifesta na sua divisão entre ciência e conhecimento pré-paradigmático (NOLA, 2001). Feyerabend, por sua vez, ainda mantendo que a ciência não é boa *per-se* e que os ganhos que a humanidade obteve por meio dela não podem ser simplesmente impostos, afirma que o conhecimento, qualquer conhecimento, deveria fomentar indivíduos mais felizes, sendo o conhecimento científico, pelas suas características, uma via neste sentido (FEYERABEND, 1991).

A preocupação com um suposto ataque ao conhecimento científico, expresso por pesquisadores da área de ensino de ciências, guarda relação com um debate generalizado envolvendo setores do mundo acadêmico ao longo da década de 1990, e que tem recebido o título de “guerra das ciências”. De fato, esse debate se remonta, em suas raízes, ao fenômeno identificado desde fins da década de 1950, por C. P. Snow, como o fosso crescente entre as duas culturas, isto é, a científica e a humanístico-literária<sup>6</sup>. Na “guerra das ciências” mencionada, os críticos do relativismo invocam que o questionamento ao *status* da ciência promovido por diferentes correntes, relativizando seu valor, só dificulta as negociações com a sociedade e impede que a ciência continue a cumprir o papel de alicerce de uma cultura civilizada. Nestes ataques se questiona tanto esse aspecto político da dita guerra, como a falta de coerência e congruência expressa por pensadores pós-modernistas em relação às teorias científicas, que seriam tratadas com leveza e impropriedade, extrapolando seus limites de aplicabilidade. Ou como Alan Sokal e Jean Bricmont (1997) colocaram na sua já famosa “denúncia”, as teorias científicas seriam utilizadas somente para dar um verniz cientificista a obscuras conversas sem muito conteúdo. O alvo principal de ataque é, novamente, o relativismo induzido por tais posturas. Uma investigação mostraria, curiosamente, que boa parte dos críticos do relativismo envolvidos na “guerra das ciências” expressa uma visão empirista e indutivista por vezes quase ingênua. No citado volume de Sokal e Bricmont, os autores dedicaram o capítulo 3 – “Intermezzo: o relativismo epistêmico na Filosofia da Ciência” – a uma explicitação de suas premissas epistemológicas. Aí o indutivismo e o empirismo aparecem com nitidez, com uma recusa liminar da tese da subdeterminação das

---

<sup>5</sup> É interessante destacar que na área de ensino de ciências os historiadores e epistemólogos estudados encontram-se principalmente na corrente objetivista, sendo somente Kuhn uma referência na área, ainda que, como discutido por Villani, dificilmente se ressalte sua postura relativista. Em relação a Kuhn, sua postura relativista é mais defendida na área da educação e vinculado a posições construtivistas. Este viés “objetivista” se manifesta também na ausência absoluta de discussão de autores que se encontram dentro de uma linha empiricista-indutivista, embora ainda hoje existentes.

<sup>6</sup> A literatura que constitui o corpus da “guerra das ciências” é muito extensa. Uma boa introdução ao tema pode ser encontrada no volume coletivo editado por Jay Labinger e Harry Collins (2001), com contribuições de autores como Alan Sokal, Jean Bricmont, Harry Collins e Trevor Pinch, oriundos dos dois lados da “guerra”. O texto seminal de Snow foi publicado em português em 1995.

teorias pelos dados empíricos. Não vamos aqui discutir o aspecto lógico dessa tese, mas lembrar dois episódios maiores da História da Ciência, caros ao desafio da Educação em Ciências, nos quais os dados empíricos isoladamente não foram suficientes para levar à escolha da teoria que prevaleceu. Estamos falando da opção pelo copernicanismo em detrimento do geocentrismo e do modelo de Tycho Brahe, no século XVII, e da opção pela teoria da relatividade einsteiniana, em detrimento das abordagens de Lorentz e de Poincaré para os mesmos fenômenos da eletrodinâmica dos corpos em movimento.

Estendendo um pouco mais os comentários sobre a crítica de Sokal e Bricmont, cabe ressaltar que esta transferência na aplicabilidade das teorias científicas acontece nos dois sentidos. São bem conhecidas na História da Ciência, embora menos divulgadas entre os próprios cientistas por razões óbvias, as diversas tentativas de cientistas eminentes no sentido de usar teorias e conceitos científicos em campos muito mais amplos do que aqueles nos quais tais teorias e conceitos foram corroborados. Darwinismo social, programas de eugenia e uso indiscriminado da noção de quociente de inteligência estão entre os exemplos mais conhecidos, mas uma disciplina como a Física não é imune a tais tendências. São bem conhecidas as tentativas de Niels Bohr no sentido de estender a complementariedade aos domínios da psicologia, da religião, da antropologia e da sociedade em geral. Conhecem-se menos as conjecturas dos físicos E.P. Wigner, J. von Neumann, F. London, e E. Bauer, no sentido de apelar para a consciência como explicação do chamado “problema da medição” da Teoria Quântica. No início do século XX Lord Kelvin, contrário à teoria da evolução darwiniana, recorreu à gravidade para calcular a idade do Sol, chegando a números que desautorizavam a própria teoria da evolução<sup>7</sup>. É certo que a ciência tem crescido, em geral, alargando o domínio de fenômenos cobertos por uma dada teoria. Não se trata aqui de criticar tal procedimento, mas de observar que o uso inadequado de conceitos e teorias científicas não pode ser imputado unilateralmente às humanidades, em especial a filósofos pós-modernos ou psicanalistas. Ou seja, este não é um fenômeno particular das humanidades ou das ciências sociais, senão que tem sido também uma marca das Ciências Naturais. Tampouco é um fenômeno novo. Se focarmos às origens das diferentes Ciências Sociais no século XIX poderemos observar que para as que se inseriram na corrente positivista, o paradigma no qual se calcaram, assim como algumas das teorias emergentes, eram um espelho da bem sucedida Física, de onde a expressão comtiana “física social” para a Sociologia nascente. Talvez o único elemento novo em tudo isto, atualmente, seja que agora as ciências da natureza não são tomadas como modelo, como paradigma a ser imitado, senão que estão colocadas, pelo menos por algumas correntes atuais de pensamento, no banco dos réus.

Dentro do próprio campo da História da Ciência a postura sociológica também tem recebido críticas (por exemplo, Martins, 2000) considerando-se que, embora seja útil e válido estudar as forças sociais que agem no desenvolvimento da ciência, proporcionando elementos que permitam compreender melhor a dinâmica científica, isto não pode ser considerado como a única vertente da análise. De fato, os sociólogos da ciência são acusados de acreditar que a dinâmica social da ciência pode ser compreendida e descrita sem qualquer referência a distinções relativas a valores epistêmicos, esquecendo que existem outros elementos – as análises psicológicas, epistêmicas, conceituais, que também trazem contribuições para a compreensão. A crítica de Martins, contudo, vai ao ponto de afirmar que para a educação em ciências interessa apenas uma história das ciências fortemente apoiada nos aspectos conceituais.

Como é possível observar, este tema é bastante complexo. Se partirmos da idéia, tão difundida no ensino de ciências, da necessidade de evitar uma visão rígida, a problemática e a histórica da ciência (FERNÁNDEZ *et al.*, 2003) e, relacionado com isto, evitar transmitir

<sup>7</sup> Para o caso de Wigner, ver Freire (2003). Para o caso de Kelvin, ver Hellman, 1999, (141-158).

uma visão deformada e descontextualizada, socialmente neutra da ciência, que em nada contribui à formação de cidadãs e cidadãos mais responsáveis, é necessário tentar perceber que elementos podem trazer estas análises pós-modernas para enriquecer uma imagem mais realista do fenômeno multifacetado que é a ciência contemporânea, em vez de simplesmente negá-las ou atacá-las. Consideramos que isto só pode contribuir para um melhor relacionamento entre ciência e sociedade, parecendo-nos um antídoto melhor contra tendências irracionalistas. Isto é, consideramos que esta postura é preferível a uma em que, em nome de uma defesa cega da ciência, não leve em consideração o legado crítico da Filosofia, da História e da Sociologia da Ciência. E esta postura não é, como às vezes parece resultar de alguns trabalhos, uma invenção pós-moderna, senão que de alguma forma foi estimulada pelo binômio Ciência – sociedade em usos militares e civis que têm posto em risco a sobrevivência do planeta desde meados do século passado.

### **A crise do paradigma da racionalidade científica moderna segundo Boaventura de Sousa Santos.**

Boaventura de Sousa Santos (BSS), destacado sociólogo português, em seu trabalho “A crítica da razão indolente” (2000)<sup>8</sup> discute a ciência no marco de uma análise sociológica dos tempos atuais, defendendo a tese de que nos encontramos em um período de transição paradigmática, em que o paradigma sócio-cultural da modernidade deverá deixar espaço a um novo paradigma. Como a Ciência surge no paradigma da modernidade sendo, aliás, uma de suas manifestações mais expressivas, BSS (*ibid.*, p. 49-51) coloca a necessidade de mostrar o papel que ela tem cumprido, quais suas expectativas e quais os logros e limitações alcançados, mostrando alguns indicativos, na própria ciência, que estariam revelando essa crise paradigmática. Talvez seja necessário ressaltar que a postura de BSS não nega à ciência, senão que coloca a necessidade de uma discussão crítica sobre a validade, hoje, de seus pressupostos fundadores, discussão esta que considera fundamental no estado atual do mundo. Embora nosso interesse no pensamento de BSS esteja restrito, no âmbito deste artigo, à sua crítica epistemológica ao papel da ciência na modernidade, e na crise da modernidade, deve-se ressaltar que para BSS essa crítica é parte de uma reflexão maior voltada para a reinvenção da utopia da transformação social. É sintomático que a reflexão de BSS esteja centrada na crítica da ciência, do direito e do poder, que os três volumes ulteriores à Crítica da razão indolente sejam dedicados à análise do direito, do poder, da política e da cultura política. Do mesmo modo, em um estudo mais recente (Santos, 2003b), quando fala de “uma sociologia das ausências e uma sociologia das emergências”, são ausências cognitivo-sociais que BSS quer fazer emergir. Esta dimensão mais ampla escapa ao escopo de nosso artigo, mas ela é relevante para a educação, e por extensão para a Educação em Ciências.

BSS (*ibid.*, p. 60 e subsequentes) descreve como a racionalidade científica se desenvolve, principalmente nas ciências da natureza desde a revolução científica do século XVI, passando no século XIX a presidir também o tipo de racionalidade das ciências sociais então emergentes. Assim, a partir do século XIX, BSS indica que é possível falar de um modelo de racionalidade global ocidental que, ainda com algumas variantes internas, se considera superior às formas de conhecimento comum e das chamadas humanidades, praticamente negando um caráter racional a qualquer forma de conhecimento não pautada em seus princípios epistemológicos e metodológicos. Esta ruptura entre o conhecimento científico e outras formas de conhecimento apareceria, segundo

---

<sup>8</sup> A discussão que Sousa Santos apresenta neste livro é uma continuação, modificação e ampliação de suas reflexões anteriores, expressas nos livros “Um discurso sobre a ciência” (1987), “Pela mão de Alice” (1994) e “Reinventar a democracia” (1998).

BSS, já na atitude mental dos iniciadores da ciência, que percebem que suas descobertas não decorrem exclusivamente de uma melhor observação dos fatos e sim de uma nova visão do mundo e da vida, diferente das visões aristotélicas e medievais ainda dominantes. Estas reflexões os teriam conduzido a uma luta acirrada contra todas as formas de dogmatismo e autoridade imperantes na época, sendo o caso de Galileu e sua luta contra a autoridade eclesiástica um exemplo marcante neste sentido. De fato, segundo BSS, nestas contendas contra a autoridade reside a raiz do poder emancipatório original da ciência.

Para BSS uma das características mais marcantes desta nova forma de conhecimento repousa na desconfiança sistemática da ciência moderna em relação com a experiência sensorial imediata, estabelecendo assim uma radical separação entre a natureza e o ser humano. A natureza se converte em um ser passivo, eterno, reversível, cujos mecanismos são passíveis de ser conhecidos e dominados, convertendo-se o cientista, desta forma, no “senhor e possuidor da natureza” (Bacon, *apud.* BSS, p. 62). Conseqüentemente, a natureza pode ser observada externamente, de forma livre, sistemática, descomprometida e rigorosa<sup>9</sup>.

Ao lado destes pressupostos, BSS coloca as matemáticas, que não fornecem à ciência moderna somente um instrumento de análise poderosíssimo, senão também a lógica da pesquisa e o modelo de representação privilegiado da própria estrutura da natureza<sup>10</sup>. Duas têm sido, na ótica de BSS, as conseqüências principais de se adotar tal parceiro. Por uma parte, conhecer passa a ser sinônimo de quantificar, e o rigor científico é avaliado pelo rigor das medições obtidas. Portanto, aquilo que não é quantificável não é relevante cientificamente. De outra parte, por ser o mundo complicado, para conhecer é preciso dividir e classificar, segmentar para depois determinar as regras entre as distintas partes. Ou seja, se faz imperiosa uma redução da complexidade, possibilitada epistemicamente pela separação entre a natureza e o homem e metodologicamente pelo uso da Matemática. A divisão primordial do Universo se dá, então, entre as condições iniciais, reino do caos e da complexidade, e as leis da natureza, reino da simplicidade e da regularidade. Esta separação, no entanto, de natural não tem nada, como bem destaca Wigner (1970, *apud.* BSS, *ibid.*), mas é um dos pressupostos fundacionais da ciência moderna.

Destes pressupostos emergiria o conhecimento científico, que aspira à formulação de leis que permitam prever o comportamento futuro dos fenômenos e que sejam independentes do lugar e do tempo em que se efetivam as condições iniciais. As leis, por outra parte, assentam-se em uma causalidade particular, a causalidade formal que privilegia o como funcionam as coisas, em detrimento de qual o agente ou qual a finalidade de determinada ação. Enquanto o conhecimento de senso comum faz indistinguíveis a causa e a intenção, o conhecimento científico, ao renegar a finalidade dos acontecimentos e tratar os fenômenos exclusivamente para a compreensão de seu funcionamento, permite prever e intervir sobre o real.

Além disto, um mundo embasado em leis supõe, como dito antes, uma natureza imutável, uma natureza assente na estabilidade e na ordem, uma natureza que repete o passado no futuro (BSS, *ibid.*, p. 64). Segundo BSS, embora possa parecer paradoxal que esta forma de conhecimento seja um dos pilares da idéia de progresso que se estabelece com força no pensamento europeu no século XVIII, a ordem e a estabilidade do mundo são precondições da transformação tecnológica (*ibid.*, p. 64). “O determinismo mecanicista é o horizonte certo de uma transformação de conhecimento que se pretende utilitário e funcional, reconhecido menos pela capacidade de compreender profundamente o real do que pela capacidade de o dominar e transformar. No plano social, é esse

<sup>9</sup> De fato, estes pressupostos sobre a existência ou a possibilidade da observação livre de teoria ou especulação, têm sido criticados por diferentes escolas epistemológicas no século XX.

<sup>10</sup> O livro da natureza está inscrito em caracteres geométricos, tanto para Galileu, como para Newton ou Einstein (BSS, *ibid.*, p. 63).

também o horizonte cognitivo mais adequado aos interesses da burguesia ascendente, que via na sociedade em que começava a dominar, o estágio final da evolução da humanidade” (p. 64).

Porém, segundo a tese de BSS, este modelo de racionalidade científica atravessa, atualmente, um período de crise. Para Sousa Santos, a promessa da dominação da natureza e do seu uso para o benefício comum da humanidade, que levava implícita ou explicitamente à promessa de uma sociedade mais justa e livre sobre a base da riqueza que poderia ser alcançada mediante o desenvolvimento tecnológico obtido a partir da ciência não tem acontecido. Ou seja, o poder emancipatório manifesto nas origens da ciência, não teria se desenvolvido de acordo com as expectativas criadas. Pelo contrário, o que se observa é uma exploração excessiva e despreocupada dos recursos naturais e o desenvolvimento do poder destrutivo da tecnologia. Assim, para BSS, a sociedade percebe agora uma nova insegurança oriunda dos desenvolvimentos científico-tecnológicos, insegurança associada às assimetrias entre a capacidade de agir e a capacidade de prever. Como expressado anteriormente, a capacidade de ação sobre o mundo é uma das características indiscutíveis da ciência moderna e da tecnologia por ela possibilitada. A ciência, pelos seus pressupostos, nos tem permitido uma capacidade de ação sobre o mundo sem precedentes na história da humanidade. Esta capacidade de ação, porém, ainda não é acompanhada por uma capacidade de previsão à altura. “A capacidade de previsão das conseqüências dos desenvolvimentos científicos e tecnológicos é muito menos científica que a ação científica” (*ibid.*, p. 57).

Segundo BSS esta assimetria pode ser lida desde dois ângulos diferentes. Em uma das perspectivas, a capacidade de ação é excessiva em relação à capacidade de previsão, colocando em questionamento a noção de progresso científico. A outra leitura, dominante para BSS, é que a nossa capacidade de previsão é ainda deficitária, exigindo-se, pois, mais ciência e, portanto, não questionando o tipo de ciência que é feita. Para BSS a crise do paradigma se assenta justamente na opção entre estas duas leituras. “Se uns parecem sustentar, de modo convincente, que a ciência moderna é a solução dos nossos problemas, outros parecem defender, com igual persuasão, que a ciência moderna é ela própria parte de nossos problemas... Qual das imagens é verdadeira? Ambas e nenhuma. É esta a ambigüidade e a complexidade da situação do tempo presente” (*ibid.*, p. 58)<sup>11</sup>.

Antes de tentar responder a estas questões, BSS apresenta quais seriam os sinais que, ao seu entender, mostrariam essa crise de paradigma da ciência moderna. Segundo BSS é possível distinguir condições sociais e condições teóricas na pluralidade de fatores que originariam esta crise. As condições sociais estariam associadas às promessas descumpridas. As condições teóricas, por outra parte, emergiriam do próprio avanço no conhecimento que a ciência gerou e permitiriam identificar as limitações e insuficiências do paradigma científico moderno. Entre estas condições teóricas, BSS destaca a revolução imposta pela Teoria da Relatividade, que muda a concepção de espaço e tempo absolutos e a Mecânica Quântica (MQ), que introduz a idéia de que não é possível observar ou medir um objeto, no mundo microscópico, sem interferir com ele. Esta última idéia conduz a uma teoria probabilística, que questiona o determinismo clássico e traz à tona também que a distinção sujeito/objeto é muito mais complexa do que parecia à primeira vista no marco da Física Clássica.

---

<sup>11</sup> Como apontado por BSS estas perguntas, de fato, não são novas: as mesmas já se colocavam no início do ciclo de produção científica. Rousseau, em seu *Discurso sobre as Ciências e as Artes*, de 1750, se perguntava se a ciência contribuiria para diminuir o fosso crescente da sociedade, entre o que se é e o que se aparenta ser, entre a teoria e a prática; se fazia sentido substituir o conhecimento vulgar da natureza compartilhado por todos, pelo conhecimento científico produzido e compreendido só por uns poucos. A estas perguntas Rousseau se pronunciava negativamente. Segundo BSS se faz necessário hoje, frente ao que a ciência e a tecnologia nos têm permitido, frente aos problemas solucionados, aos que ainda se mantêm e aos novos que são gerados, voltar a se colocar estas mesmas questões e repensar, à luz das respostas que se obtinham, a noção de progresso científico até agora dominante.

Lembremos que o rigor científico se mede, no paradigma da modernidade, pelo rigor das medições. E se a MQ coloca sob o tapete a existência de problemas na medição, esta problemática se agrava, para BSS, quando o rigor do veículo formal em que a medição é expressa também é questionado. Este rigor estaria sendo questionado a partir das investigações de Gödel sobre a não completude dos sistemas matemáticos e sobre a impossibilidade de, em certas circunstâncias, encontrar dentro de um dado sistema formal a prova da sua consistência. Desta forma, o rigor da Matemática não se poderia supor superior de *per-se*, e a ciência moderna não poderia mais continuar a pensar as condições de sucesso assentadas em tal rigor como naturais e óbvias. O rigor matemático, portanto, como outros rigores alternativos, seria assentado em um critério de seletividade.

A última condição teórica proviria, segundo BSS, fundamentalmente dos avanços na Biologia e na Química, que colocam em cena a questão dos sistemas em situações de não-equilíbrio e mostram o aparecimento de uma lógica de auto-organização nos sistemas para esses estados particulares, decorrentes das transformações termodinâmicas irreversíveis. Segundo BSS (*ibid.*, p. 70-71) a irreversibilidade nos sistemas abertos apontada por Prigogine colocaria para dentro do mundo das Ciências Naturais a noção de história, podendo fornecer uma nova concepção da matéria e da natureza. Para BSS a teoria de Prigogine não é um fenômeno isolado, senão que faz parte do que ele denomina de um *paradigma da auto-organização* que passaria diversas ciências.<sup>12</sup>

Além disto, o conhecimento alcançado sobre sistemas não-lineares permitiria, segundo BSS, acercar-nos a uma melhor compreensão da discrepância antes apontada entre a capacidade de ação da tecnologia possibilitada pelo avanço das ciências e sua capacidade de predição. Assim a não-linearidade dos sistemas, colocaria em dúvida e, em certa medida negaria, o pressuposto de que o controle das causas possibilita o controle das conseqüências. “Pelo contrário, a falta de controle sobre as conseqüências significa que as ações empreendidas têm, não apenas as conseqüências intencionais (lineares) da ação, mas uma multiplicidade imprevisível (potencialmente infinita) de conseqüências. O controle das causas, sendo absoluto, é absolutamente precário” (BSS, *ibid.*, p. 80).

A reflexão sobre estas idéias levaria à necessidade de reformular o conceito de lei e de causalidade a ela associada: até agora as formulações de leis se centrava, no paradigma clássico, em uma separação grosseira do mundo, em uma escolha arbitrária de um número pequeno de condições iniciais. Este paradigma emergente questionaria estas simplificações arbitrárias da realidade. As limitações deste pressuposto teriam sido mascaradas, pelo menos em parte, segundo BSS, no tratamento linear dos sistemas. No entanto, no momento em que começam a ser considerados sistemas não-lineares, a separação não seria mais possível. A noção de lei assentada na separação nítida entre o objeto de estudo e o caótico mundo externo, precisaria ser substituída pelas noções de sistema, estrutura e processo. E a causalidade emergente dessas leis, a causalidade particular do modelo científico clássico, que abria espaço para a intervenção sobre o real e que media seu êxito pelo produto dessa intervenção, passaria a ser questionada.

Junto com isso, aparece também um questionamento acerca do conteúdo do conhecimento científico, acerca de suas limitações. Por uma parte, a propriedade deste conteúdo é

<sup>12</sup> Este *paradigma da auto-organização* estaria presente também na *sinérgica de Haken*, no conceito de *autopoiesis de Maturana e Varela*, no conceito de *hiperciclo e origem da vida de Eigen*, na *teoria das catástrofes de Thom*, na *Teoria da Evolução de Jansich*, na *Teoria da Ordem implicada de Bohm* e na *Teoria da Matriz-S de Chew* (BSS, *ibid.*, p. 71). A aposta de BSS nessas abordagens é, a nosso ver, uma das fraquezas de seu pensamento, por torná-lo tributário do sucesso ou insucesso dessas abordagens, que apontariam para um novo paradigma. Como exemplo, notamos que BSS persiste, ao menos nesse texto (Santos, 2000), na aposta em idéias como a da *ordem implicada de Bohm*, e da “*matriz-S*” de Chew, em um momento em que é claro entre os físicos que tais abordagens não se revelaram frutíferas, e que mesmo a sua novidade inicial já foi dissipada.

questionada dada as simplificações a partir das quais emerge e que se mostram insuficientes para poder compreender a complexidade do mundo. A superespecialização a que leva a busca do conhecimento no paradigma clássico, reduzindo cada vez mais o objeto, impediria um conhecimento apropriado das totalidades orgânicas. Por outra parte, a própria noção de precisão quantitativa do conhecimento se mostraria também limitada. Uma experiência rigorosa termina sendo irrealizável, dado que ao aumentar a precisão da medida se aumenta a entropia do sistema, e a relação entre informação obtida e o aumento concomitante de entropia é, segundo as teorias da informação (Brillouin, 1959), sempre inferior à unidade.

Finalmente, as conseqüências de todas estas condições teóricas levam BSS a indicar que “Os pressupostos metafísicos, os sistemas de crenças, os juízos de valor, não estão antes nem depois da explicação científica da natureza e da sociedade. São parte integrante dessa mesma explicação. A ciência moderna não é a única explicação possível da realidade. Nada há de científico na razão que hoje nos leva a privilegiar uma forma de conhecimento baseada na previsão e controle dos fenômenos. No fundo, trata-se de um juízo de valor” (BSS, *ibid.*, p. 84-85). Após esta análise, BSS especula acerca de quais poderiam ser algumas das características do paradigma emergente, que declara ser diferente de outras já apontadas, por exemplo, por Prigogine.

Certamente as teses defendidas por BSS não estão isentas de críticas<sup>13</sup>, não tanto no que se refere à sua análise dos alicerces do modelo clássico de fazer ciência, mas em relação às conseqüências que emergiriam desta análise. Por uma parte se questiona quais seriam as necessidades “internas” do paradigma da modernidade que poderiam conduzir a esta mudança. Se o capitalismo, sustentado em grande parte pelos avanços tecnológicos obtidos pelo desenvolvimento do paradigma modernista da ciência, continua cada vez mais igual a si mesmo, resulta difícil pensar quais as razões para que este paradigma da ciência mude. De Deus (2003) considera que é uma ilusão perigosa tentar forçar o estado atual do mundo nesta visão, que pode eventualmente levar à negação da Ciência e, embora os males da Ciência sejam muitos, uma não ciência seria pior (*ibid.*, p. 55). Por outra parte, considera-se que as “condições teóricas” apresentadas por BSS em nada mostram uma crise paradigmática, continuando-se ainda a fazer a mesma ciência que nos tempos de Galileu. Para de Deus (*ibid.*, p. 101-112) a relatividade está embutida na Física Clássica e, ao contrário do apontado por BSS, reforça o papel da causalidade; as sutilezas da MQ em nada afetaram o modo de fazer ciência – ainda levando-se em conta que a maioria dos físicos não as entende; o teorema de Gödel não poderia ser generalizado, no sentido em que BSS o faz; e, finalmente, embora a ciência durante séculos tenha desconsiderado o tratamento do mundo das complexidades, da forma como é tratado agora “não parece credível que ao passar de equações lineares para não-lineares se seja forçado à mudança de paradigma. A matemática no fundo é sempre a mesma” (DE DEUS, 2003, p. 84).

Independentemente de uma concordância geral com os pontos de vista de BSS, consideramos que existem alguns elementos neles que abrem possibilidades para as quais os pesquisadores em ensino de ciências poderiam estar sensíveis. Em primeiro lugar, consideramos que resultam interessantes em relação aos pressupostos epistemológicos e metodológicos fundacionais do conhecimento científico. Embora desde a pesquisa em ensino de ciências aspectos epistemológicos e metodológicos do fazer científico sejam incentivados e introduzidos em propostas didáticas inovadoras, dificilmente são discutidas explicitamente as características que separam o conhecimento científico do conhecimento comum, que os alunos utilizam fora de suas aulas de ciências. Estas características são ressaltadas e analisadas por BSS: a separação

---

<sup>13</sup> Uma discussão multilateral das teses de Boaventura de Sousa Santos pode ser encontrada em Santos (2003a). Esta coletânea reúne textos de 34 autores, e foi motivada pelos ataques sofridos por Santos no contexto do que podemos chamar de “batalha portuguesa” da “guerra das ciências”.

entre sujeito e objeto, o papel central da medição e a posição da matemática, não só como instrumento, senão também como legitimação dos saberes alcançados sobre a natureza. Uma discussão sobre estas questões certamente possibilitará aos estudantes uma melhor compreensão desta forma de saber.

Por outra parte a introdução da discussão de como conceitos e teorias desenvolvidas no século XX questionam, desde diferentes perspectivas, os pressupostos implícitos da Ciência, poderia também servir de elemento motivacional para incentivar os estudantes ao estudo destes temas, como o do tratamento de sistemas não-lineares, teorias de caos, a Relatividade ou a Mecânica Quântica. Finalmente a interpretação sociológica de BSS, de como a ciência e a tecnologia se complementam e legitimam, pode servir para problematizar estas questões, dado que se sabe que as relações entre ciência e tecnologia, como indicam Fernández *et al.* (2003) são pouco compreendidas por professores e estudantes, que geralmente têm visões muito ingênuas e simplistas delas.

A leitura de BSS de como emergem os pressupostos do conhecimento científico permite ver a ciência como uma construção humana, não emergente de “pressupostos divinos” e inquestionáveis. São frutos de uma sociedade e, de alguma forma, também são sementes do presente que vivemos. Por isso, possivelmente, a maior contribuição que esta leitura pode nos trazer seja a formação de cidadãos críticos que possam questionar os produtos culturais de seu tempo e ser capazes para preparar-se para co-construir um novo paradigma de conhecimento científico, um paradigma que se caracterize, como diz Boaventura de Sousa Santos, por um *conhecimento prudente para uma vida decente*.

### Sociologia e história social da ciência – a crítica da ciência realmente existente.

Como vimos na primeira parte deste estudo, tanto a sociologia da ciência desenvolvida a partir da década de 70 quanto a história social da ciência que nela tem se inspirado estão no centro da crítica pelo seu suposto, e em alguns casos assumido, relativismo. Os críticos mais proeminentes dessa corrente podem ser encontrados entre cientistas, filósofos e mesmo sociólogos da ciência, associados ou não ao que tem se denominado de “guerra das Ciências”. Nosso argumento é que tais contribuições devem ser avaliadas não só pelos seus pressupostos filosóficos, mas especialmente pela sua maior ou menor contribuição para tornar mais inteligível o fenômeno da ciência, de sua produção e de sua difusão nas sociedades contemporâneas; e que a investigação em educação em ciências ganhará em fecundidade se investigar as implicações – para a educação em ciências – dessa imagem da ciência “realmente existente”. Nosso argumento será exemplificado com alguns exemplos oriundos da história social da ciência, no caso concreto da História da Física, e não diretamente da sociologia da ciência. Essa opção é justificada pela nossa maior familiaridade com a literatura da História das Ciências e com a necessidade de evitarmos uma discussão, relevante para a sociologia mas não para o nosso estudo, sobre o alcance das diversas abordagens contemporâneas da Sociologia da Ciência<sup>14</sup>. Em contrapartida, a história social da Ciência absorveu da sociologia da ciência uma característica comum às diversas abordagens sociológicas, e relevante para o nosso argumento: a ênfase da investigação nas “práticas” da ciência e o abandono da apresentação de idéias “desencarnadas”.

Desenvolveremos nosso argumento em duas direções independentes. A primeira delas é relevante para a compreensão da física tal qual ela é praticada nos países desenvolvidos, mas tem implicações para países em desenvolvimento como o nosso. A segunda tem sua relevância centrada em países em desenvolvimento, e é relevante para o esforço de inserção da ciência na história e na cultura desses países.

<sup>14</sup> Uma retrospectiva crítica, mas não neutra, das diversas abordagens da sociologia da ciência pode ser encontrada na última obra de Pierre Bourdieu (2001), especialmente em seu Capítulo 1. Uma introdução mais panorâmica, e com propósitos mais didáticos à sociologia da ciência pode ser encontrada em Martin (2000).

Para desenvolver o nosso argumento na primeira direção, convidamos o leitor a um exercício. Tomemos um trabalho de Larry Laudan, filósofo muito influente nas pesquisas em ensino de ciências e conhecido por suas críticas ao relativismo dos estudos sociais da ciência. Em um texto muito cuidado, escrito para uma obra de referência sobre a História das Ciências – *Companion to the History of Modern Science* –, Laudan investe contra o que denomina de história não-cognitiva. Ele afirma que “a nova, e aparentemente muito influente, raça de historiadores sociais da ciência com frequência leva em conta virtualmente tudo sobre tais cientistas, *exceto suas idéias sobre o mundo natural!*” Para ilustrar qual tipo de história estava criticando, Laudan citou obras de Kevles, de Gillispie, e de Thackray e Morrel<sup>15</sup>. Desse modo Laudan opera uma desqualificação do valor intelectual dessas obras, sugerida pelo texto e pelo epíteto de história não-cognitiva. Para focar nossa atenção, tomemos o trabalho de Kevles, essencial para a compreensão da história da física norte-americana, e de seu ensino, no século XX. Façamos um exercício com um fragmento daquela obra, tendo em vista avaliarmos se o ensino de física pode ser enriquecido, ou não, com as contribuições que possam derivar de tal obra.

Examinemos o capítulo “Nova revolta contra a ciência”, da obra de Daniel Kevles.<sup>16</sup> O título poderia levar um leitor desavisado a pensar que Kevles fala de tendências irracionistas, pós-modernas, contra-cultura, ou de filósofos como Feyerabend. A leitura surpreenderá, porque Kevles analisa como, no período 1960-1970, a opinião pública nos Estados Unidos mudou sua atitude face à Física. O autor nos lembra, inicialmente, que, no período que se seguiu à Segunda Guerra, “a maioria dos americanos – progressistas, conservadores, e os milhões que não são uma coisa nem outra – tinham estado propensos, desde Hiroshima, a tolerar tal falta de imputabilidade [dos físicos], isso é, de responsabilidade pelos seus atos. Eles identificavam a elite científica com a máquina industrial que produzia os bens e a prosperidade da sociedade que se desenvolvia. Durante a Guerra Fria, eles consideravam a mesma elite como indispensável para a defesa nacional”<sup>17</sup>. O autor alerta, em seguida, que, “pelo final da década, nos tumultuados anos da Guerra no Vietnã, milhões de Americanos passaram a questionar a responsabilidade social de um grupo tão estreitamente identificado com o complexo industrial-militar, como os físicos da nação”<sup>18</sup>. Como bom historiador, Kevles apóia sua afirmativa em evidências como pesquisas de opinião que revelaram, mesmo após a chegada à Lua do primeiro homem (norte-americano) a bordo da Apollo 11, que os americanos atribuíam à corrida espacial uma importância menor, como problema nacional, do que a poluição do ar e da água, ou a pobreza e o emprego. Pesquisas também revelaram, já em 1971, que a confiança pública nos cientistas caía rapidamente, tendo chegado a apenas 37%. Nesse contexto, Kevles traz à tona o discurso do Presidente Lyndon Johnson aos cientistas, no qual o presidente lembra que “vocês e eu sabemos que Frankenstein foi o médico, e não o monstro; mas deveríamos lembrar que as pessoas do vilarejo, enraivecidas com o monstro, marcharam contra o médico”<sup>19</sup>. Embora fale da insatisfação dos americanos com a falta de empregos e a poluição do ar e da água, problemas influenciados pelo desenvolvimento científico e tecnológico, Kevles acentua que nada contribuiu mais para a crise de confiança no poder da elite científica em suas relações com a indústria e o governo que a guerra do Vietnã, seja pelo número de estudantes que nos principais campi optaram pelo desafio à cultura estabelecida, seja pela crítica, surgida entre os próprios físicos, às pesquisas com implicações militares<sup>20</sup>.

---

<sup>15</sup> Laudan (1990), ver p. 51, e nota 5. Os grifos são do original. As obras citadas e criticadas são *The Physicists*, de D. Kevles; *Science and polity in 18th-century France*, de C. Gillispie; e *Gentlemen of Science*, de Thackray e Morrel.

<sup>16</sup> Kevles (1979, pp 393-409).

<sup>17</sup> Op. cit., p. 395.

<sup>18</sup> *Idem*.

<sup>19</sup> *Idem*, p. 398-400.

<sup>20</sup> *Idem*, p. 401-405.

Resumindo, Kevles evidencia que a “nova revolta contra a ciência”, longe de ser uma atitude dos suspeitos de sempre da crítica à ciência foi, em verdade, um dos acontecimentos históricos e sociais que marcaram indelevelmente a história dos Estados Unidos no século XX. É o caso de perguntarmos se tal contexto não teria nenhuma relação com o ensino de ciências. Conhecemos bem o contexto anterior, do final dos anos 50 e início dos anos 60, posterior ao lançamento, pelos soviéticos, do Sputnik, primeiro satélite artificial. É parte da “visão recebida” de todos que atuam na área do ensino de física a notícia das verbas fartas e do largo apoio social e político ao ensino de ciências, contexto que produziu a física dos “projetos”, dos quais o mais notório e influente foi o PSSC, com amplo impacto em todo o mundo, inclusive no Brasil. Sabemos também da fuga das salas de ciências, da chamada crise na alfabetização em ciências, bem documentada nos Estados Unidos em período posterior, em meados de 1980, década seguinte ao período que Kevles denominou como o da “nova revolta contra a ciência”<sup>21</sup>. Seria essa fuga um fenômeno completamente independente dessa “revolta contra a ciência”? Tal correlação, contudo, tem sido pouco explorada na literatura e na formação dos professores de ciência. Vivemos atualmente outros episódios – conflitos no Oriente Médio – no qual a ciência, no caso a física, de novo aparece como um empreendimento estreitamente ligado a aplicações militares, no caso como responsável pela precisão dos mísseis usados na chamada “guerra cirúrgica”, com a qual os Estados Unidos ocuparam o Iraque. Será que a imagem da física associada a armas mais destrutivas não contribui para afastar da disciplina que ensinamos aqueles estudantes com maior sensibilidade humanística? Tais hipóteses têm estado ausentes de nossas pesquisas, as quais não incluem na investigação da visão da “natureza da ciência” partilhada por estudantes e professores, as conexões com tais problemas<sup>22</sup>. Contudo, parece claro que o destino do nosso ofício – ensino da Física – não é independente das relações desse ofício com a sociedade, nem do modo como a sociedade percebe este ofício. Por essas razões, parece-nos que um livro como o de Kevles, mesmo sem detalhes do conteúdo da física, nos ajuda a compreender melhor o que foi a física no século XX, e não merece o epíteto que Laudan lhe destinou, o de uma história não-cognitiva.

A associação entre pesquisa científica e usos militares sugere uma outra situação como exemplar, que vem sendo esclarecida pela história social da ciência e que permanece distante das nossas preocupações como educadores em ciências. A questão que tem mobilizado um autor como Paul Forman (1987, p. 200) é a de saber “qual direção do avanço da ciência, e por isso qual tipo de ciência, resultou do patrocínio militar”, na física norte-americana do pós-Segunda Guerra Mundial. Note-se que não estamos falando dessa influência durante a Segunda Guerra, ou na corrida nuclear após a Segunda Guerra, mas de uma questão bem mais geral. Forman está preocupado em entender os processos que levaram à criação e difusão, por exemplo, do transistor e do *laser*. Como Forman reconhece, a questão já havia sido sugerida por Kevles<sup>23</sup>, mas a investigação histórica sistemática de Forman tem revelado que os interesses militares, a defesa dos Estados Unidos, influenciaram a física do período em uma escala muito mais significativa do que muitos de nós estamos dispostos a admitir. De fato, a resposta de Forman (1987, p. 150) é que “a física norte-americana, acelerando seu crescimento quantitativo, sofreu uma mudança qualitativa em seus propósitos e caráter, um alistamento e integração do grosso de seus praticantes e de sua prática na perseguição da segurança nacional através de tecnologias militares mais e mais avançadas”. Forman argumenta que várias opções que pareceriam naturais

<sup>21</sup> Uma breve revisão dessa crise pode ser encontrada em Matthews, op. cit, p. XIV-XV e 29-33.

<sup>22</sup> Citamos como exemplo a dissertação Teixeira (2003), realizada sob orientação de um dos autores desse artigo (Freire Jr.). Essa dissertação utilizou o questionário sobre concepções sobre a natureza da ciência proposto por Lederman et al., o qual foi amplamente validado, conforme literatura internacional. Tal questionário entretanto, não contempla essa dimensão social presente na ciência contemporânea.

<sup>23</sup> Ver Kevles (1979, 287-426 e 457-464).

foram, em verdade, resultado desse contexto<sup>24</sup>. Dentre essas opções, eles assinalam a ênfase na busca de aplicações, na produção dos *gadgets*, na Eletrônica Quântica e no estado sólido, na fenomenologia em detrimento da teoria de campo. Da enorme massa de dados quantitativos que Forman recolheu em seu estudo, um deles nos parece significativo o suficiente para ser trazido aqui, pelo seu desafio ao nosso senso comum sobre a história do século XX. Entre 1950 e 1960, as vendas de produtos eletrônicos nos Estados Unidos aos consumidores não apresentaram crescimento a cada ano; em contrapartida, as vendas de produtos eletrônicos para os serviços militares cresceram 650% no mesmo período, em dólares constantes (FORMAN, 1987, p. 160).

Se é verdade que, como parece, os pesquisadores em ensino de ciências ainda não revelaram sensibilidade para as conexões entre a dimensão social da ciência e seu ensino salvo, talvez, as abordagens didáticas centradas na relação ciência – tecnologia – sociedade, ou as abordagens contextuais, é notável observar que os próprios historiadores sociais da ciência começam a abordar as implicações pedagógicas de certos aspectos nitidamente sociais da história da física no século XX. Estamos nos referindo aos estudos de David Kaiser, que tem mostrado essas influências pelo menos no caso da formação pós-graduada dos físicos norte-americanos. É interessante notar que Kaiser publicou dois estudos, recentemente, que evidenciam tendências pedagógicas que derivam de contextos políticos quase contrapostos, mas ambos presentes nos Estados Unidos do pós-Segunda Guerra. Kaiser (2002a) mostrou que no caso do físico G. Chew, sua atuação em defesa dos direitos individuais, no contexto do macartismo dominante na década de 50, levou não só a um discurso que repercutiu no tipo de física que fez, mas repercutiu também nos métodos para a formação de seus estudantes, métodos onde a usual hierarquia, orientador – orientando, foi abandonada e substituída por relações mais horizontais. Em outro trabalho, Kaiser (2002b) sugeriu que o modo como os físicos americanos exploraram o contexto da Guerra Fria, defendendo e formando físicos em uma escala sem precedentes como parte da segurança norte-americana, condicionou a formação desses estudantes. Concretamente, ele sugeriu que a formação mais tutorial cedeu espaço para a formação em série e reforçou a tendência pragmática já presente na física norte-americana. Oxalá investigações similares abordem temas do Ensino de Física nos níveis médio e superior, e em um número maior de países.<sup>25</sup>

Na segunda direção de nosso argumento notamos que a história da ciência, estritamente como uma história de idéias, não pode atribuir um papel muito relevante para a ciência produzida nos países que estiveram fora do círculo no qual a ciência moderna foi produzida, e fora do rol dos países industrializados. Só com o deslocamento do foco – de uma história de idéias “desencarnadas” para uma história de idéias “corporificadas” –, com a ênfase na atividade da produção e da difusão da ciência, é que a ciência em países como o nosso adquire um papel mais relevante na nossa história<sup>26</sup>. A seguinte frase ilustra bem o significado, para os nossos países, dessa mudança de abordagem historiográfica: “procurando pelo esperado a história tradicional da ciência não viu o existente”<sup>27</sup>. Ora, integrar a ciência na história de nossos países é uma condição que parece necessária para o êxito da difusão da Educação em Ciências. Vamos ilustrar nosso argumento com dois exemplos caros aos professores de Física.

---

<sup>24</sup> Sem a pretensão de exaustividade citamos alguns estudos que complementam ou ampliam tais investigações: Kevles (1990), Bromberg (1991), e Forman (1996). Aaserud (1995) estuda forte envolvimento dos físicos E. P. Wigner e J. A. Wheeler, e do economista Oskar Morgenstern, todos da Universidade de Princeton, no direcionamento da pesquisa para objetivos ligados à segurança, envolvimento que resultou na criação do Projeto Jason.

<sup>25</sup> Outros estudos que abordam a interação entre a produção da física e a formação dos físicos, são Kaiser (2005a), (2005b). Ver também a edição especial, dedicada ao tema “Cultures of Theory”, da revista *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, 29B(3), 1998.

<sup>26</sup> Este deslocamento na historiografia das ciências no Brasil está apresentado sinteticamente em Dantes (2001).

<sup>27</sup> Para uma discussão dessa questão, ver Saldaña, 2000.

A historiografia contemporânea da ciência tem levado, em escala internacional, a uma revisão do papel usualmente atribuído aos Jesuítas no processo da constituição da ciência moderna. No Brasil tais pesquisas, conduzidas principalmente por Carlos Ziller Camenietzki, têm mostrado que a idéia de que a pesquisa em Física, Astronomia e Matemática no Brasil começou em 1934, com a criação da USP, ou na melhor das hipóteses, no caso da Astronomia, no Império, é um mito histórico que precisa ser submetido ao crivo da investigação. Duas figuras têm avultado nas novas narrações que vão sendo construídas da atividade científica dos Jesuítas no período colonial. A primeira é a de Valentin Stansel, astrônomo e matemático, que viveu os últimos 30 anos de sua vida no Colégio de Jesus, entre fins do século XVII e início do XVIII, em Salvador. Observações astronômicas da passagem de um cometa, feitas por Stansel, no Colégio de Jesus, na Bahia, são citadas por Isaac Newton, nos *Princípios Matemáticos da Filosofia Natural*<sup>28</sup>. A segunda é a de José Monteiro da Rocha, que viveu em Salvador até meados do século XVIII, quando os Jesuítas foram expulsos do Brasil. Monteiro da Rocha abandonou a Ordem e fez carreira relevante na reforma da universidade portuguesa sob o comando de Pombal. Recentemente os historiadores encontraram um manuscrito inédito de Monteiro Rocha com cálculos sobre as órbitas dos cometas, escrito ainda em Salvador. Esse manuscrito é revelador do domínio da mecânica newtoniana e da capacidade matemática atingidas pelo sábio brasileiro, em meados do século XVII<sup>29</sup>.

O segundo exemplo está associado a eventos que já integram a história oficial da física no Brasil. Trata-se da descoberta do pión, por Cesare Lattes, entre 1947 – 1948. Sabemos, também, que a criação do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas [CBPF] e do Conselho Nacional de Pesquisas [CNPq] em 1949 e 1951, respectivamente, foram marcos importantes da nossa história. A historiadora Ana Maria Ribeiro de Andrade (1998) evidenciou, de modo convincente, que a criação de tais instituições foi a resultante de um processo no qual cientistas traduziram seus interesses nos termos dos interesses de militares, políticos e empresários nacionalistas, disso resultando a força social necessária à criação das duas instituições. Seu estudo documenta que o prestígio adquirido por Lattes no exterior e junto à opinião pública brasileira, e a importância atribuída à física nuclear na conjuntura do pós-guerra, permitiram a aliança que esteve na base da criação dessas novas instituições tão relevantes para o desenvolvimento da física no Brasil. A criação do CBPF, portanto, não foi fruto exclusivo do prestígio de Lattes, nem da abnegação dos nossos físicos, que trocaram carreiras no exterior pelo desenvolvimento da física no Brasil. Tais instituições podem ser vistas como resultado de uma articulação entre a conjuntura internacional da Guerra Fria e uma conjuntura bem específica da história brasileira, a “era Vargas”. O mérito de Lattes, Leite Lopes e Tiomno reside, portanto, no modo como souberam explorar tal articulação além, naturalmente, de seus méritos científicos. Se essa contribuição da história social da ciência brasileira for incorporada ao ensino de física, então Cesare Lattes, o nosso herói nacional, descobridor do pión e injustiçado na atribuição do Prêmio Nobel, poderá finalmente ser plenamente incorporado à história do Brasil no século XX.

### Implicações da “crítica forte” para a educação em ciências

“Que idéia de ciência vamos transmitir?” era a pergunta que de alguma maneira sintetizava as preocupações de pesquisadores da área de ensino de ciências frente às colocações da crítica forte à “história tradicional” da ciência. Nosso propósito neste trabalho foi mostrar

<sup>28</sup> Referências ao Brasil aparecem nos *Principia* em duas ocasiões. Além das referências às observações de Stansel, Newton comenta os dados da expedição de Couplet à Paraíba. Ver Moreira (1991 e 2003).

<sup>29</sup> Ver Camenietzki (1999 e 2003), e Rocha (2000).

tomando só alguns exemplos que, justamente pensando nesta questão, é necessário incorporar contribuições da “crítica forte” na Educação em Ciências – tanto no que se refere ao ensino propriamente dito como ao ideário da sua pesquisa. Uma ciência desencarnada e a-histórica, uma ciência puramente cognitiva ou uma ciência que permita perceber o conhecimento científico como fruto de uma época, de uma dada sociedade, de um dado contexto? Uma ciência “puritana” ou uma ciência com complexas relações com a tecnologia, o mercado e o desenvolvimento militar? Uma ciência que em nome de suas conquistas não pode ser questionada em relação às conseqüências não desejadas? Uma ciência que pela sua “superioridade cognitiva” pode ser eximida de críticas pela sociedade que a sustenta?

Embora pareça ser um lugar comum na área considerar que ao criticar visões “positivistas” da ciência estamos “humanizando-a”, a visão de ciência<sup>30</sup> que continua a subjazer é mais ou menos a mesma. Na comemoração aos 25 anos do *International Journal of Science Education*, Derek Hobson (2003) coloca, de forma lúcida, que o ideal de alfabetização científica tão pregado na última década não tem uma definição clara e que todos os modelos propostos e as reformas curriculares que dizem se sustentar nos enfoques CTS e contextualizados, com os aportes da História e Filosofia da Ciência, continuam de alguma forma reproduzindo o enfoque em conhecimentos e competências, uma espécie de conhecimento para o mercado (seja para a produção, seja para o consumo). Nenhuma destas propostas se questiona em relação ao *status* do conhecimento científico, ao desenvolvimento tecnológico por ele permitido, à noção de progresso implícita e às conseqüências do uso do conhecimento científico para a vida no planeta. Nenhuma destas propostas tampouco põe em questão o papel desempenhado pela ciência moderna na produção social das “ausências” de que nos fala Boaventura de Sousa Santos. Segundo Hobson, isto impede a formação política dos cidadãos, no sentido de cidadãos comprometidos com real ação sobre o mundo futuro. Esta formação, exigida hoje desde diversos fóruns mundiais relacionados com o desenvolvimento sustentável e com a paz, só pode ser conseguida mediante uma análise crítica do desenvolvimento científico. Ou seja, não é possível discutir o estado atual do mundo e pensar em futuros alternativos mais equilibrados, sem levar em conta as causas que levaram a isso.

O aqui expresso não significa abandonar a discussão das teorias científicas, de seus conceitos<sup>31</sup>, senão refletir sobre qual história e epistemologia da ciência estamos usando e para quê. Certamente muito se tem avançado na incorporação destes temas no ensino e na pesquisa em educação em ciências; a nossa aposta é que este avanço não seja freado por preconceitos em relação a esta nova camada de filósofos, historiadores e sociólogos da ciência. Consideramos que estas correntes de pesquisa, independentemente do problemático de certos de seus pressupostos, têm a contribuir à nossa compreensão da ciência e dos processos históricos, e à formação de cidadãos mais responsáveis. Acreditamos, portanto, ser necessário repensar em nossas pesquisas e no ensino a visão de ciência desde uma postura mais ampla que aquela fornecida pela própria história interna da ciência.

---

<sup>30</sup> Não a de como se faz a ciência.

<sup>31</sup> Nem muito menos tirar o ensino de ciências da formação básica dos cidadãos.

## Referências

AASERUD, F. Sputnik and the “Princeton three”: the national security laboratory that was not to be. **Historical Studies in the Physical and Biological Sciences**, Berkeley, v. 25, n. 2, p. 185-239, 1995.

ANDRADE, A. M. R. **Físicos, mésons e política: a dinâmica da ciência na sociedade**, São Paulo: Hucitec, 1998.

BOURDIEU, P. **Science de la science et réflexivité**. Paris: Raisons d’agir, 2001.

BROMBERG, J. L. **The laser in América 1950-1970**, Cambridge: The MIT Press, 1991.

CAMENIETZKI, C. Z. Esboço biográfico de Valentin Stansel (1621-1705), matemático, jesuíta e missionário na Bahia, **Ideação**, Feira de Santana, v. 3, p. 159-182. 1999.

\_\_\_\_\_. The celestial pilgrimages of Valentin Stansel (1621-1705), jesuit astronomer and missionary in Brazil. In: FEINGOLD, M. (Org.). **The New Science and Jesuit Science: Seventeenth Century Perspectives**. Dordrecht : Kluwer, 2003, p. 249-270.

CUDMANI, L. C. Cuestiones que plantean las concepciones posmodernas en la enseñanza de las ciencias. Visiones de científicos destacados de la historia. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 7, n. 2, p. 155-168, 2001.

DANTES, M. A. M. Introdução. In: DANTES, M. A. M. (Org.). **Espaços da ciência no Brasil 1800-1930**. Rio de Janeiro: Ed. da Fiocruz, 2001. p. 13-22.

DEUS, J. D. de. **Da crítica da ciência à negação da ciência**. Lisboa: Gradiva. 2003.

DUSCHL, R. A. Science education and philosophy of science twenty-five years of mutually exclusive development. **School Science and Mathematics**, Menasha: School Science and Mathematics Association, v. 87, n. 7, p. 541-555, 1985

FERNÁNDEZ, I.; GIL, D.; VILCHES, A.; VALDÉS, P. ; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J.; SALINAS, J. El olvido de la tecnología como refuerzo de las visiones deformadas de la ciencia. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 2, n. 3, Monográfico. Artículo 2. Disponível em: <http://www.saum.uvigo.es/reec>. Acesso em: 2005.

FEYERABEND, P. **Adeus à razão**. Lisboa: 70, 1991.

FORMAN, P. Behind quantum electronics: National security as basis for physical research in the United States, 1940-1960, **Historical Studies in the Physical and Biological Sciences**, Berkeley, v. 18, part. 1, p. 149-229, 1987.

\_\_\_\_\_. Into quantum electronics: The maser as “Gadget” of Cold-War America. In: FORMAN, P.; SANCHEZ-RON, J. M. (Eds.). **National Military Establishments and the Advancement of Science and Technology**, Dordrecht: Kluwer, 1996. p. 261-326.

FREIRE JUNIOR, O. **O debate sobre a imagem da ciência**: a propósito das idéias e da ação de E. P. Wigner. In: SANTOS, B. S. (Org.). *Conhecimento prudente para uma vida decente: um discurso sobre as ciências, revisitado*. Porto: Afrontamento, 2003, 2003a p. 481-506.

GRECO, A. **Homens de ciência**. São Paulo: Conrad, 2001.

HELLMAN, H. **Grandes debates da ciência**: dez das maiores contendas de todos os tempos, São Paulo: Ed. da Unesp, 1999.

HOBSON, D. Time for action: science education for an alternative future. **International Journal of Science Education**, London, v. 25, n. 6, p. 645-670, 2003.

KAISER, D. Nuclear Democracy: political engagement, pedagogical reform, and particle physics in postwar America. **ISIS**, Bruxelles, v. 93, p. 229-268, 2002a.

\_\_\_\_\_. Cold war requisitions, scientific manpower, and the production of American physicists after world war II. **Historical Studies in the Physical and Biological Sciences**, Berkeley, v. 33, n. 1, p. 131-159, 2002b.

\_\_\_\_\_. (Ed.). **Pedagogy and the practice of science**: Historical and Contemporary Perspectives, a aparecer. 2005a.

\_\_\_\_\_. **Drawing theories apart**: the dispersion of Feynman diagrams in postwar physics, The University of Chicago Press, a aparecer. 2005b.

KEVLES, D. J. **The physicists**: the history of a scientific community in modern America. New York: Vintage Books, 1979.

\_\_\_\_\_. Cold war and hot physics: Science, security, and the American state, 1945-1956, **Historical Studies in the Physical and Biological Sciences**, Berkeley, v. 20, n. 2, p. 239-264, 1990.

LABINGER, J. A.; COLLINS, H. **The one culture?**: a conversation about science. Chicago: The University of Chicago Press, 2001.

LUDAN, L. The history of science and the philosophy of science. In: OLBY, R. C. *et al.* (Ed.). **Companion to the History of Modern Science**, London: Routledge, 1990. p. 47-60.

MARTIN, O. **Sociologie des sciences**. Paris: Nathan, 2000.

MARTINS, R. de A. Que tipo de história da ciência esperamos ter nas próximas décadas? **Episteme**, n. 10, p. 39-56, 2000.

MATTHEWS, M. **Science teaching**: the role of history and philosophy of science. New York: Routledge, 1994.

MOREIRA, I. C. A expedição de Couplet à Paraíba: 1698. **Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência**, São Paulo, v. 5, p. 23-31, 1991.

\_\_\_\_\_. Notas da história da física no Brasil: o Brasil nos principia. observações astronômicas de Couplet na Paraíba. *Física na Escola*, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 33-34, 2003.

NOLA, R. Saving Kuhn from the sociologists of science. In: BEVILACQUA, F.; GIANETTO, E.; MATTHEWS, M. (Ed.). *Science Education and Culture*, Dordrecht, p. 213-226, 2001.

ROCHA, J. M. *Sistema físico-matemático dos cometas*. Rio de Janeiro: Mast, 2000.

SALDAÑA, J. J. Ciência e identidade cultural: a história da ciência na América Latina. In: FIGUEIRÔA, S. (Org.). *Um olhar sobre o passado: história das ciências na América Latina*. Campinas: Ed. da Unicamp, 2000. p. 11-31.

SANTOS, B. S. *A crítica da razão indolente: contra o desperdício da experiência*. 3. ed. São Paulo: Cortez, 2000.

\_\_\_\_\_. Para uma sociologia das ausências e uma sociologia das emergências. In: SANTOS, B. S. (Org.). *Conhecimento prudente para uma vida decente: um discurso sobre as ciências, revisitado*. Porto: Afrontamento, 2003. p. 735-775

SNOW, C. P. *As duas culturas e uma segunda leitura*. São Paulo: Edusp, 1995.

SOKAL, A.; BRICMONT, J. *Impostures intellectuelles*. Paris: Odile Jacob, 1997.

TEIXEIRA, E. S. *A influência de uma abordagem contextual nas concepções sobre a natureza da ciência: um estudo de caso com estudantes de Física da UEFS*. 2003. Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual de Feira de Santana e Universidade Federal da Bahia. 2003.

VILLANI, A. Filosofia da ciência e ensino de ciências: uma analogia. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 7, n. 2, p. 169-181, 2001.