13 resumos

em aberto

(ISSN 0104-1037)

Brasília
Ano XI
nº55
Julho/
Setembro
1992

ÓRGÃO DE DIVULGAÇÃO DO MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO

Tema:

Tendências na Educação de Ciências

INEP INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS

Caixa Postal 04662 - 70312 - Brasília-DF

CORTESIA
DO
INEP

BRASIL
UNIÃO DE TODOS

MEC

Livros Grátis

http://www.livrosgratis.com.br

Milhares de livros grátis para download.

SUMÁRIO

enfoque:

Qual é a questão?

CAMINHOS DO ENSINO DE CIÊNCIAS NO BRASIL
Myriam Krasilchik (USP) 3

pontos de vista:

O que pensam outros especialistas?

CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO E ENSINO DE CIÊNCIAS
Anna Maria Pessoa de Carvalho (USP) 9

CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO E ENSINO DE CIÊNCIAS
Roseli Pacheco Schnetzler (UNICAMP) 17

CONSTRUÇÃO DE CONHECIMENTOS: TENDÊNCIAS PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
Carlos Eduardo Laburú (UEL) 23

HISTÓRIA DA CIÊNCIA E ENSINO: ONDE TERMINAM OS PARALELOS POSSÍVEIS?
Nelio Marco Vincenzo Bizzo (USP) 29

A FILOSOFIA DA CIÊNCIA E O ENSINO DE CIÊNCIAS
Fernando Lang da Silveira (UFRGS - PUC/RS) 36

OS DESAFIOS HISTORIOGRÁFICOS E EDUCACIONAIS DA ECOLOGIA CONTEMPORÂNEA
Marília Coutinho (FIOCRUZ) 42

O ENSINO DE CIÊNCIA E CIDADANIA
Maria Cristina Dal Pian (UFRN) 49

O ENSINO DE CIÊNCIA E CIDADANIA
Leopoldo de Meis e Lucia Fonseca (UFRJ) 57

espaço aberto:

Manifestações rápidas, entrevistas, propostas, experiências, traduções, etc.

O CONCEITO DE CÉLULA VIVA ENTRE OS ALUNOS DE SEGUNDO GRAU 63
Fernando Bastos (UNESP)

CIBEC - PERIÓDICO
N.: 00010512
ORIGEM
DATA / /

UMA EXPERIÊNCIA DE ENSINO PARA A CIDADANIA
Silvia Trivelato (USP) 70
DOIS EXEMPLOS DO USO DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO CURSO DE FÍSICA DE SEGUNDO GRAU: ANÁLISE E REFLEXÕES
Ruth Schmitz de Castro (Mestranda pela USP) 74

resenhas:

AS DUAS CULTURAS E UM SEGUNDO OLHAR - de C. P. Snow
Myriam Krasilchik 81

bibliografia 85

painel:

CARTA AO LEITOR
APRESENTAÇÃO
PROJETO 2000+
SUBPROGRAMA DE EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA

CAMINHOS DO ENSINO DE CIÊNCIAS NO BRASIL

Myriam Krasilchik*

Introdução

Desenvolvimento explosivo nas inovações e tentativas de melhoramento do ensino de Ciências teve lugar nos anos setenta. O núcleo de tal processo, cujas conseqüências afetam até hoje os currículos das disciplinas científicas, estava situado nos Estados Unidos, sede dos chamados grandes projetos curriculares, mais conhecidos pelas suas siglas—o Biological Science Curriculum Study (BSCS); Physical Science Study Commitee (PSSC); Chemical Study Group (CHEM); Chemical Bond Aproach (CBA), entre outros.

Essa onda de renovação propagou-se no mundo inteiro em várias direções, atingindo disciplinas como estudos sociais, artes, línguas e também outros níveis de escolaridade como a escola básica primária e cursos universitários. Atingiu também vários tipos de instituições, incluindo organizações de escopo internacional como a UNESCO e a OEA (Organização de Estados Americanos), ministérios de Educação e Ciências e secretarias de Educação de Estados e Municípios de vários países em diferentes regiões do mundo. Ao longo dos últimos trinta anos, o processo veio sofrendo grandes modificações por força das transformações políticas, sociais e econômicas que têm afetado tanto o Brasil quanto os outros países com que nos relacionamos (Krasilchik, 1987).

A concepção de sistema educacional e das relações entre seus elementos, encaradas simplisticamente pelos projetos dos anos sessenta criou já em um primeiro momento a necessidade de avaliação profunda de suas pretensões, procedimentos e resultados para reformulação dos materiais e revisão das propostas iniciais.

*Diretora da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.

Em conseqüência, no período transcorrido entre a instalação dos grandes projetos até hoje, tanto os objetivos do ensino de Ciências quanto as teorias educacionais e de aprendizagem que os embasam foram também evoluindo e sofrendo profundas mudanças. Além da análise de projetos curriculares, em sua organização intrínseca e dos elementos que os constituem, pressões externas originadas por alterações políticas e econômicas acabam se refletindo na situação da ciência e dos cientistas determinando a atual situação do ensino de Ciências. Esse ensino, quando focalizado em âmbito internacional e nacional, encerra muitas das discussões desse complexo campo de atividades provocando, por sua vez, controvérsias sobre suas finalidades e forma de ensinar.

Para analisar o sentido dessas controvérsias, o debate que ocorre no presente contempla duas grandes vertentes: uma primeira que considera não só o papel atribuído às disciplinas científicas no currículo escolar, no que respeita à formação do homem comum, capaz de contribuir para a melhoria da qualidade de vida, mas que também atue na formação de quadros de cientistas e tecnólogos capazes de trabalhar para a superação das diferenças existentes entre os países desenvolvidos e um país de terceiro mundo como é, hoje, o Brasil.

Numa segunda vertente, que focaliza os processos do ensino das ciências, há necessidade de um mapeamento das tendências preponderantes para explicar a aprendizagem e suas conseqüências para atuação dos docentes nas salas de aula e também face aos conhecimentos, atitudes e habilidades adquiridos pelos alunos dos diversos graus de ensino.

Um tal estudo da situação do ensino de Ciências só pode ser desenvolvido no contexto geral da condição atual da escola de primeiro e segundo graus, caracterizada por uma demanda consensual da sociedade por uma concentração de esforços para sua melhoria.

É claro, no entanto, que se há unanimidade de vozes e opiniões sobre a necessidade premente de investir na educação, é também verdade que, no plano de ações concretas e efetivas, os resultados são insignificantes face ao clamor por aperfeiçoamento da educação brasileira.

Nesse amplo quadro, o que acontece com o ensino das ciências é coerente com a situação geral, embora, em virtude da pressão e importância dos cientistas e de suas fortes organizações, aplicações substanciais venham sendo feitas tanto em recursos humanos quanto financeiros.

A ênfase conferida ao ensino de Ciências, ainda que defendida por muitos, é contestada por alguns que consideram infundadas as afirmações sobre a relevância de ciência para a formação de uma geração com sólida preparação científica. Esses últimos acreditam ainda que a atual sofisticação tecnológica exige apenas saber apertar botões, contrariamente ao desejo expresso por sociedades que pedem qualificações mais adequadas no manejo de tecnologias próprias. São também os mesmos a contestar as contribuições do ensino de Ciências para desenvolvimento de uma consciência democrática (Chapman, 1991). A afirmativa de que investimentos no ensino de Ciências são proporcionalmente maiores que os de muitas disciplinas é fundamentada no fato da existência ininterrupta no Brasil desde os anos cinqüenta de projetos curriculares com a finalidade de melhorar o ensino de Ciências. O movimento cujo marco inicial é o trabalho nos anos cinqüenta do IBECC (Instituto Brasileiro de Ciências e Cultura) e depois da Fundação Brasileira para o Ensino de Ciências (FUNBEC), seguido pela instalação, através do MEC, dos Centros de Ciências nos anos sessenta, reforçado pelo projeto do PREMEN (Programa de Expansão e Melhoria do Ensino) nos anos setenta e oitenta, e substituído pelo hoje atuante SPEC (Subprograma de Educação em Ciências) parte do amplo Programa de Desenvolvimento Cientifico e Tecnológico (PADCT) subvencionado por organizações internacionais com contrapartida brasileira.

Tais projetos contaram com o apoio de organizações governamentais e não-governamentais, localizaram-se em universidades e sistemas escolares e, apesar de abrigarem diferenças internas sobre metas, formas de ação, produtos desejados, uniram todos os seus segmentos na convicção da importância e da necessidade de mobilização de forças para que as deficiências do ensino de Ciências fossem superadas. No entanto, apesar dos esforços e investimentos, o ensino de Ciências encontra-se agora na mesma situação lastimável de todas as outras disciplinas do currículo escolar brasileiro.

Tal situação, suas causas e conseqüências exigem análise e descrição muito mais acuradas e minuciosas do que as divulgadas por organismos internacionais e nacionais que fazem avaliações comparativas com instrumentos toscos e imprecisos e por meio de estudos com metodologia duvidosa, e que utilizam amostras não representativas.

É preciso, sim, fazer um diagnóstico da situação para sugerir medidas capazes de mudar o atual estado de coisas; mas é também necessário ir além do óbvio superficial, muitas vezes apresentado como um retrato fidedigno e usado de modo perverso para servir a interesses menores que os de real progresso da educação brasileira.

Não é bastante ainda constatar que há necessidade de mudanças. É imprescindível buscar formas realistas e exeqüíveis, dentro do quadro presente, para aperfeiçoar o ensino das ciências. A busca de soluções em face das grandes questões que agrupamos nas decisões sobre os objetivos e os processos do ensino implicam um detido exame das tendências preponderantes, suas origens, possibilidades e limitações tanto no panorama brasileiro quanto no âmbito internacional.

Os investimentos em pesquisas e desenvolvimento de currículos não podem prescindir de um agudo senso crítico que permita ver cada uma das linhas de trabalho, hoje populares, sob um prisma racional e, portanto, realista e plenamente fundamentado, na medida em que se leva em conta não só a condição da atual população escolar, potencial e deficiências do sistema escolar, mas também a organização institucional da ciência e da pesquisa educacional brasileira.

Tendo como base o exame das concepções e fundamentos predominantes nos trabalhos realizados pelos diversos e numerosos grupos de pesquisadores que, em todo o país, dedicam o melhor de suas forças para contribuir com dados e informações, idéias, materiais e procedimentos para usar nas aulas de Ciências, torna-se possível antever algumas das possibilidades futuras do ensino de Ciências.

O Papel do Ensino de Ciências na Formação do Cidadão

Em nosso país, como em muitos outros, principalmente no mundo subdesenvolvido, há necessidade de formar um cidadão autônomo, capacitado para tomar decisões e participar ativamente de uma sociedade democrática e pluralista. Também é necessário preparar profissionais que tenham, além de uma sólida base de conhecimento, criatividade para encontrar soluções próprias e assumir compromisso com o desenvolvimento nacional. Para alguns, tais necessidades implicam competição de objetivos que se opõem. Creio, no entanto, que são Complementares e fundamentais para que se possa chegar à reconstrução social e econômica da nação que corre o grave risco de um colapso irrecuperável.

Na verdade, não há contraposição entre essas duas situações que apenas exemplificam um dos problemas básicos de um sistema educacional em expansão como o nosso, em que o aumento desmesurado do ensino superior não mais forma uma população com as características tradicionalmente exigidas de um grupo intelectual e profissional capaz de propor e realizar mudanças que levem à melhoria da qualidade de vida.

Os anos oitenta foram chamados de "década de relatórios". Relatórios de várias origens, em muitos países, davam conta das precárias situações da educação e do ensino de Ciências, chegando à obvia conclusão sobre a necessidade de reformulação dos sistemas e programas educacionais (Bybee, 1992), para dar conhecimentos básicos e formar uma elite.

A maioria das propostas preocupadas com os objetivos do ensino de Ciências analisam e são agrupadas por títulos genéricos como: "Educação em Ciência para Cidadania", "Ciência, Tecnologia e Sociedade" e "Alfabetização científica". Todos trabalham basicamente com as concordâncias e contradições do aparente dilema "educação em ciência para todos ou para uma elite".

A preocupação com a formação do cidadão, capaz de opinar e agir toma no movimento para aperfeiçoamento do ensino de Ciências várias formas que, conforme já observamos, apresentam algumas características comuns e algumas diferenças em relação aos objetivos gerais. Um dos primeiros movimentos iniciados na década de 70, e em expansão nos anos 80, recebe o nome genérico de Ciência Tecnologia e Sociedade (STS) e almeja, como fim maior, preparar o cidadão para participar dos processos decisórios relativos ao desenvolvimento científico e tecnológico da comunidade em que atua.

Nos paises desenvolvidos, os programas STS procuram formar indivíduos que possam fazer frente aos desafios propostos pela "guerra tecnológica" e suas conseqüências sobre a ordem econômica mundial "Há muito tempo, assumiu-se que a escolarização deve buscar a compreensão de nossa sociedade e do nosso compromisso democrático. Além disso as escolas foram incumbidas da responsabilidade de não só facilitar a mobilidade social do indivíduo mas também de ajudar a assegurar o progresso econômico e social da nação" (Hurd, 1986). Nos países subdesenvolvidos tal movimento tem como fim superar as diferenças e chegar a uma etapa de industrialização, informatização e desenvolvimento de um sistema de comunicações compatível com as exigências da modernidade e da melhoria da qualidade de vida.

Para chegar a ser uma grande nação industrial, é preciso construir um complexo científico e uma estrutura tecnológica que possam se comparar e fazer frente aos dos países que atingiram um estágio de grande produtividade industrial e apresentam populações com alto nível de vida.

No Brasil, a preocupação com essa atribuição do sistema educacional e do ensino de Ciências apenas aflora no nivel dos documentos oficiais, estando ainda muito longe dos cursos de formação de professores e mais ainda das salas de aula.

As contradições internas do movimento referentes ao balanço relativo aos componentes chamados de ciência "pura", básica e "aplicada" não chegaram ainda a fazer parte dos temas de debate dos educadores brasileiros, na medida em que praticamente não são incluídos tópicos do cotidiano e de interesse prático da ciência nos programas de ensino.

Uma outra decorrência dessa proposta, a ligação da educação em ciências com o mundo do trabalho, está ainda, no Brasil, estreitamente

relacionada à discussão de programas de formação profissionai, normalmente separados das chamadas "matérias de formação geral". As tentativas intrínsecas às mudanças propostas pela lei 5.692/72 obviamente não tiveram os resultados esperados quais sejam: de vincular a preparação profissional à do cidadão.

Também o componente politico de programas que procuram apresentar ao estudante a organização institucional da ciência e da tecnologia, com profundas influências na vida de cada indivíduo, não chegou a ser devidamente incluído nas atividades da maioria das escolas.

Quando aparece, como no caso da Educação Ambiental, que se propagou amplamente ou tem componentes políticos explícitos de natureza dogmática ou assume posição alienante que desvirtua todo o processo. Raramente se procura desenvolver nos estudantes a capacidade de obter dados, de estabelecer valores próprios e de agir na defesa de tais valores. A contribuição da análise da ciência, como instituição para formar cidadãos autônomos, capazes de opinar e agir, exige que as questões científicas sejam consideradas em seus multifacetados aspectos: éticos, políticos, culturais e econômicos, sem que haja doutrinação, forçando os jovens a adotarem posturas preestabelecidas.

Um outro movimento relacionado à mudança dos objetivos do ensino de Ciências, em direção à formação geral para a cidadania, tem hoje papel importante no panorama internacional, denominado de "alfabetização científica". O surgimento desta linha está estreitamente relacionado à própria crise educacional e à incapacidade de a escola em dar aos alunos os elementares conhecimentos necessários a um indivíduo alfabetizado.

A universalização da educação mudou profundamente o perfil do estudante e deveria afetar também profundamente a escola, o que realmente não aconteceu. A instituição ainda não foi capaz de responder plenamente ao seu papel de atender à grande massa da população e não apenas a uma pequena parcela de privilegiados. Discussões sobre a natureza **e** importância da alfabetização em geral e da científica, em particular, atingem desde pesquisadores, trabalhando isoladamente, até instituições do porte e escopo da UNESCO que investem hoje grande quantidade de recursos e procuram integrar a comunidade de educadores em ciência do mundo, em seu projeto de nome "2000+". "Alfabetização cientifica e tecnológica para todos como preparação para o ano 2000 em diante."

Os grandes temas de discussão desse projeto giram em torno da identificação da natureza e da importância de alfabetização cientifica, da seleção e ensino de conhecimentos fundamentais a qualquer cidadão plenamente preparado", cônscio de seus direitos e deveres.

A resposta à pergunta "o que um aluno alfabetizado deve saber valorizar e saber fazer? levou ao estabelecimento de modelos que consideram diferentes níveis estruturais, multidimensionais de alfabetização científica". Esses niveis evoluem do patamar de "alfabetização nominal" aos subseqüentes, em ordem crescente denominados: "alfabetização funcional", quando os estudantes desenvolvem conceitos sem entendê-los, ao de "alfabetização estrutural", quando já atribuem significados próprios aos conceitos científicos, chegando finalmente ao nivel de "alfabetização multidimensional" em que os indivíduos são capazes de adquirir e explicar conhecimentos científicos, além de aplicá-los na solução de problemas do dia a dia.

Em nosso pais, onde a já mencionada crise educacional torna a preocupação com a alfabetização bem presente, o problema específico da alfabetização científica está ainda circunscrito a círculos acadêmicos e educacionais restritos. É preciso ampliar a discussão para que se possa chegar a transformações que dêem significado aos programas das ciências nas escolas de 1º e 2º graus, distinguindo os aspectos liberalizadores da educação dos estudantes dos que são apenas meios para melhorar a produção. É preciso discutir também se o norteador das decisões, no ensino de Ciências, deve visar prioritariamente ao ajustamento do individuo, ao benefício da comunidade ou encontrar formas de conciliação desses dois objetivos.

Aquisição de Conhecimentos Científicos

Os trabalhos de pesquisadores cognitivistas fizeram crescer, na última década, o interesse pelas idéias que os estudantes trazem aos cursos de

ciências. Este interesse está relacionado à pesquisa sobre a natureza e significado da construção dos conhecimentos científicos pelos indivíduos.

Os resultados de tais pesquisas, muitas delas multiculturais, têm aplicações óbvias para o ensino de Ciências, quando os professores procuram trabalhar com os conceitos adquiridos pelos alunos, em suas interações com o ambiente e intervêm para transformá-los.

A análise do processo de aprendizado intensificou o interesse e as preocupações, sempre presentes entre os educadores e cientistas, com a história e a filosofia da ciência (Krasilchik, 1990). Essas preocupações têm raízes na análise das grandes revoluções científicas e de seu papel nas transformações sócio-econômicas e culturais com possíveis conseqüências educacionais. Mais recentemente, o estudo da psicogênese dos conceitos e a reconstrução pelos alunos de teorias aceitas, em outros períodos históricos, reavivam o interesse pela inclusão desses tópicos nos currículos.

Uma linha de pesquisa, que hoje congrega educadores e cientistas, trabalhando em todo o mundo, está ainda em grande parte mapeando e descrevendo o conhecimento científico chamado intuitivo ou espontâneo não só individual como também público. A noção de aprendizagem e mudança conceituai, com significado muito estreito para alguns, necessita de expansão que leve à exploração de perspectivas mais amplas do que as de simples cognição individual. Há ainda questões cruciais sobre o conhecimento, sua construção e utilização que devem ser enfrentadas para situar adequadamente a problemática relativa à pesquisa epistemológica, histórica e educacional.

Uma adesão irrestrita e acrítica a qualquer modelo, embora contenha promessa de mudanças, traz subjacente o grave perigo de deixar muitas questões sem resposta. A própria concepção do aprendizado, como um processo interpretativo ativo, exige que se considere se o processo exclui ou inclui não uma relação sócio- cultural da mente e do ambiente como preconiza Vygotsky, por exemplo.

Conclusões

É imprescindível que cientistas e educadores estabeleçam diretrizes para o ensino de Ciências que efetivamente atendam à maioria da população brasileira.

Uma profunda revisão dos currículos escolares mostra-se um passo urgente e inadiável para que se chegue a recomendações que orientem a todos os envolvidos no processo, desde a elaboração de programas das disciplinas científicas até às salas de aula, onde os alunos participem de atividades que lhes permitam adquirir conhecimentos e ver a ciência não só como processo de busca desses conhecimentos, mas como instituição social que influi poderosamente em suas vidas.

Sem dúvida, será necessário: ponderar cuidadosamente a importância de cada tópico que hoje faz parte do currículo tradicional, ter a coragem de eliminar os considerados desnecessários e incluir outros entre os quais devem fazer parte a análise das conexões entre ciência e tecnologia e ainda da ciência como empreendimento social.

Pesquisa sistemática e experiência prática são essenciais para o desenvolvimento de métodos, técnicas e materiais que possam dar suporte às necessárias mudanças nos currículos de ciências.

Investigações na linha construtivista podem ser uma base para tais mudanças, sempre que consideradas dentro da perspectiva realista de suas possibilidades, sem exaltações que não ponderem suas limitações pedagógicas. Seguramente nossos pesquisadores poderão encontrar informações de importância substantiva para planejar, experimentar e avaliar estratégias pedagógicas que levem em conta a natureza e origem dos conhecimentos de estudantes e ainda, quando necessário, que possam mudar esses conhecimentos.

Os corolários pedagógicos da aceitação de diferentes objetivos para o ensino de Ciências ou adesão a um outro modelo de cognição devem dar resultados muitos diferentes. Quando decisões curriculares não são

baseadas em convicções firmes e bem fundamentadas podem produzir ou currículos incoerentes ou inadequados com resultados desastrosos.

Os cursos de formação de professores necessitam prepará-los para obter e utilizar dados derivados de pesquisas de sua própria experiência prática, de forma mais adequada a formar um cidadão alfabetizado em ciência.

Para tanto, será preciso formar professores capazes de ir muito além dos *slogans* e dogmas da moda e que tenham senso crítico suficiente para fazer uma análise pessoal sobre o valor educacional e sobre o potencial pedagógico das propostas inovadoras.

Reformas que desconsideram a necessidade de formar professores, com autonomia para planejar e competência para agir de acordo com suas convicções, estão fadadas ao fracasso.

Perspectivas de sucesso baseiam-se em um processo coletivo que envolve, nessa reforma, não apenas a comunidade educacional, mas toda a sociedade que hoje, reiteradamente, cobra uma educação mais significativa e eficiente.

Referências Bibliográficas

BYBEE, R.W. *Teaching Biologyin U.S. high schools.* Colorado: Biological Science Curriculum Study, 1992. mimeo. (BSCS. Perspectives on reform).

CHAPMAN, B. The overselling of science education in the eighties. *School Science Review,* v.72, n.261, p.47-63, 1991.

DEVELOPING biological literacy. Colorado: Biological Science Curriculum Study, 1993. p.viii-ix.

HURD, Paul De Hart. A rationale for a science, tecnology and society theme in science education.In: NATIONAL Science Teachers Association Yearbook. Washington: NSTA, 1986. p.94-10.

KRASILCHIK, M. O *professor e o curriculo das ciências.* São Paulo: EPU, 1987.

KRASILCHIK, M. The Scientists: an experiment in science teaching. *International Journal of Science Education,* v.12, n.13, p.282-287, 1990.

CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO E ENSINO DE CIÊNCIAS

Anna Maria Pessoa de Carvalho*

Quando discutimos e apresentamos o ensino construtivista partimos, sempre, tanto de alguns pressupostos teóricos de origem epistemológica e psicológica que explicam como a humanidade e o indivíduo constroem o conhecimento, como também, de um conjunto de dados empíricos originados pelas pesquisas em conceitos alternativos, realizadas principalmente nestas últimas três décadas e que mostraram a resistência desses conhecimentos adquiridos de maneira espontânea ao ensino sistemático dos conceitos científicos.

Podemos propor três pressupostos que servem de base para o desenvolvimento do construtivismo no ensino: 1) o aluno é o construtor do seu próprio conhecimento; 2) o conhecimento é um contínuo, isto é, todo conhecimento é construído a partir do que já se conhecimento: 3) o conhecimento a ser ensinado deve partir do conhecimento que o aluno já traz para a sala de aula.

Para planejarmos um ensino que leve em consideração esses pressupostos teremos que responder a uma pergunta central: como fazer para que os alunos construam o conhecimento que lhes queremos ensinar, a partir do conhecimento espontâneo trazido para a sala de aula?

Esta questão, que estuda a mudança conceituai no ensino de Ciência, está sendo amplamente pesquisada por grupos internacionais e também nacionais (Posner et al., 1982; Driver, 1986e1989; Rowell e Dawson, 1984; Rowell, 1989; Gil, 1983,1986 e 1990; Carvalho et al.,1990 e 1992; Peduzzi e Peduzzi, 1988; Pacca e Villani, 1992). Apesar de todos admitirem os pressupostos acima e darem bastante ênfase à História e Filosofia das Ciências como uma das diretrizes do planejamento destas pesquisas (e conseqüentemente deste ensino), alguns tomam como base teorias psicológicas diferentes (Piaget, Ausubel, Kelly, Vygotsky) para responder a uma questão anterior: "como o sujeito constrói o seu conhecimento?".

Se no desenvolvimento do ensino em sala de aula essas diferenças teóricas são muito pouco detectadas — pois todos os autores propõem, com maior ou menor ênfase, a ação do sujeito sobre o objeto de conhecimento e a interação entre os sujeitos —, é no planejamento do ensino e principalmente nas análises, nas interpretações e nas generalizações dos resultados destas pesquisas que essas diferenças influem.

Optamos pela Epistemologia Genética para a explicação de como o sujeito constrói o seu conhecimento (Carvalho et al., 1992a); entretanto temos claro que a relevância da teoria de Piaget para a Didática das Ciências não impede mas permite e até exige abertura para outras teorias que possam esclarecer problemas comuns. Castro (1992) mostra que essa teoria não constitui barreira ou muralha,mas, ao contrário indica ao pesquisador muitos caminhos interdisciplinares.

No desenvolvimento do presente trabalho, para mostrar a trajetória teórica que escolhemos para resolver o problema de "como fazer para que os alunos construam o conhecimento que lhes queremos ensinar a partir do conhecimento espontâneo trazido para a sala de aula", iremos em primeiro lugar indicar, de maneira muito esquemática, dois pontos para nós essenciais da teoria de Piaget: a equilibração das estruturas cognitivas e os estudos psicogenéticos que mostram a atribuição da estrutura lógica à natureza, explicando a construção da causalidade física nos sujeitos. Procuraremos fazer uma estreita ligação desses dois pontos com o ensino das Ciências.

Numa segunda parte apresentaremos como as pesquisas em conceitos alternativos desequilibraram o nosso grupo e como a História e a Filosofia das Ciências não só nos trouxeram as explicações necessárias para entendermos o fenômeno da resistência desses conceitos ao ensino em sala de aula, mas também nos reequilibraram, mostrando caminhos para, juntamente com a teoria piagetiana, planejarmos um ensino visando a uma mudança do conceito espontâneo para conceito cientifico.

*Professora da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.

A Construção do Conhecimento pelos Sujeitos

A Teoria da Equilibração Piagetiana fornece uma estrutura que nos parece capaz de abarcar os vários aspectos da questão de saber como o estudante melhora suas noções, construindo o conhecimento. Segundo esta teoria, todo indivíduo possui um sistema cognitivo que funciona por um processo de adaptação (assimilação/acomodação) que é perturbado por *conflitos e lacunas,* reequilibrando-se por meio de compensações (Carvalho et al., 1992b).

Sem entrar em muitos pormenores, vamos tentar explicar esses conceitos piagetianos, exemplificando-os dentro de nosso campo, que é o ensino de Ciências. Em primeiro lugar, o sujeito, ao se aproximar do objeto de conhecimento por meio do processo de adaptação, utiliza dois elementos fundamentais que compõem qualquer sistema cognitivo. O primeiro é a "assimilação ou a incorporação de um elemento exterior (objeto do conhecimento, etc.) num esquema sensório-motor ou conceituai do sujeito(...). O segundo processo central é a acomodação, quer dizer, a necessidade de que a assimilação se encontra de considerar as particularidades próprias dos elementos a assimilar" (Piaget, 1977, p. 16 e 17). Estes dois elementos estão normalmente em equilíbrio. O sistema é perturbado e mecanismos de equilibração são disparados no indivíduo, quando um conflito ou uma lacuna, reconhecidos antecipadamente como tais, são gerados frente a um objeto ou a um evento.

A partir de perturbações são produzidas construções compensatórias que buscam outro equilíbrio, melhor que o anterior (o que Piaget chama de equilibração majorante). Nas desequilibrações e equilibrações sucessivas o conhecimento exógeno é complementado por reconstruções endógenas que são incorporadas ao sistema do sujeito. As estruturas cognitivas utilizáveis na abordagem de objetos, fatos ou novos conceitos são então desenvolvidas, proporcionando o progresso na construção do conhecimento.

Nessa maneira de explicar como o conhecimento progride, o estado conflitual constitui o motor, desempenhando o papel de mola propulsora. A ultrapassagem desse estado, ou seja a reequilibração majorante, é a real fonte de progresso.

Essa teoria inspirou várias propostas de ensino na linha construtivista que lançam mão da estratégia de "conflitos cognitivos", segundo a qual o aluno aprende se suas idéias espontâneas sobre determinados fenômenos são colocadas em conflito com os observáveis, ou seja, se suas previsões ou antecipações elaboradas dentro de um esquema conceptual espontâneo são contrariadas por resultados experimentais. Muitos exemplos podem ser dados, mostrando uma situação de conflito cognitivo: o citado por Carvalho et al. (1992b) é a expectativa do aluno, ao iniciar um curso de eletricidade, em relação à intensidade do brilho de diversas lâmpadas ligadas em série. Perguntado o que ocorrerá, ele poderá afirmar que a primeira brilhará mais que a segunda e esta mais do que a terceira e assim por diante; chegará a explicar que isto ocorre porque, ao passar pela primeira lâmpada, a corrente "é dissipada" ou "gasta-se", o mesmo ocorrendo após passar pela segunda, etc Este tipo de raciocínio é muito comum em nossos alunos, o que parece demostrar uma indiferenciação entre corrente, energia e potência. No momento em que a experiência é realizada e constatando-se o igual brilho das lâmpadas, há um conflito entre a explicação prévia e o resultado empírico.

Ao construirmos atividades de ensino baseadas na teoria da equilibração. devemos levar em conta que as perturbações são de dois tipos: as conflitivas e as lacunares. As conflitivas, já exemplificadas, contrariam as expectativas e implicam em correções, factíveis apenas a partir da análise da contradição. As lacunares "ocorrem quando numa situação faltam objetos ou condições que seriam necessárias para realizar uma ação ou ainda quando não se tem informação ou conhecimentos indispensáveis para resolver um problema" (Piaget, 1977). Dessa forma as lacunas relacionam-se com um esquema de assimilação já ativado e sua regulação implica reforços e não correção.

Como exemplo de uma perturbação lacunar (Carvalho et al., 1992b), podemos imaginar a reação de um aluno frente a um experimento de objetos cilíndricos descendo um plano inclinado. Utilizando-se cilindros homogêneos, confirma-se a expectativa do senso comum, ou seja, os cilindros descem o plano. O resultado será diferente se usarmos um cilindro não homogêneo, que possui um material mais denso colocado assimetricamente em relação ao seu eixo de simetria. Nesse caso, ele

poderá subir o plano. Este fenômeno só será convenientemente explicado pelo aluno se for introduzida a noção mais geral de centro de massa. Tal superação implica o preenchimento de uma lacuna existente em seu conhecimento, por um mecanismo de regulação que envolve extensão de conteúdo e não de correções.

O fato de a perturbação se apresentar segundo essas duas formas é importante e não pode ser ignorado, apesar de que na maioria dos casos reais elas comparecem juntas como fontes de desequilíbrio.

Outro ponto muito importante para a compreensão de como os sujeitos constroem o seu conhecimento, principalmente o conhecimento físico, foram os trabalhos da Escola de Genebra (Piaget e Garcia, 1971; Piaget, 1973; Piaget et al., 1975; etc), que pesquisaram como as crianças constroem os conceitos físicos, como por exemplo as noções de força, de vetor, de movimento, de calor, etc. A sistematização destas pesquisas feita por Piaget e Garcia (1971) em seu livro *As Explicações Causais* provocaram um grande impacto nas pesquisas em ensino de ciências.

Coll (I983), fazendo uma revisão da influência dos trabalhos de Piaget no ensino, mostrou que "será necessário conhecer com o máximo detalhe o caminho que o aluno segue para a construção destes conhecimentos específicos... será mesmo conveniente conhecer os procedimentos mediante os quais o aluno vai se apropriando progressivamente destes conteúdos, se desejamos intervir eficazmente em sua aquisição".

Seguindo a linha proposta por Coll, sugiram vários estudos sobre a psicogênese dos conceitos que a escola deve ensinar (Góes, 1983; Carvalho, 1989; Silva. 1990; Valle Filho, 1989; Nardi.1991 ;Trivelato, 1989; Bechara, 1991;Trivelato, 1993). Esses trabalhos mostram a evolução de uma idéia, de uma concepção, ao longo do tempo, mas o fator mais importante que surge da análise dos dados dessas pesquisas é o conhecimento do mecanismo de passagem de um estágio para outro. Esses mecanismos são elaborações, mudanças, transformações, negações ou acréscimos que um sujeito faz para atingir um nivel de noções hierarquicamente melhor na compreensão e explicação da realidade (Carvalho et al., 1990).

Conhecer como os sujeitos constro em a relação causal que lhes permite explicar os fenômenos que estamos ensinando é fundamental para o preparo das atividades de ensino. Sabendo de antemão como os adolescentes pensam a respeito desses fenômenos, podemos planejar atividades nas quais eles tenham a oportunidade de se expressar, de mostrar os seus raciocínios, dando ao professor condições de propor perguntas que desequilibrem as estruturas dos alunos e os façam tomar consciência de seus raciocínios espontâneos.

Citamos dois exemplos para esclarecer os que estamos propondo. Tomamos conhecimento (Silva, 1990) que os alunos constro em a noção de velocidade angular quando procuram explicar a velocidade de dois pontos diferentes de um mesmo corpo (três dimensões) que gira em torno de um eixo. Ao tentarem superar a seguinte contradição; têm as mesmas velocidades pois estão girando juntos e têm velocidades diferentes pois percorrem espaços diferentes em tempos iguais, os sujeitos sentem a necessidade de descrever o fenômeno com um novo conceito. Ao planejar o ensino deste conceito, o professor deverá propor uma experiência, ou mesmo um problema, em que esta situação — como descrever as velocidades de pontos diferentes em um corpo que gira — seja discutida e interpretada pelos alunos na procura da tomada de consciência, por esses mesmos alunos, da contradição entre a velocidade linear e angular. Essa atividade que tem por objetivo desequilibrar a estrutura cognitiva dos estudantes é muito diferente da aula tradicional onde a velocidade angular é apresentada a partir do estudo de um ponto em movimento circular (uma só dimensão) seguido das leis matemáticas que descrevem este fato. As atividades que dão oportunidade aos alunos de buscarem relações causais, isto é, aquelas nas quais eles atribuem aos objetos operações lógicas próprias do sujeito para a explicação de um fenômeno são bastante diferentes daquelas atividades nas quais o aluno se limita a aplicar uma lei já estabelecida na explicação dos fenômenos ou de uma situação.

Um outro exemplo interessante aparece no ensino de flutuação dos corpos. Num estudo que caracteriza as etapas por que passam os sujeitos ao explicarem o fenômeno da flutuação, Inhelder e Piaget mostram que uma das hipóteses levantadas pelas crianças na busca de suas explicações é que um corpo flutua ou não dependendo da quantidade de líquido do

vasilhame em que se encontra o corpo. Essa é uma hipótese completamente alheia ao raciocínio lógico de um físico, entretanto no desempenho do ensino desse tópico, para aluno de segundo grau, Abib, em aula experimental, ao dar oportunidade aos alunos de levantarem suas próprias hipóteses para explicar o porquê um corpo flutuava, encontrou alunos que sugeriam a relação entre quantidade de água no vasilhame e a condição de flutuar ou não.

Este conhecimento prévio da psicogênese do conceito é importante para que o professor possa não só estar preparado para dar condições ao aluno para provar sua hipótese (ter recipientes com volumes diferentes) mas principalmente, saber ouvir, isto é, estar atento ao que vem explícito em suas elaborações, em suas participações e, principalmente, aceitar raciocínios aparentemente ilógicos. Sem provar essa hipótese, sem superar esta contradição durante o ensino, esses alunos iriam continuar com essa estrutura conceituai espontânea atrapalhando o desenvolvimento da aprendizagem.

Todas essas pesquisas nos dão uma base bastante sólida para iniciarmos o ensino, já que nos fornecem elementos para planejarmos atividades que levem os alunos a conflitos cognitivos essenciais à construção do conhecimento. Entretanto a escola tem por objetivo ensinar uma ciência atual, compatível com a realidade de nossos dias, e as pesquisas têm mostrado (Posner et al., 1982) que as situações de conflito são necessárias mas não suficientes para realizarmos uma mudança conceituai, isto é, para mudarmos os conceitos espontâneos em científicos. Para isso será necessário planejarmos atividades que levem os alunos a uma reequilibração em um nível superior, superando os conceitos espontâneos e construindo os conceitos científicos. E isso deverá ser feito com as atividades de perguntas, exposições, laboratórios, problemas, etc., (estratégias de perturbações lacunares). Mas onde vamos nos basear para planejarmos tais atividades para que realmente provoquem uma restruturação nos conceitos dos alunos?

O Outro Lado da Medalha

Halbwachs (1975 e 1981) apontou para a importância da estrutura dos conteúdos científicos específicos e o seu relacionamento com as estruturas mentais dos sujeitos, mostrando as dificuldades do ensino e da aprendizagem desses conhecimentos científicos. Às sugestões cautelosas de Halbwachs quanto as dificuldades do ensino dos conteúdo científicos vieram acrescentar-se os resultados espantosos das pesquisas em conceitos alternativos.

A partir da década de 70 começaram a aparecer na literatura (Viennot, 1976; Trowbridge e McDermott, 1981) resultados de pesquisas mostrando que estudantes que freqüentavam os cursos de Física das melhores universidades do mundo ocidental apresentavam, quando submetidos à questões pouco diferentes das tradicionalmente trabalhadas em classe, conceitos muito próximos aos da Física aristotélico-escolástica. Estas pesquisas foram replicadas em várias partes do mundo, em vários meios sócio-culturais, em diferentes graus de ensino, em várias estruturas escolares, inclusive aqui no Brasil (Teixeira, 1982; Villani et al., 1985; Laburu, 1987) e os resultados obtidos foram sempre os mesmos: uma parcela significativa dos estudantes apresentavam, após o ensino, conceitos diferentes dos conceitos científicos ensinados em sala de aula. Essas pesquisas foram estendidas para outras disciplinas como Química (Anderson, 1986) e Biologia (Trowbridge e Mintzes, 1988; Albadalejo e Lucas, 1988; Bizzo, 1991; Bastos, 1991) e um número cada vez maior de conceitos alternativos foram e estão sendo detectados, existindo até revisões sistematizadas dessa bibliografia como é o caso do livro de Driver et al.(1985).

A existência desses esquemas conceituais alternativos é um dos resultados mais solidamente estabelecidos pelas investigações em Didática das Ciências (Clough e Driver, 1986) e, em todas as pesquisas, estes esquemas se mostraram semelhantes a uma estrutura científica muito próxima à aristotélica.

O fracasso do ensino em mudar tais concepções reforça a necessidade de uma perspectiva construtivista de ensino e aprendizagem, onde o conhecimento não é simplesmente transmitido, mas construído pelo próprio sujeito.

Na obra de Piaget e Garcia, *Psicogênese e História das Ciências* (1986), os autores discutem a relação da construção dos conceitos científicos pelas crianças e pelo cientista reafirmando e explicando a impossibilidade de a criança espontaneamente construir os conhecimentos de uma ciência atual. Os conhecimentos científicos não foram construções arbitrárias, senão que partiram de — e quase sempre enfrentaram — concepções pré-científicas de uma certa coerência, sendo que as explicações aristotélicas dos fenômenos da natureza perduraram por mais de 20 séculos e a mudança para uma física clássica não foi uma transformação fácil, exigindo, além de mudanças conceituais, modificações na metodologia de se resolverem os problemas propostos (Gil, 1986; Gil et al., 1992).

Entretanto, a existência de concepções espontâneas, fruto de experiências de sentido comum, era algo perfeitamente esperado na escola, algo que Bachelard (1938) já havia assinalado com toda a clareza: "Tem me surpreendido sempre que os professores de Ciências, em maior medida que os outros, não compreendam ...não pensem sobre o fato de que o adolescente chega nas aulas de Física com conhecimentos empíricos já constituídos; trata-se, pois, não de adquirir uma cultura experimental, mas de mudar de cultura experimental, de derrubar os obstáculos já acumulados pela vida cotidiana".

É essa mudança de cultura — da espontânea para a científica — essa transposição de obstáculos epistemológicos que a escola tem de fazer nos obrigando a conceber a aprendizagem como uma mudança conceituai e também metodológica (Gil e Carrascosa, 1985).

É com esta visão que o conhecimento da História e da Filosofia das Ciências se torna importante para o planejamento do ensino, apresentado-se como uma forma de associar os conhecimentos científicos com os problemas que originaram sua construção, pois como assinala Bachelard (1938) "todo conhecimento é a resposta a uma questão". É por meio da História das Ciências que vamos conhecer quais foram as questões, as perguntas, as dificuldades, os obstáculos epistemológicos que os cientistas tiveram de superar ao construírem os conhecimentos que queremos ensinar em sala de aula. Vamos exemplificar com o conceito de força, tão difícil para os alunos aprenderem e tão facilmente transmitido nas escolas, em duas ou três aulas, através da apresentação das leis de Newton: F= m.a e a lei de ação e reação.

Outra faceta importante que o conhecimento da História das Ciências pode contribuir para o ensino é podermos compreender melhor as dificuldades dos alunos (Satiel e Viennot, 1985; Carvalho, 1989). Quando propomos, aos alunos, determinadas atividades de conflito cognitivo, os raciocínios apresentados por eles, apesar de não serem iguais a de nenhum cientista, assemelham-se, numa visão geral, às idéias já registradas na História. Quando vemos pela História das Ciências como foi difícil, por exemplo, a separação entre os conceitos de massa e peso e quantidade de matéria, pensamos em quantos anos e quantos cientistas trabalharam com esses conceitos até que suas definições fossem estabelecidas e como hoje as conhecemos e ensinamos, temos mais paciência e compreensão com as dificuldades dos alunos. Quando se está iniciando o ensino de mecânica, e discutindo as leis de Newton, temos grande possibilidade de encontrar os alunos apresentando concepções mais próximas ao conceito de *impetus* de Buridan do que o de "impulso" de Newton. Essa passagem — *impetus/* impulso — tem de ser feita em sala de aula e, portanto, o professor deve conhecer as grandes questões que levaram às mudanças de paradigmas. Estas questões devem ser debatidas em classe se a intenção do ensino é realizar uma mudança conceituai. De outra maneira teremos ao final do curso alunos com conceitos aristotélicos usando fórmulas newtonianas.

Como assinala Bachelard (1938) "todo conhecimento é a resposta a uma questão" e nós precisamos saber fazer as questões corretas a fim de que os alunos construam os seus novos conhecimentos. Além das questões propriamente ditas, nos é importante procurar desvendar na História e na Filosofia das Ciências as questões metodológicas empregadas na construção do conhecimento cientifico. Na verdade foi esta metodologia científica que fez com que a quantidade de conhecimento adquirido pela humanidade nestes últimos quatro séculos crescesse de forma exponencial e modificasse completamente a nossa qualidade de vida.

Concluindo, então, a teoria piagetiana nos dá condições para entendermos os processos de desequilíbrio/reequilíbrio na construção do conhecimento do individuo e nos permite particularizar para a construção do conhecimento em sala de aula. As pesquisas em psicogênese dos conceitos associadas às de conceitos alternativos nos dão um fértil material para a construção de atividades que levem o aluno a conflitos cognitivos. Por outro lado, a História da Ciência, além de nos proporcionartambém idéias para excelentes atividades problematizadoras, desvenda as orientações metodológicas empregadas na construção dos conhecimentos, isto é, a forma com que os cientistas abordam os problemas, as características mais notáveis de suas atividades, os critérios de validação e aceitação das teorias cientificas (Gil, 1986). Este conhecimento vai permitir orientar adequadamente as práticas de laboratório (Gil e Paya, 1988), a resolução de problemas (Gil et al., 1992) e, de uma maneira geral, estas atividades permitem a reconstrução do conhecimento pelos alunos.

Referências Bibliográficas

ALBADALEJO, C, LUCAS, A. Pupils'meaning for mutation. *Journal of Biological Education,* v.22, n.3, p.215-219, 1988.

ANDERSON, R. Pupils explanation of some aspects of chemical reaction. *Science Education,* v.75, n.5, p.549-565, 1986.

BACHELARD, G. *La formation de l'espirit scientifique.* Paris: Vrin 1938.

BASTOS, F. *Conceito de célula viva entre estudantes de segundo grau.* São Paulo, 1991. Dissertação (Mestrado) — Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo.

BECHARA, L. *O desenvolvimento de noções de semelhança na resolução de questões de ampliação e redução de figuras planas.* São Paulo, 1991. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo.

BIZZO, N.M.V. *Ensino de evolução e história do Darwinismo.* São Paulo, 1991. Tese (Doutorado) — Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo.

CARVALHO, A.M.P. *Física:* proposta para um ensino construtivista. São Paulo: Editora Pedagógica Universitária, 1989.

CARVALHO, A.M.P. et al. *Ciência na escola de primeiro grau.* São Paulo: Secretaria de Estado da Educação, 1990. p.63-73:0 construtivismo e o ensino de ciências.

CARVALHO, A.M.P. et al. Síntesis evolutiva de investigaciones en enseñanza de ciencias. *Ensenanza de Ias Ciencias,* v.9, n.2, p.69-174, 1991.

CARVALHO, A.M.P. et al. *La historia de Ia ciencia, Ia psicogenesis y Ia resolución de problemas en Ia construcción del conocimiento en el aula.* [S.l.: s.n.], 1992a. Trabalho apresentado no Encuentro Internacional sobre Investigación en Ia Escuela para el Año 1992, Rabida Espanha 26/6 a 4/7/92.

CARVALHO, A.M.P. et al. Pressupostos epistemológicos para a pesquisa em ensino de ciência. *Cadernos de Pesquisa,* São Paulo, n.82, p.85-89, 1992b.

CASTRO, A D. *Didática e psico-pedagogia:* relato de uma vivência. São Paulo, 1992. Trabalho apresentado no II Encontro Paulista de Formação do Educador, São Paulo, maio de 1992.

CLOUG, E.E., DRIVER, R. A study of consistency in the use of students' conceptual frameworks across different task contexts. *Science Education,* v.70, n.4, p.473-496, 1986.

COLL, C. Las aportaciones de Ia psicologia a Ia educación: el caso de Ia teoria genética y de los aprendizajes escolares, In: COLL, C. *Psicologia genetica y aprendizajes escolares.* [Madrid]: Siglo XXI, 1983.

DRIVER, R. Psicologia cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Ensenanza de Ias Ciencias,* v.4, n.1, p.3-15, 1986.

DRIVER, R. Students Conceptions and the learning of science. *International Journal of Science Education,* v.11, n.5, p.481-490, 1989.

DRIVER, R. et al i*deas cientificas en Ia infancia y Ia adolescencia.* Madrid: Morata: MEC, 1895.

GIL, D. Tres paradigmas básicos de Ia ensañanza de las ciencias. *Ensenanza de Ias Ciencias,* v.l, n.1, p.26-33, 1983.

GIL, D. La metodologia científica y Ia enseñanza de las ciencias: unas relaciones controvertidas. *Ensenanza delas Ciencias,* v.4, n.2, p. 111 - 121, 1986.

GIL, D. Por una formación permanente efectiva. In: GIL, D. (Ed). *La formación de formadores en didáctica de Ias ciencias.* Valencia: Nau Libres, 1990.

GIL, D., CARRASCOSA, J. Science learning as a conceptual and methodogical change. *European Journal of Science Education,* v.7, n.3, p.231-236, 1985.

GIL, D., PA YA, J. Los trabajos prácticos de Física y Química y Ia metodologia cientifica. *Revista de Ensenanza de Ia Física,* v.2, n.2, p.73-79,1988.

GIL,D. et al. Questionando a didática da resolução de problemas: elaboração de um modelo alternativo. *Caderno Catarinense de Ensino de Física,* v.9, n.1, p.7-19, 1992.

GÓES, L.E. O *ensino-aprendizagem das noções de latitude e longitude no 1° grau.* Rio Claro, 1983. Dissertação (Mestrado) —UNESP

HALBWACHS, F. *Physique du maitre entre Ia physique du physicien et Ia physique de l'eleve.* [S.l.: s.n], 1975

HALBWACHS, F. Aprendizagem das estruturas e aprendizagem das significações. *Revue Française de Pedagogie,* n.33, 1981.

LABURU, CE. *Desenvolvimento e aprendizagem do conceito de aceleração em crianças e adolescentes.* São Paulo, 1987. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Física, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo.

NARDI, R. *Campo de força:* subsídios históricos e psicogenéticos para a construção do ensino deste conceito. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Educação, 1991.

PACCA, J., VILLANI, A. *A lei da inércia:* planejamento pedagógico, aprendizagem significativa. São Paulo, 1992. Projeto USP/BID.

PEDUZZI, SS., PEDUZZI, L.O.Q. Leis de Newton: uma forma de ensiná las. *Caderno Catarinense de Ensino de Física,* Florianópolis, v.5, n.3, 1988.

PIAGET, J. *La formation de Ia notion de force.* Paris: Presses Universitaires de France, 1973.

PIAGET, J. *O desenvolvimento do pensamento:* equilibração de estruturas cognitivas Lisboa: Dom Quixote, 1977.

PIAGET, J., GARCIA, R. *Les explications causales.* Barcelona: Barrai Ed., 1971

PIAGET, J., GARCIA, R. *Psicogênese e história das ciências.* Lisboa: Dom Quixote, 1987.

PIAGET, J. et al. *La composición de forces et le problème des vecteures.* Madrid: Ed. Morata, 1975.

POSNER, G.J. et al. Accommodation of scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education,* v.66, n.2, p.211-227, 1982.

ROWELL, J.A. Piagetian epistemology: equilibration and the teaching of science. *Syntese,* n.80, p.141-162, 1989.

ROWELL, J A , DAWSON, C.J. Equilibration, conflict, and instruction: new class-oriented perspective. *European Journal of Science Education,* Londres, v.7, n.3, p.331-344, 1984.

SALTIEL, E., VIENNOT, L. Que aprendemos de las semejanzas entre las ideas históricas y el razonamiento espontâneo de los estudiantes? *Ensenanza de las Ciencias,* v.3, n.2, p.137-144, 1985.

SILVA, D. *O ensino construtivista de velocidade angular.* São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Educação, 1990.

TEIXEIRA, S.K. *Estudo de noções espontâneas acerca de fenômenos relativos à luz em alunos de 11-18 anos.* São Paulo, 1982. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Física, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo.

TRIVELATO, J. *Noções de concepções das crianças e adolescentes sobre de compositores:* fungos e bactérias. São Paulo, 1993. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo.

TRIVELATTO.G.C. *Conservação e modelo corpuscular.* SãoPaulo, 1989. Dissertação (Mestrado) — Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo.

TROWBRIDGE, JE., MINTZES, J.J. Alternative Conceptions in animal classifications: a cross-age study. *Journal of Research in Science Teaching,* v.25, n.7, p.547-571, 1988.

TROWBRIDGE,D.E., McDERMOTT.L.C. Investigation of Student understanding of the concept of acceleration in one dimention. *American Journal of Physics,* St.Louis, v.49. n.3, p.242-253, 1981.

VALLE FILHO, MR *Estudo psicogenético da noção de centro de massas: uma contribuição para o ensino de física.* São Paulo, 1989. Tese (Doutorado) — Faculdade de São Paulo, Universidade de São Paulo.

VIENNOT, L. *Le raironnement spontane en dynamique elèmentaire.* Paris, 1976. Tese (Doutorado) — Universite Paris VII. Publicada en 1979 por Herman, Paris.

VILLANI, A. et al. Concepção espontânea sobre movimento. *Revista de Ensino de Física,* v.7, n.1 1985.

CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO E ENSINO DE CIÊNCIAS

Roseli Pacheco Schnetzler *

O Modelo Transmissão — Recepção e o Ensino de Ciências

Nas ações praticadas pelo professor em sala de aula e nas interações que mantém com seus alunos, há padrões consistentes que constituem o seu estilo de ensino (Harley e Osborne, 1985). Desta forma, o estilo de ensino de um professor manifesta a sua concepção de educação, de aprendizagem e dos conhecimentos e atividades que propicia aos seus alunos. Por isso, ao se propor um novo modelo de ensino, deve-se explicitar efetivamente as concepções de aluno, de aprendizagem e de conhecimento que estão subjacentes ao modelo Além disso, as atividades propostas aos alunos, a organização do conteúdo, as interações em sala de aula e os procedimentos de avaliação adotados devem ser examinados em termos de coerência com aquelas concepções. Caso contrário, corre-se o risco de colocar em prática procedimentos de ensino cujos efeitos serão diferentes dos inicialmente pretendidos ou, ainda, de serem inadequados para propiciar a ocorrência de aprendizagem significativa. Esta, segundo Ausubel (1976), ocorre quando novos significados são adquiridos e atribuídos pelo aprendiz, através de um processo de interação (implicando subsunção ou ancoragem subseqüente) de novas idéias com conceitos ou proposições relevantes já existentes na sua estrutura cognitiva (construto hipotético que reflete a organização de idéias na mente de um individuo). Tal aprendizagem é qualitativamente distinta da aprendizagem mecânica que se caracteriza por uma organização de informações com pouca ou nenhuma interação com conceitos ou proposições relevantes existentes na estrutura cognitiva do aprendiz, implicando uma armazenagem arbitrária de novo conhecimento. O produto desta aprendizagem se caracteriza, portanto, em memorização com um subseqüente esquecimento rápido do conhecimento aprendido. Infelizmente, esta aprendizagem mecânica é a que, de forma geral, tem sido propiciada pelo Ensino de Ciências (Fracalanza et al., 1986; Carraher et al., 1985), contrariando os objetivos que são propostos para aquele ensino (Di Martino et al., 1988).

Dentre as várias razões que podem explicar tal antagonismo, uma merece especial destaque, qual seja, a adoção, por grande parte dos professores, de uma concepção de *ensino como transmissão* e as correspondentes visões de *aluno como tábula rasa e de Ciência como um corpo de conhecimentos prontos, verdadeiros, inquestionáveis e imutáveis.*

Neste modelo psicopedagógico centrado na transmissão-recepção, os conteúdos científicos a serem ensinados são vistos como segmentos de informações que devem ser depositados pelo professor na "cabeça vazia" do aluno. Por isso, é o professor o agente ativo no processo, já que fala 90% do tempo em sala de aula tentando "passar" ou "cobrir" o conteúdo para alunos silenciosos, os quais devem passivamente internalizá-lo e reproduzi-lo em termos *verbatim* nas avaliações.

Acontece, porém, que o aluno não aprende pela simples internalização de algum significado recebido de fora, isto é, dito pelo professor; mas, sim, por um processo seu, idiossincrático, próprio, de atribuição de significado que resulta da interação de novas idéias com as já existentes na sua estrutura cognitiva. Por isso, *o professor tem que levarem conta o que o seu aluno já sabe.* A importância desse princípio é expressa no que diz Ausubel (1976), "se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio, diria que o fator isolado mais importante, influenciando a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Determine isso, e ensine-o de acordo".

Em outras palavras, a literatura aponta que o professor quando não tem na sua cabeça a cabeça do aluno, "fala para as paredes", evidencia que o processo de ensino-aprendizagem que deflagra está centrado na transmissão-recepção. Esta, por sua vez, apresenta como característica precípua usualmente, a passagem de informações dos apontamentos ou do livro do professor para o caderno do aluno, sem passar pela cabeça de nenhum dos dois. Para ambos, o processo é simplesmente mecânico, na medida em

* Professora Assistente-Doutora do Departamento de Metodologia, subárea de Ensino de Química, da Faculdade de Educação da UNICAMP

que o professor que não sabe onde está o seu aluno, em termos cognitivos, não pode tocá-lo, atingi-lo, envolvê-lo no processo de aquisição de conhecimento.

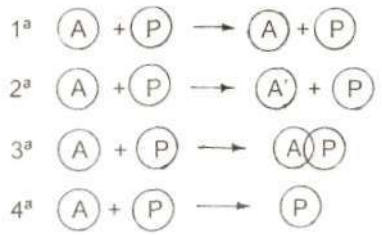
Desde que a aprendizagem é um processo idiossincrático do aluno (e ele deve ser informado disso para se sentir responsável pelo seu próprio processo), nós, professores, não podemos garantir a aprendizagem do aluno mas, sim, devemos, pois esta é a nossa função social, criar as condições para facilitar a ocorrência da aprendizagem significativa em nossos alunos.

Embora ensino e aprendizagem não sejam sinônimos, existe uma estreita relação entre saber como o aluno aprende — teoria de aprendizagem — e saber o que fazer para auxiliar o aluno a aprender melhor—teoria de ensino. Neste sentido, não adianta insistirmos na ação de que ao transmitirmos a nossa forma de organização conceituai, isto é, como entendemos a Ciência, ou parte dela, esta estrutura, que nos parece tão lógica, e que foi por nós construída durante um longo tempo de formação e atuação profissional docente, possa ser integralmente incorporada pelos nossos alunos. Isto porque as suas concepções prévias lhes farão enxergar e entender tal estrutura de outra forma. Como apontado por Bodner(1992), a organização dos nossos cursos nos parece lógica porque entendemos os conteúdos que a constituem. No entanto, isto não significa que os nossos cursos sejam organizados segundo uma ordem psicológica adequada para os nossos alunos. Isto porque enquanto não assumirmos o nosso aluno como construtor e possuidor de idéias e não organizarmos o nosso ensino a partir desssas idéias que o aluno já possui, pouco estaremos fazendo para facilitar a sua aprendizagem.

As Concepções Prévias dos Alunos e a Aprendizagem de Ciências

Pelo simples fato de estarem no mundo e procurarem dar sentido às inúmeras situações com as quais se defrontam em suas vidas, os nossos alunos já chegam ás nossas aulas de Ciências com idéias sobre vários fenômenos e conceitos científicos que, geralmente, são distintas daquelas que queremos ensinar. Como para eles suas concepções prévias fazem sentido, muitas vezes elas são tão resistentes à mudança que comprometem a aprendizagem das idéias que ensinamos, além de determinarem como eles entendem e desenvolvem as atividades que lhes apresentamos em nossas aulas. Neste sentido, o que nossos alunos aprendem depende tanto do que já trazem, isto é, de suas concepções prévias sobre o que queremos ensinar, como das características do nosso ensino. De qualquer forma, a construção de uma idéia em uma determinada situação, exige a participação ativa do aluno, estabelecendo relações entre aspectos da situação e seus conhecimentos prévios. Por isso é fundamental e imprescindível explicitarmos aos nossos alunos a responsabilidade que devem assumir pela sua aprendizagem, como também organizarmos o nosso ensino a partir das concepções já existentes, vez que nos cabe, enquanto professores, sem dúvida, o dever e a responsabilidade social de facilitar a ocorrência daquela aprendizagem. Isto significa dizer que não podemos assumir que os nossos alunos construam por si mesmos, e de modo "natural", as "formas de ver" adotadas e consideradas úteis pela comunidade científica para entendermos o mundo. A nós, professores de Ciências, cabe o papel fundamental de propiciar a socialização do saber científico que histórica e socialmente tem sido construído e que, assim, deve ser tratado e entendido, como parte da cultura humana, em nossas salas de aula.

No sentido de melhor explicitar os nossos deveres, é importante considerar primeiramente que, em nossas salas de aula, quatro possibilidades existem para representar o processo de ensino-aprendizagem que nelas ocorre, conforme evidenciadas a seguir.



Onde A representa a concepção prévia do aluno. P a concepção cientificamente aceita a ser ensinada pelo professor, enquanto os primeiro e segundo membros das equações representam, respectivamente, **a** interação professor-aluno durante o processo de ensino e a resultante deste em termos da aprendizagem do aluno.

Dentre estas quatro possibilidades, evidentemente a almejada corresponde à última, que representa um processo onde ocorreu uma mudança conceituai adequada, visto que a concepção prévia do aluno, usualmente errônea em termos científicos, é substituída pela, ou transformada na idéia cientificamente aceita e ensinada pelo professor

Todavia, inúmeras pesquisas (Driver e Erickson, 1983; Osborne e Wittrock, 1983; Gilbert e Watts, 1983; Hashweh, 1986) evidenciam que as três primeiras possibilidades têm sido as mais freqüentes devido tanto à resistência à mudança das concepções prévias dos alunos quanto e, principalmente,ao fato dos professores não as levarem em conta, vez que não ensinam a partir delas (concebem seus alunos como tábulas rasas) e utilizam procedimentos de avaliação que solicitam "a resposta certa", impedindo que os alunos manifestem como realmente entendem os conceitos.

Se as duas primeiras possibilidades representam, respectivamente, a total ineficiência ou a parca mudança advindas do processo de ensino, já que o aluno sai com a mesma ou quase a mesma concepção prévia inicial, a terceira corresponde à situação onde o aluno memoriza e utiliza a concepção cientificamente "correta" para passar nas provas, mas continua usando as suas idéias prévias para resolver ou interpretar os seus problemas e experiências cotidianas.

Tais constatações são decorrentes da realização de algumas centenas de pesquisas, pautadas em abordagens construtivistas do processo de ensino-aprendizagem de Ciências, que foram desenvolvidas nos últimos quinze anos em vários países do mundo. Naquelas, concepções errôneas de alunos sobre inúmeros conceitos científicos importantes foram detectadas, mesmo após terem freqüentado e sido aprovados em cursos de Ciências.

Vide seleção bibliográfica elaborada por Pfundt e Duit (1991)

Frente a tal gravidade, inúmeras outras pesquisas têm sido desenvolvidas no sentido de propor e investigar estratégias e modelos de ensino que promovam a construção pelo aluno de idéias científicas "corretas" a partir de suas concepções prévias (Driver e Oldham, 1986: Posner et al., 1982; Hashweh, 1986; Osborne e Freyberg, 1985; Gil et al., 1991).

Neste sentido, como a aprendizagem de idéias científicas implica a ocorrência de mudança conceituai, o ensino de Ciências, longe de ser centrado na simples transmissão de informações, deve ser concebido e desenvolvido como um processo que visa a promover tal mudança

O Ensino de Ciências como Promoção de Mudança Conceituai

Mudança conceituai tem sido o termo usualmente empregado para designar a transformação ou a substituição de crenças e idéias ingênuas (concepções prévias ou esquemas alternativos) de alunos sobre fenômenos sociais e naturais por outras idéias, mais sofisticadas (cientificamente "corretas"), no curso do processo de ensino-aprendizagem de Ciências.

A mudança conceituai de um aluno pode ocorrer de várias e diferentes formas. Pode haver: 1) acréscimo de novas concepções em função de experiência posterior do aluno, através do seu desenvolvimento pessoal e pelo contato com idéias de outras pessoas; 2) reorganização das concepções existentes, tanto desafiadas por alguma nova idéia externa ao aluno, quanto como resultado de um processo de pensamento desenvolvido internamente por ele próprio; 3) rejeição de concepções existentes, como resultado de uma reorganização conceituai que implica substituição dessas por outras concepções novas, em função do confronto entre o seu ponto de vista anterior com o ponto de vista da Ciência.

Nos dois primeiros casos trata-se de uma mudança conceituai fraca, ou assimilação, enquanto a substituição de concepções prévias por idéias cientificamente "corretas" pressupõe uma mudança conceituai radical, ou acomodação, a qual, segundo Posner et al.(1982), implica a ocorrência de quatro condições a saber: 1) o aluno deve se sentir insatisfeito com **a** sua

concepção prévia, a fim de que possa alterá-la; 2) a nova idéia ou concepção cientificamente "correta" deve ser inteligível para ele; e 3) parecer-lhe plausível, já que existe diferença entre entender, e crer, além de ser 4) frutífera, pois lhe deve permitir a ampliação do seu campo de conhecimento.

Entretanto, para que o aluno se sinta insatisfeito com a sua idéia prévia, ele precisa se sentir "em conflito". Isto porque este é considerado um motor que favorece a conceituação, já que pode fazer com que o aluno duvide de suas próprias idéias, levando-o a buscar outras concepções mais pertinentes (Giordane De Vecchi, 1988).

Em termos do processo de ensino, o conflito pode ser instaurado se o professor apresentar situações-problema ao aluno, cuja resolução não lhe seja possível pela utilização da sua concepção prévia. Todavia, como o conflito deve ocorrer no aluno, aquele pode ou não se instaurar ou, ainda, pode levar tempo para ser resolvido, já que a construção de uma nova idéia ou conceito não ocorre instantaneamente, mas sim ao longo de um processo.

Isto significa que na mudança conceituai radical, após a instauração do conflito, não ocorre um simples descarte da concepção prévia pelo aluno para depois este passar a construir uma nova idéia com o auxílio do professor. Como apontam Hashweh (1986) Giordan e De Vecchi (1989), o aluno pode se sentir em conflito tanto porque sua concepção prévia não explica ou resolve a situação-problema colocada pelo professor, como também pelo confronto entre aquela concepção e a idéia cientificamente "correta" apresentada pelo docente. Em outras palavras, trata-se de um processo dinâmico onde se deve procurar provocar uma redução na estabilidade, ou no *status,* da concepção prévia do aluno e de aumentar a estabilidade e o *status* da nova concepção, cientificamente aceita e apresentada pelo professor (Pines e West, 1986). Por isso é fundamental que o aluno seja exposto a várias situações-problema, cujas resoluções só sejam possíveis pela aplicação da nova concepção, mas não da sua concepção prévia. Com isso, estar-se-á encrementando o potencial de plausibilidade e de frutificação da concepção cientificamente aceita, visando a fortalecer a ocorrência da mudança conceituai e, conseqüentemente, evitando que o aluno retorne à sua concepção prévia.

Desta forma, não se trata de destruir as concepções prévias dos alunos, mas sim de se desenvolver um processo de ensino que promova a evolução de suas idéias. Em outros termos, a ruptura não significa necessariamente descarte. Assim, o ensino não pode ser concebido como um processo simplesmente linear, onde novos conceitos vão sendo seqüencialmente introduzidos; mas sim como um processo em que o professor deve também planejar e desenvolver situações freqüentes onde conceitos já abordados sejam retomados e retrabalhados sob novas formas, estabelecendo novos relacionamentos conceituais para propiciar ao aluno condições de aplicação, ampliação e consolidação daquelas idéias, ou seja, das idéias cientificamente aceitas ("corretas").

Em termos de um modelo de ensino construtivista, Driver e Oldham (1986) propõem uma seqüência que compreende cinco fases, a saber: orientação, elicitação, reestruturação, aplicação e revisão.

A seqüência de ensino começa pela fase de orientação, a qual objetiva motivar os alunos e justificar a eles a importância de aprenderem um determinado tópico, de procurarem resolver um problema ou de investigarem algum fenômeno cientifico. A esta fase, segue-se a elicitação, na qual os alunos explicitam as suas concepções prévias sobre o tópico, problema ou fenômeno em questão, principalmente através de discussões em grupo ede elaboração de textos. Em seguida, a fase de reestruturação implica, de início, a clarificação e o intercâmbio, por meio de discussões, das idéias dos alunos, o que pode levar a desacordos espontâneos entre eles. O professor, por sua vez, de forma intencional, deve explorá-los, bem como promover conflitos conceituais ao utilizar demonstrações refutadoras ou apresentar contra-exemplos. A ele também cabe, nesta fase, apresentara concepção e explicação cientificamente "corretas", dando oportunidades aos alunos para construírem e expressarem suas idéias a respeito. Estas devem, na fase de aplicação, ser utilizadas pelos alunos em diversas situações, tanto novas quanto familiares, a fim de que sejam consolidadas e reforçadas. Por fim, na fase de revisão, os alunos são solicitados a refletir sobre a mudança

conceituai neles ocorrida, realizando comparações entre suas idéias no inicio e ao final da seqüência de ensino. Isto é particularmente importante porque solicitações de auto-reflexão levam o aluno a aprender a aprender (White e Gunstone, 1989).

Assim, é fundamental que em um processo de ensino construtivista, o professor seja sensível às concepções e interpretações dos alunos, e que as valorize. Na medida em que o conhecimento é construído pelas pessoas através da interação social, é também fundamental que o clima na sala de aula seja amigável para que haja respeito e apoio mútuos entre os pontos de vista dos alunos e do professor (Driver e Oldham, 1986). Por sua vez, como a aprendizagem é um processo do aluno, este deve ter oportunidades freqüentes de explicitar e comunicar as suas idéias. Além disso, o aluno deve ser solicitado a elaborar hipóteses (especular), planejar, realizar experimentos e analisar os resultados decorrentes para resolver problemas e investigar fenômenos que lhe sejam de interesse (Gil et al. 1991). Isto significa que o professor deve selecionar problemas e fenômenos que além de envolverem a aprendizagem de conceitos científicos fundamentais, apresentem relevância para a vida cotidiana do aluno e contribuam para a sua formação como cidadão.

Frente a tais considerações depreende-se, obviamente, que o atual currículo de Ciências, proposto para ser cumprido nas escolas brasileiras, está sobrecarregado. Necessária se faz uma urgente redução no conteúdo a ser ensinado, limitando-o ao tratamento de alguns conceitos científicos mais relevantes, pois, pretender promover mudança conceituai e, conseqüentemente, aprendizagem significativa nos alunos, demanda tempo.

Portanto, além da necessária reflexão epistemológica que nós professores de Ciências devemos fazer para selecionar conceitos científicos relevantes que devam ser ensinados em nossos cursos, devemos, ainda, exercer um papel de agente motivador, orientador e, principalmente, de *professor pesquisador,* pois precisamos saber identificar as concepções prévias de nossos alunos e, em função delas, devemos saber planejar, desenvolver, aplicar e avaliar atividades e procedimentos de ensino que promovam conflitos em nossos alunos, e lhes possibilitem construir e utilizar concepções cientificamente aceitas. Desta forma, ao procurarmos ser mediadores eficientes no processo de construção e apropriação de saberes científicos dos nossos alunos, estaremos efetivamente ensinando Ciências quando procurarmos ajudar os nossos alunos a:

1) investigar fenômenos e explorar idéias;
2) formular perguntas úteis e produtivas;
3) buscar e desenvolver explicações que são úteis para eles com relação ao mundo natural e tecnológico que confronto diariamente;
4) ampliar suas experiências sobre o mundo natural e tecnológico;
5) manifestar interesse sobre as explicações dos outros a respeito de como e porque as coisas são como são e buscar saber de que forma tais explicações têm sido obtidas. (Osborne e Freyberg, 1985, p.89)

Referências Bibliográficas

AUSUBEL, D. *Psicologia educativa:* un punto de vista cognoscitivo. México: Trillas, 1976.

BODNER, G.M. Why changing the curriculum may not be enough. *Journal of Chemical Education,* v.69, n.3, p.186-190, 1992.

CARRAHER, D.W. et al. Caminhos e descaminhos no ensino de Ciências. *Ciência e Cultura,* v.37, n.6, p.889-896, 1985.

DI MARTINO, E. et al. *A proposta curricular para o ensino de Ciências e programas de saúde -1º grau.* São Paulo: Secretaria de Estado da Educação, Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas, 1988.

DRIVER, R., ERICKSON, G. Theories into action: some theoretical and empirical issues in the study of students conceptual frameworks in science. *Studies in Science Education,* n.10, p.37-70, 1983.

DRIVER, R., OLDHAM, V. A constructivist approach to curriculum development in Science. *Studies in Science Education,* n.13, p.105-122, 1986.

FRACALANZA, H. et al. *O ensino de Ciências no 1°grau.* São Paulo: Atual, 1986.

GIL, D. et al. *La ensenanza de las ciências en la educación secundaria.* Barcelona: Horsori, 1991.

GILBERT,J.,WATTS, M.Concepts,misconceptionsand alternative Conceptions: changing perspectives in science education. *Studies in Science Education,* n.10, p.61-98, 1983.

GIORDAN, A., DE VECCHI, G. El papel del conflicto, In: LOS ORÍGENES del saber. Sevilla: Diada Ed., 1988.

HARLEY, W., OSBORNE, R. A model for learning and teaching applied to primary science. *Journal of Curriculum Studies,* v.17, n.2, p.133-146, 1985.

HASHWEH, M.Z. Toward an explanation of conceptual change. *European Journal of Science Education,* v.8, n.3, p.229-249, 1986.

OSBORNE, R., FREYBERG, P. *Learning in science:* the implications of childrens' science. London: Heinemann, 1985.

OSBORNE, R., WITTROCK, C. Learning science: a generative process. *Science Education,* v.67, n.4, p.489-508, 1983.

PFUNDT, H., DUIT, R. *Student's alternative frameworks and science education.* 3. ed. Kiel: IPN, 1991.

PINES, A., WEST, L. Conceptual understanding and science learning: an interpretation of research within a sources-of-knowledge framework. *Science Education,* v.70, n.5, p.583-604, 1986.

POSNER, G. et al. Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education,* v.66, n. 2, p.221-227, 1982.

WHITE,R..GUNSTONE, R. Metalearning and conceptual charge. *International Journal of Science Education,* n.11, p 577-586, 1989. Special issue.

CONSTRUÇÃO DE CONHECIMENTOS: TENDÊNCIAS PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS

Carlos Eduardo Laburú*

Este trabalho objetiva mostrar aspectos comuns encontrados em dois modelos teóricos que norteiam as concepções de ensino-aprendizagem em Ciências atuais.

As tendências teóricas a serem especificadas referem-se à teoria da equilibração de Piaget (1977) e ao movimento, conduzido nas últimas duas décadas, denominado por Gilbert e Swift (1985) e Millar (1989) de Movimento das Concepções Alternativas (MCA).

Este trabalho, com a sua proposta de indicar pontos confluentes aos dois modelos teóricos, vai de encontro a muitas críticas especificas feitas à primeira teoria por integrantes da segunda e, em certos casos separatistas extremos, coloca-as como programas de pesquisas rivais (Gilbert e Swift, 1985).

A postura a seradotada aqui é a de compreender essas teorias menos como rivais e mais como passíveis de integração, principalmente nos aspectos fundamentais que aqui exibiremos.

É preciso destacar que o modelo MCA é formado por um grupo de pensadores com preocupações específicas em educação de Ciências e, portanto, com aplicações pedagógicas muitas vezes diretas. A inspiração deste modelo é a filosofia da ciência, onde há a preocupação de se encontrar, no processo de evolução do conhecimento científico, elementos que sirvam de heurística à compreensão dos processos ocorridos em sala de aula, em nível conceituai. Ele busca, através da compreensão do desenvolvimento epistemológico, pistas ou um denominador comum, entre o processo de evolução do conhecimento científico e a natureza do conhecimento individual.

A teoria da equilibração, por outro lado, é uma teoria do conhecimento (epistemologia genética) que procura explicar o desenvolvimento do indivíduo, a partir dos primeiros meses de idade até a adolescência, e que, esbarra nas fronteiras do conhecimento hipotético-dedutivo científico, procurando englobá-lo. É uma teoria de natureza geral e qualquer tentativa de derivá-la para implicações pedagógicas fica na responsabilidade daqueles que assim o fizerem ou a interpretarem.

Sem querer polemizar sobre as diferenças entre os dois modelos, iniciaremos esboçando suas principais convergências: a primeira pode ser encontrada na postura dos mesmos em estabelecera elaboração do conhecimento do indivíduo como sendo um processo de construção, em que os dois modelos se auto-atribuem como "construtivistas" do conhecimento.

Como ponto de partida motivador para o estabelecimento da postura construtivista dos dois modelos, vejam-se a seguir as seguintes perguntas que paulatinamente serão respondidas no desenvolver destas idéias:

1) Como o conhecimento (individual ou social) passa de um estado de menor conhecimento para um estado de maior conhecimento?

2) É possível especificar elementos responsáveis para que o objetivo da pergunta acima — um estado de maior conhecimento — seja alcançado?

O Construtivismo

O conhecimento individual como instrumento de estudo pode ser compreendido segundo várias posturas. Entre elas, o conhecimento pode ser postulado como pré-formado no sujeito, ou seja, o sujeito já apresenta todo o conhecimento necessário, ou está em vias de apresentá-lo — tese maturacionista —; portanto, cabe ao sujeito tão somente tomar consciência do seu próprio conhecimento.

* Professor da Universidade Estadual de Londrina.

Uma segunda postura é aquela que considera o sujeito como uma tábula rasa. Neste caso, o conhecimento vai se efetivando através da transmissão verbal ou empírica. Ao entrar em contato com o objeto, este imprime no espírito do sujeito toda a informação ou verdade evidente.

A visão do conhecimento na postura construtivista, por outro lado, se opõe a estas posições inatistas ou empiristas-indutivistas. Na visão construtivista, o conhecimento não é adquirido nem por observação direta do objeto e nem está pré-formado no sujeito. O construtivismo estabelece que o conhecimento do indivíduo é um processo de auto-construção, a partir da interação do sujeito construtor com o objeto a ser construído. Disso resulta uma relação necessária de reciprocidade entre sujeito-objeto. Por meio dessa interação entre o sujeito e o objeto, há pelo primeiro a criação constante de novidades (de estruturas conceituais), a fim de entender este último. No entanto, esta criação não se dá no vazio, mas a partir de uma assimilação sobre o que já havia sido previamente construído pelo sujeito, em sua interação com outros objetos e outros seres sociais prévios. Desse modo, o sujeito ao criar deve estar compromissado em acomodar a nova e inesperada reação do objeto observado, com o que já havia sido anteriormente construído do referido objeto (Piaget, 1977). Neste caso, a relação do sujeito com o objeto não é de contemplação pura, mas um processo que envolve uma coordenação do observado às outras elaborações já realizadas pelo sujeito, ou como coloca sinteticamente Popper (1972, p.61): "que uma observação é sempre uma observação à luz de teorias"; ou ainda: "O conhecimento não parte do nada—de um tábula rasa—como também não nasce da observação; seu progresso consiste, fundamentalmente, na modificação do conhecimento precedente"(Popper, 1972a, p.56). Para Driver (1989) — uma representante do modelo MCA — o sujeito é o "construtor", o "arquiteto" do seu próprio conhecimento.

Em resumo e procurando unificar algumas idéias semelhantes de Piaget (Inhelder et al. 1978, p.73) e de Popper (1972a, p.218) numa única proposição, podemos dizer que a visão construtivista encara a mente do sujeito como "legislando sobre a natureza, tentando impor as suas leis" e a natureza (o objeto) "deixa-se levar, mas nem sempre, e quando isto acontece foi por não ter o sujeito encontrado as operações adequadas, chegando a teorias falsas por falta de convergência". Dessa forma, o sujeito deve construir, inventar uma teoria melhor, utilizando-se de duas vias possíveis: ou substituindo a antiga teoria ou completando-a, integrando-a a uma melhor (Piaget, 1977, p.20, 32 e 89).

Por outro lado, o invariante básico da construção do conhecimento individual (e mesmo na ciência, segundo Popper), está orientado e se suporta na procura do sujeito pela coerência; ou como coloca Bovet: "o sujeito não procura de modo nenhum a incoerência e se inclina portanto sempre em direção de certas formas de equilíbrio, sem no entanto jamais atingi-las, senão às vezes a título provisório".

A busca comprometida com a consistência, a coerência e a generalidade (Posner et al., 1982; Hewson e Thorley, 1989), através do uso da crítica, é para a teoria da equilibração e para o modelo MCA, o motor do desenvolvimento do conhecimento.

Conseqüentemente, para os dois modelos construtivistas, criar e inventar é, portanto, acomodar-se aos imprevistos do objeto, para, essencialmente, manter-se o compromisso com a coerência. Para tentar solidarizar estes imprevistos com os conhecimentos prévios, que o sujeito já havia anteriormente construído na sua interação com este objeto (e com outros sujeitos) é necessário que estes conhecimentos anteriores do sujeito sejam modificados, sem serem desprezados no processo de modificação.

Com isso, o conhecimento transformado obriga as reações do objeto, de um lado, a serem novamente previsíveis e dedutíveis; por outro, a sujeitar-se-à generalização, levando esse conhecimento a encaminhar-se na direção do conhecimento cientificamente aceito; o que em termos pedagógicos cabe ao professor "orientador".

A Mudança Conceituai

Uma outra similaridade importante entre os modelos teóricos da equilibração e MCA pode ser encontrada no momento em que se pretende entender

como um sujeito, com concepções prévias sobre um objeto, sofre uma transformação conceituai, de modo a eliminar ou modificar essas suas pré-concepções sobre o objeto.

Novamente, apesar dos dois modelos acima convergirem para uma resposta comum, o fazem com formas ou linguagens diferentes. Para a teoria da equilibração, uma mudança conceituai (linguagem própria ao modelo MCA) é conduzida a partir de construções compensatórias (Vuik, 1981) — para Piaget (1977, p.46) compensações e construções são dois aspectos indissociáveis. Piaget também coloca que, caso um sistema cognitivo não consiga acomodar um evento novo ao seu esquema de assimilação, este sistema, inicialmente em equilíbrio, passa por um processo de desequilíbrio. O sistema somente se reequilibra — este reequilíbrio sendo majorante (superior) ao equilíbrio anterior—quando compensações são geradas para anular a perturbação. Neste processo de absorção da perturbação, três fases possíveis de compensação podem ser notadas como comportamentos do sistema cognitivo.

Um comportamento chamado alfa, no qual prevalece a tentativa de neutralizar, de anular a perturbação, considerando-a anômala (não lhe atribuindo importância), deformando-a para não reconhecê-la como perturbação, ou simplesmente rejeitando-a a fim de preservar a teoria. Esta maneira de restaurar o equilíbrio só é parcialmente compensadora e o equilíbrio é, pois, frágil e instável e será facilmente perturbado.

O segundo comportamento chamado beta, busca integrar a perturbação no sistema, não a ignorando, criando teoria substituta para explicá-la ou completando explicações prévias. Há uma reorganização da estrutura prévia, tentando preservar ao máximo o esquema de assimilação. O sistema começa a ser modificado até atingir um novo equilíbrio, no qual os distúrbios comparecem como variações da própria estrutura reorganizada em virtude das novas relações produzidas. Logo, tenta-se um máximo ganho (integrara perturbação) com um mínimo custo (conservar o possível do esquema anterior do sujeito).

A reorganização iniciada em beta é completada no comportamento gama que consiste em antecipar por previsão ou dedução as variações possíveis. Elimina-se, assim, a perturbação como tal, inserindo-a no sistema já devidamente transformado para contê-la como uma possibilidade e não mais como distúrbio.

Com o objetivo de ilustrar essa classificação das compensações, consideremos o seguinte exemplo (Carvalho et al., 1992) de como um aluno age quando é levado a medir a temperatura de ebulição da água numa cidade situada acima do nivel do mar. Ele pode esperar, baseado em informações anteriores, que a água ferva a 100°C. Ao obter experimentalmente um valor menor do que este, apresentará um comportamento alfa quando se negar a reconhecer essa perturbação, atribuindo a anomalia, por exemplo, a um defeito do termômetro ou à incapacidade da fonte de calor em elevar mais a temperatura ("se usarmos um fogo mais alto a temperatura chegará a 100°C").

Este comportamento evoluirá para uma fase beta quando o aluno procurar alterar a sua explicação, levando em conta o fato perturbador. Ele pode, então, atribuir a temperatura menor ao fato do vapor "estar carregando o calor", impedindo que a temperatura se eleve; ou ainda ao fato do dia estar frio ou mesmo chegar à conclusão de que a altitude influencia a temperatura de ebulição.

Esta evolução do comportamento chegará à fase gama quando o aluno possuir, coordenadamente, todas as informações necessárias para considerar o fato perturbador como algo previsível dentro de seu sistema cognitivo. Para apresentar um comportamento gama o aluno deverá, então, ser capaz de articular vários esquemas entre si e saber aplicá-los ao fenômeno em questão. No exemplo citado, isso implica coordenar os seguintes aspectos: um liquido entra em ebulição quando sua pressão de vapor iguala a pressão atmosférica; a temperatura em que isto ocorre é tanto mais baixa quanto menor for a pressão atmosférica; a pressão atmosférica é menor em altitudes maiores.

No momento em que uma perturbação é causada por um agente externo (professor, debates em grupo, demonstrações, laboratório, filmes, textos

etc), entende-se que níveis compensatórios beta e gama devam ser alcançados, tendo neste último o objetivo final numa perspectiva de ensino-aprendizagem de conteúdos. Para tal objetivo ter êxito, é importante que, dentro dos esquemas iniciais do sujeito, existam espaços e limites suficientes para que a perturbação seja integrada em novo, ou novos esquemas do sujeito construídos para esse fim. Se a perturbação for demasiadamente grande, em relação ao potencial de assimilação dos esquemas do sujeito, o aprendiz simplesmente não irá encarar o elemento perturbador como um distúrbio ou conflito cognitivo e, portanto, não iniciará a sua integração. Piaget sintetiza:... ."se os saltos são excessivamente grandes em relação ao ponto de partida, deixa de havercompreensão"(Inhelderet al.,1978, p.61).

Do ponto de vista do modelo MCA podemos observar que a preocupação com a superação de um conhecimento limitado é paralela às construções compensatórias piagetianas — os dois modelos partem do que já é previamente conhecido pelo sujeito e preocupam-se com a superação desse restrito conhecimento anterior. Para o modelo MCA a mudança conceituai —que leva em consideração o que o aprendiz já conhece (Driver, 1989) — é de tal natureza relevante que ele estabelece condições apropriadas para o favorecimento de mudanças conceituais.

Posner et al. (1982) sugerem que no processo de mudança conceituai do sujeito quatro situações devem estar presentes para que este processo de mudança se efetive. As situações são definidas por: insatisfação, inteligibilidade, plausibilidade e frutificação.

A *insatisfação* é a condição na qual os conceitos dos estudantes (e dos cientistas) sofrem mudanças, no momento em que geram um conjunto de enigmas ou anomalias não resolvidas.

A *inteligibilidade* é a condição na qual o individuo compreende a sintaxe, o modo de expressão, os termos e os símbolos utilizados pela nova concepção. Requer, também, construir e identificar representações, imagens e proposições coerentes, internamente consistentes e inter-relacionadas, sem contudo, acreditar necessariamente que elas sejam verdadeiras.

A *plausibilidade* é a condição na qual os novos conceitos adotados são, pelo menos, capazes de resolver os problemas gerados pela concepção predecessora Desta condição resulta, ainda, a relação de consistência dos conceitos aceitos para com outros conhecimentos (ecologia conceituai) correlatos.

A *frutificação* é a condição que abre a possibilidade de que novos conceitos sejam estendidos a outros domínios, desvelando novas áreas de questionamento.

Ligada a essas quatro condições diretoras de uma mudança conceituai, junta-se mais a condição denominada de *ecologia conceituai.* A natureza desta ecologia conceituai é indicadora de se compreender o indivíduo como resultante de uma base conceituai corrente, lastreada nos seguintes elementos: (1) Anomalia — determina a importância dos problemas surgidos numa determinada idéia; (2) Analogia e metáforas — servem para sugerir novas idéias e fazê-las inteligiveis; (3) Compromissos epistemológicos — compromissos com elegância, economia, parcimônia, com a consistência interna e a generalização ao julgar um conhecimento (Hewson, 1985); (4) Conceitos e crenças metafísicas—crenças na existência de uma ordem e simetria do universo; relações entre a experiência diária e a ciência, crença na natureza última do universo; (5) Outros conhecimentos — conhecimentos em outros campos; e que o novo conceito seja mais promissor do que os seus competidores.

Desse modo, esses cinco elementos permeiam as quatro condições acima, formando um "meio ambiente intelectual atuante, semelhante a um nicho ecológico. Ambiente este no qual as pessoas vivem (incluindo crenças culturais, linguagem, teorias aceitas, fatos e eventos), favorecendo certos conceitos e inibindo outros" (Hewson, 1985).

Enquanto para Posner et al. (1982) essas condições anteriores dão os alicerces essenciais ao desenvolvimento efetivo de um conceito no indivíduo, Hewson (1985) e Hewson e Thorley (1989) entendem, como também prioritário à mudança conceituai, a tomada de consciência pelo aprendiz do *status* ostentado por essas condições anteriores. De forma que o

monitoramento dessa troca de *status* na passagem para uma nova concepção se faça perceber pelo estudante, através de sentimentos, opiniões, atitudes e reflexões frente às suas concepções.

O que se compreende dessas últimas colocações é a importância, realçada pela escola MCA, do entendimento e da valorização de aspectos metacognitivos ou, como coloca White e Gustone (1989), de meta-aprendizagem na elaboração do novo conceito. A meta-aprendizagem é então colocada como promotora da mudança de crenças, por meio de discussões freqüentes do aprendiz em relação ao seu próprio ato de aprender.

Vê-se, por conseguinte, como os modelos da teoria de equilibração e MCA confluem no sentido de se preocuparem com processos de transformação conceituai — o primeiro, por meio das compensações, o outro, firmando condições para que se estabeleça um *status* superior de uma concepção em relação a outra. Interpretamos, assim, que a passagem através das compensações piagetianas está diretamente relacionada com as condições de mudança de *status* das concepções (mudança conceituai).

Uma observação final é a concordância dos dois modelos em realçar a importância de se provocar o "conflito", a "perturbação", a "insatisfação" para com as concepções prévias do sujeito, a fim de se processar, por superação destas concepções prévias, as transformações acima desejadas.

Com as idéias precedentes pensamos ter respondido às duas questões centrais propostas, deixando, conjuntamente, algumas posições centrais convergentes dos dois modelos construtivistas que muito influenciam as concepções atuais de ensino-aprendizagem em Ciências.

Referências Bibliográficas

CARVALHO, A.M.P. et al. Pressupostos epistemológicos para a pesquisa em ensino de ciências. *Cadernos de Pesquisa,* São Paulo, p.85-89, ago. 1992.

DRIVER, R. Student's Conceptions and the learning of science. *International Journal of Science Education,* n.7, p.481-490, 1989. Special issue.

GILBERT, J.K.SWIFT, D. J.Towards a lakatosian analysis of the piagetian and alternative Conceptions research programs. *Science Education,* v. 69, n.5, p.681-696, 1985.

HEWSON,P. W. Epistemológica! commitments in the learning of sience: examples from dynamics. *European Journal Science Education,* London, v.2, n.2, p.163-172, 1985.

HEWSON, P. W..THORLEY N.R. The Conditions of conceptual change in the classroom. *International Journal Science Education,* n.7, p.541-553, 1989.

INHELDER, B. et al. *Epistemologia genética e equilibração.* Lisboa: Horizonte Universitário, 1978.

MILLAR, R. Constructive *critiscisms. International Journal Science Education,* n.11,p.587- 596,1989.

MILLAR, R., DRIVER, Beyond process. *Studies Science Education,* v.14, p.33-62, 1987.

PIAGET, J. O *desenvolvimento do pensamento*: equilibração das estruturas cognitivas. Lisboa: Dom Quixote, 1977.228p.

PIAGET, J. Lógica e conhecimento científico, In; ENCICLOPÉDIA de Ia Pleiade. [Lisboa]: Liv. Civilização, 1980. v.1, p. 17-114.

POPPER, KR. *A lógica da pesquisa cientifica.* São Paulo: Cultrix, 1972. 567p.

POPPER, K. R. *Conjecturas e refutações.* Brasília: Ed. Universidade de Brasilia, 1972a. **449p.**

POSNER, G.J et al. Accommodation of scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education,* New York, v.66, n.2, p.221-227, 1982.

VUIK, R. *Overview and critique of Piaget's genetic epistemology 1965 - 1980.* London:. Academic Press, 1981. v.6, 264p.

WHITE, R. T. and GUSTONE, R. F. Metaleamig and conceptual change. *International Journal Science Education* , n.7, p.577-586, 1989. Special issue.

HISTÓRIA DA CIÊNCIA E ENSINO: ONDE TERMINAM OS PARALELOS POSSÍVEIS?*

Nelio Marco Vincenzo Bizzo**

Introdução

Evocar a História para iluminar o ensino tem sido uma estratégia bastante comum. A literatura especializada registra esta tendência no ensino de Ciências pelo menos desde meados do século passado no Reino Unido (Jenkins, 1989 e 1990).

A idéia de que o passado ajuda a compreender o presente parece muito atraente e até mesmo acima de qualquer dúvida. Ultimamente, ao sabor da moda, várias iniciativas têm sido realizadas no sentido de colocar a história da ciência a serviço do ensino. Vários paises têm tomado iniciativas, como os Estados Unidos (projeto 2061), Dinamarca (curriculo nacional), Holanda (PLON), Inglaterra e País de Gales (curriculo nacional)[1], além da criação de uma revista especializada na Nova Zelândia *(Science & Education).* Em outro artigo, procuramos mostrar algumas das propostas que têm sido apresentadas no sentido de aproximar essas duas áreas (Bizzo, 1993a). Aqui, o objetivo será o de mostrar algumas restrições e cuidados que deveriam estar presentes nesse debate.

"Este trabalho contou com ajuda financeira da CAPES, Universidade de Leeds (School of Education) e Universidade de São Paulo (CCInt). Sou especialmente grato a Edgar Jenkins, Roger Hartley, Pat Greenwood e Jonathan Hodge durante a realização de estágio de pós-doutoramento na Inglaterra.

"Professor da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.

' Na Inglaterra e Pais de Gales a iniciativa não saiu do papel: o objetivo *Nature of Science* (AT 17) acabou sendo suprimido em 1991.

A primeira questão a ser colocada é a de que a idéia do passado auxiliando a compreensão do presente pressupõe a existência de um *continuum* entre um momento e outro. Em outras palavras, a idéia aplicada ao ensino das Ciências demanda um contexto no qual as teorias de hoje sejam vistas como estreitamente aparentadas com as teorias do passado. A compreensão do passado equivaleria à compreensão de parte significativa do presente.

A segunda questão a ser enfrentada é uma decorrência deste quadro, no qual aparecem relações de hierarquia e complexidade crescente entre o passado e o presente. O passado seria constituído de elementos simples que foram se tornando complexos por conta de um processo contínuo de elaboração científica. Existiria não apenas um simples parentesco entre presente e passado, mas uma relação de modificação progressiva em direção ao presente.

Por fim, a terceira questão diz respeito aos elementos normalmente apresentados para a confirmação desse quadro teórico. Os estudantes, enquanto aprendizes de teorias científicas, explicam determinados fenômenos utilizando elementos parecidos com os dos cientistas do passado. Isto confirmaria a existência de um número restrito de alternativas para a reconstrução do conhecimento científico do presente além daquele trilhado pelos cientistas de épocas passadas.

Ao tomar feições pedagógicas essa elaboração teórica poderia conduzir rumo a propostas *historicistas* ou *recapitulacionistas* (Bizzo, 1991). Nessa vertente, a história da ciência passaria a dirigir os procedimentos pedagógicos, buscando no passado da ciência a orientação para o presente do ensino.

A definição do que seja história da ciência é sempre um problema. No entanto, ele não nos impede, com as reservas devidas, de avançar na argumentação. Caberia agora ressaltar alguns dos riscos potenciais dessa proximidade. Para tanto, examinaremos as três questões que abrem este artigo.

Passado e Presente na Ciência

0 passado tem sido uma importante ferramenta para a compreensão do presente. Isso tem sido verificado tanto nas Ciências humanas como nas da natureza. No entanto essa ferramenta funciona graças aos elos de continuidade existentes entre o passado e o presente. O passado recente da Terra pode ajudar a compreender o presente da Terra; pouco, se algo, pode acrescentar ao presente de Plutão, por exemplo.

As teorias científicas não são planetas, é claro. A fraqueza da analogia pode ser revelada menos pela sua dimensão no espaço do que no tempo. Planetas, guardadas suas diferenças de tamanho e órbita, convivem pacificamente. Teorias científicas, ao contrário, são muito pouco amistosas face a explicações rivais.

Na dimensão histórica, a tensão da rivalidade pode ser verificado na maneira pela qual as teorias científicas se sucedem no tempo. Mais do que isso, o que os cientistas dizem das teorias de outrora revela que a idéia do passado iluminando o presente nem sempre é aceita sem discussão.

Thomas Kuhn (1987) já tinha apontado o fato de que os cientistas duvidam da utilidade da história da ciência em seus respectivos campos de estudo. Escreveu ele que

> (...) não se estimula o estudante para que leia os clássicos históricos próprios de seu campo, trabalhos nos quais poderia encontrar outras maneiras de considerar os problemas que aparecem em seus livros-texto, porém nos quais poderia também encontrar problemas, conceitos e procedimentos que já foram descartados e substituídos por outros, (p.252)

Um exemplo típico na esfera da Biologia seria a explicação para as regenerações. No século passado os cientistas procuravam por uma explicação geral que pudesse tornar compreensível o grande número de exemplos conhecidos. Planárias podem ser cortadas ao meio, regenerando dois animais inteiros. Existem vários eixos de corte possíveis. O mesmo não se aplica a uma barata. Quais as razões disso?

Essa é uma típica questão não respondida que os biólogos de hoje não vêem nenhuma vantagem em discutir com seus alunos e aprendizes. Essa é uma questão que era importante para o desenvolvimento de teorias que já foram abandonadas.

Neste caso, podemos ver um exemplo da falta de continuidade das teorias científicas num exemplo particular. Sem querer entrar no mérito do paradigma kuhniano da trajetória da construção do conhecimento científico, podemos notar que os elementos necessários para a compreensão das teorias de hereditariedade e reprodução do século passado já perderam sua importância para a compreensão das teorias de herança da atualidade. A regeneração e suas normas parece, para o biólogo de hoje, algo como uma partida de xadrez para um matemático do fim da Idade Média: um entretenimento interessante.

É muito improvável que os geneticistas da atualidade, por exemplo, conheçam o trabalho de Andrew Knight, Gârtner, Nâegeli e Galton com a mesma profundidade que conhecem o trabalho de Mendel (ou talvez mais propriamente de Morgan, etc). Assim, para eles existiria a Genética "antes de Mendel" e a "após Mendel", o que seria uma simplificação muito grande.

Aqui aparece um problema adicional para a nossa primeira questão: quem olha o passado em busca do resgate da história da ciência? Mais do que um simples problema corporativo, estamos diante do plano de referência para a análise.

O cientista de hoje olha o passado e reconhece alguns elementos familiares. No entanto, esses elementos podem estar inseridos noutro contexto que, além de não ser familiar, lhe desperta pouco interesse, como no caso das regenerações nos seres vivos em relação à genética moderna. Isso significa que ele irá, forçosamente, selecionar dentre os elementos disponíveis, aqueles que lhe são úteis para explicar o presente.

Esse processo de seleção parcial dos elementos do passado para a explicação do presente tende a apresentar as teorias atuais como resultado

de um processo de gestação, onde os cientistas do passado operavam sobre um embrião que o presente transformou em rebento.

Nesse processo é possível que o cientista-historiador perceba como "história" apenas as etapas anteriores do desenvolvimento científico que culminaram na construção do conhecimento válido do ponto de vista da atualidade.

Essa tendência, que tem sido chamada de *whiggismo*[2], modifica o passado de diversas formas, sob o argumento de apresentar uma reconstrução útil. Várias modalidades de *whiggismo* têm sido apontadas (Young, 1985; Bizzo, 1993a).

Essas possíveis deformações do desenvolvimento do conhecimento científico podem repercutir severamente no contexto do ensino, em especial quando os educadores lançam mão das reconstruções das teorias do passado oferecidas pelos cientistas do presente.

O resultado pode ser algo inesperado. Muitos professores de Biologia se surpreendem ao encontrar nos escritos de Charles Darwin as posições que eles dizem aos seus alunos que pertencem a outro pensador, no caso, Lamarck. Além disso, acostumaram-se a pensar que um combatia o outro, o que pode conduzir a um labirinto lógico.

Passado Simples e Presente Complexo

Cientistas-historiadores têm uma boa desculpa para as acusações de práticas *whig.* Afinal, o resultado nada mais é do que uma razoável sintese do que pode ser útil para o contexto atual.

No entanto, para aqueles que estão interessados na lógica do passado, essas reconstruções podem complicar seu trabalho. Afinal, apresentar o passado como uma simplificação do presente faz com que toda a lógica da época seja diluída e que venha mesmo a perder o sentido original.

As teorias do passado, enquanto reconstruções parciais dos elementos familiares aos cientistas-historiadores do presente, aparecem imersas num contexto simplificado, onde os cientistas parecem ter poucas, se é que alguma, das marcas de genialidade pelas quais seus colegas modernos gostam de ser lembrados. Caindo em desgraça pela ótica do novo, o velho parece pouco justificar seu titulo cientifico. Um exemplo bastante significativo do *status* das teorias do passado pela ótica do presente pode ser encontrado no clássico caso do modelo heliocêntrico x geocêntrico. Raras pessoas conseguem apontar qualquer dificuldade explicativa do modelo heliocêntrico ou qualquer vantagem do modelo geocêntrico em explicar fatos observáveis. A única justificativa que aparece como defesa para o modelo geocêntrico está ligada a fatores religiosos. A paralaxe estelar, impossível de ser registrada a olho nu ou com os aparelhos disponíveis na época de Copérnico, raramente é lembrada como uma das grandes justificativas do geocentrismo, para as quais nem ele nem Galileu podiam oferecer nada além do que conjecturas.

Esse quadro de suposta complexidade crescente pode ser observado de duas formas diferentes. De início, existe muito de falacioso por de trás dele. Existem simplificações evidentes, que devem ser discutidas. Porém, existe, em certos casos, uma situação difícil de contornar, onde as teorias atuais são uma síntese daquelas que já estavam disponíveis no passado. O argumento da complexidade crescente parece esvaziado. A justificação desse quadro demanda, ao que tudo indica, um *whiggismo* adicional. Vejamos inicialmente o argumento da complexidade crescente.

Novamente, trata-se de enfrentar os modelos cumulativos de desenvolvimento científico. De volta aos exemplos da Biologia Evolutiva, cabe lembrar

[2] O termo é uma alusão aos liberais ingleses *(wighs)* em oposição aos conservadores *Tones,* eses últimos escravocratas, fazendeiros e contrários às idéias do capitalismo trazidas pela Revolução Industrial. A expressão deriva provavelmente do livro escrito pelo historiador Herbert Butterfield (1900-1979), *The Wig Interpretation of History,* em 1931 (Wilde. 1981, p445-446). Butterfield escreveu que (a história *whig* tende a) "enfatizar certos princípios de progresso no passado de modo a produzir uma história que é apenas uma ratificação, se nâo uma glorificação, do presente" Wilde, por sua vez, escreveu que "na sua forma mais típica, a história *whig* da ciência, da mesma forma que sua parceira na área politica, tende a degenerar-se numa fábula de heróis (aqueles que adiantaram idéias que são aceitas hoje em dia pela ciência) e vilões".

a imagem de Lamarck, incapaz de perceber que as características adquiridas não eram transmitidas à descendência. Lamarck não teria conseguido perceber que os filhos dos soldados mutilados não nascem mutilados, que os filhos dos trabalhadores musculosos não nascem musculosos, etc. Esses fatos são apresentados como obviedades aos estudantes de hoje.

Dentro de uma ótica que estabelece a independência de um pequeno conjunto de células (germe), encarregadas da perpetuação da espécie, em relação a um grande grupo (soma), encarregado da manutenção do indivíduo, torna-se mais lógico conceber as tarefas de manutenção do corpo como distintas daquelas próprias da sua reprodução.

No entanto, se procurarmos retornar ao contexto no qual a teorização da herança das características adquiridas estava inserida, teremos certamente um quadro diferente. Para tanto seria necessário retomar seu maior formulador, Charles Darwin, e seu livro posterior a *Origem das Espécies, Variations of Animais and Plants Under Domestication* (1868). Neste livro Darwin aponta uma série de relatos sobre a herança de mutilações em animais domésticos e também no homem. Ao discutir o relato de um médico alemão de que alguns bebês judeus teriam nascido "em estado tal que dispensava a circuncisão", Darwin dizia que sua hipótese da Pangênese se via fortalecida com esses relatos. Se a gêmula que carrega a informação "prepúcio" fosse lançada ao sangue ela chegaria aos órgãos reprodutivos, impregnando os gametas que iriam formar as gerações seguintes. No entanto, a retirada precoce do prepúcio fazia diminuir o número de gêmulas presentes no organismo paterno.

Com a prática repetida por centenas de gerações seria de se esperar que o número de gêmulas fosse reduzido progressivamente ao longo das gerações. No entanto, ao fim e ao cabo, os efeitos hereditários das mutilações se fariam sentir. Seria por essa razão que começavam a aparecer portadores inatos da mutilação entre os judeus e não entre os islâmicos. Afinal, nesses últimos a prática vinha sendo praticada durante um período menor de tempo.

Uma sofisticação adicional feita por Darwin procurava explicar a razão pela qual o efeito hereditário das mutilações era mais lento do que o esperado. Segundo ele as gêmulas teriam ainda o poder adicional de autoduplicação, de forma que uma única gêmula poderia impregnar centenas de gerações que viessem a ser subseqüentemente mutiladas. Para comprovar essa suposição Darwin esgrimia um argumento bastante razoável: o fenômeno da *reversão ao tipo selvagem.* Por esse argumento, as gêmulas mostravam-se ativas após centenas de gerações nas quais não havia órgãos que as formassem.

Cativado pelo argumento geral da reversão, fenômeno bem conhecido por criadores e melhoristas, John Langdom Down descreveu a *reversão mongólica* no homem. Crianças inglesas nasciam sem a mais remota semelhança com seus pais, em corpo e mente. Parecidos, segundo o médico inglês, com os mongóis, eles seriam uma prova de que o homem civilizado descendia de selvagens da Ásia central. As gêmulas teriam passado inalteradas e silenciosamente por centenas de gerações. Isso só seria possível se fosse admitida a possibilidade de autoduplicação das gêmulas.

Diante deste novo quadro, é difícil retomar a imagem de cientistas do passado lidando com hipóteses incompreensíveis porque ilógicas. E, igualmente, a idéia de que lidavam com argumentos simples em relação aos atuais cai por terra. Afinal, pode ser reconhecida alguma relação de descendência entre a teoria mendeliana e as idéias pangenéticas daquela época?

O quadro se torna mais complexo quando se admite que Darwin já dispunha, no seu tempo, de uma teoria de hereditariedade que o presente reconhece como válida, a teoria mendeliana. Ela poderia ter antecipado a teoria sintética em oitenta anos!

Como conciliar o quadro de complexidade crescente com o caso em que as teorias já estavam disponíveis no passado?

Para responder esta pergunta caberia acrescentar uma modalidade de *whiggismo* às existentes. O novo *whiggismo* seria a tendência de *inocentar* o cientista por não ter percebido a importância das outras teorias emergentes em seu tempo, que acabaram demonstrando serem úteis para o desenvolvimento do novo paradigma. Busca-se a *inocência* com diversos argumentos, todos eles em si inocentes.

O exemplo que caberia aqui seria o de que Darwin não reconheceu a importância do trabalho de Mendel porque isso teria sido impossivel. Podem ser encontradas diversas justificativas para esse detalhe particular. Uma delas diz que Darwin não teve a oportunidade de conhecer o trabalho de Mendel[3]. Outra reconhece que ele teve conhecimento do trabalho de Mendel, mas que não o pôde compreender.

Inicialmente deve ser dito que Darwin possuía uma resenha do trabalho de Mendel e que chegou a testar alguns de seus experimentos. Ele chegou mesmo a reconhecer algumas falhas, o que demonstra que ele não só o conheceu como o compreendeu. O que poucos cientistas-historiadores admitem é o fato de que os dois cientistas trabalhavam em molduras teóricas distintas. Para um as partículas se modificavam ao longo das gerações (a chamada *soft inheritance* de Darwin) mas para o outro elas permaneciam inalteradas nos híbridos. Isso, para Mendel, seria um sério questionamento dos mecanismos darwinistas de transformação das espécies.

A pasteurização desse debate levou a uma lacuna historiográfica que tem sido notada por historiadores há algum tempo. Jonathan Hodge (1989 11) aponta o fato de que as teorias evolutivas parecem saltar um século, passando de 1837, quando Darwin concebe o conceito de seleção natural, diretamente para 1937, quando Dobzhansky publica seu *Genetics and the Origin of Species.*

É possível — e talvez até provável — que esse quadro de transfiguração historiográfica não seja uma particularidade da trajetória das teorias da hereditariedade. Estudos mais aprofundados das teorias do passado, que incluam a revisita aos originais, podem revelar um quadro surpreendente da complexidade do conhecimento científico aceito no passado. Isto poderia dissuadir educadores de olhar para o passado em busca de simplificações do presente.

Pequenos Cientistas em Ação?

Entrevistas com jovens estudantes podem revelar visões surpreendentemente semelhantes àquelas que reconhecemos como sendo as dos precursores do conhecimento atualmente aceito. Isso suscita a dúvida de qual seria a natureza dessa semelhança e qual seu significado.

Piaget e Garcia, supostamente os maiores incentivadores da exploração do paralelismo entre a construção do conhecimento científico na história da humanidade e na mente do estudante têm muita cautela. Eles não acreditam que o estudante recapitule os passos dos cientistas do passado; a questão não está centrada no conteúdo das descobertas, mas nos métodos empregados nas suas descobertas. Nas suas palavras:

> (Não se trata de) estabelecer correspondência entre as sucessões de natureza histórica com as que revelam as análises psicogenéticas, ressaltando os conteúdos, mas, o que é completamente diferente, mostrar que os mecanismos de passagem de um período histórico ao seguinte são análogos aos da passagem de um estágio psicogenético ao seguinte. (Piaget e Garcia, 1987, p.39)

Deve ser reconhecido que a condição de aprendizes de uma determinada teoria desvia a atenção dos estudantes para determinadas classes de fatos. Esses novos fatos devem ser entendidos dentro de um certo quadro teórico, que, como regra, não é evidente por si só.

[3] Tenho ficado intrigado com o fato de que existe um escandaloso desequilíbrio nesses julgamentos. Embora a defesa de Darwin seja encontrada facilmente ainda hoje em dia (cf. Mayr, 1991), nunca encontrei a defesa de Mendel, a de que ele não teria alcançado a sintese moderna porque não teve acesso ao trabalho de Darwin. Os dois argumentos são igualmente falsos, mas um parece muito mais atraente aos cientistas-historiadores do que o outro. Qual a razão dessa simpatia por um deles, se ambos são reconhecidos como importantes precursores da sintese moderna?

O desconhecimento de uma nova classe de fatos pode influenciar a construção de uma concepção determinada que pode facilmente ser identificada como uma concepção simplista. Os adjetivos ingênua, espontânea e equivocada, que podem ser encontrados como qualificativos das concepções encontradas no discurso dos estudantes em artigos e livros do passado próximo, dão uma boa medida de como elas foram prezadas inicialmente.

A *indústria das misconceptions,* como passou a ser chamada ultimamente, serviu-se de aproximações com a história da ciência, de forma a sofisticar interpretações e generalizações a partir do discurso dos estudantes. No entanto, deve-se reconhecer que a tentação de utilizar versões *whig* do desenvolvimento cientifico foi irresistível em muitos casos.

Com efeito, assistimos a uma reedição do velho discurso da relação mecânica entre desenvolvimento ontogenético e filogenético, o que poderia facilmente nos fazer voltar ao exemplo da descrição do "mongolismo".

Paralelos muito fortes entre o discurso dos estudantes e o dos cientistas do passado deveriam ser vistos com muito cuidado. A possibilidade mais provável - a primeira a ser investigada - é a de que existem problemas na coleta de dados junto aos estudantes, sem descartar a possibilidade de que a história da ciência utilizada padeça daqueles vícios apontados há pouco.

No caso das teorias evolutivas, é sintomático o fato de que se reconhecem nos alunos modelos darwinistas, lamarckistas, mas nunca buffonianos. A explicação mais evidente para esse fato é a de que os pesquisadores conhecem pouco os modelos de Buffon, por isso eles não aparecem nos alunos. Essa é uma explicação pouco razoável sob qualquer ponto de vista.

Existem muitas possibilidades de utilização da história da ciência (nas suas mais variadas versões) no trabalho educacional, como vem sendo apontado em diversas publicações (cf. Bizzo, 1993a, Bizzo, 1993b e Matthews, 1990).

O planejamento curricular e didático pode se beneficiar dessa aproximação, da mesma forma que diferentes modalidades de pesquisa. No entanto, deve ser reconhecido que, apesar de sua inclinação para figurar como grande panacéia para os problemas do ensino das Ciências, a história da ciência ainda nos é uma ilustre desconhecida.

Referências Bibliográficas

BIZZO, N.M.V Metodologia do ensino de ciências: a aproximação do estudante de magistério das aulas de ciências no 1º grau. In: PICONEZ, S.B. *A prática de ensino e o estágio supervisionado.* Campinas: Papirus, 1991.

BIZZO, N.M.V. Historia de la ciencia y ensino de ciencia: Cuáles son los paralelos posibles? *Comunicación Lenguaje y Comunicación,* n.18, 1993a. No prelo.

BIZZO, N.M.V. *From down house landlord up to Brazilian high school students:* what has happened to evolutionary knowledge on the way? [S.l.s.n.], 1993b. Submetido para aprovação e publicação ao Journal of Research in Science Theaching.

HODGE, M.J.S. Generation and the origin of species (1837-1937): a historiographical suggestion.*British Journal of History of Science,* n.22, p.267-281, 1989.

JENKINS, E.W. Why the history of Science? In: SHORTLAND, M. WARWICK, Andrew (Eds.*).Teaching the history of Science.* [S.l. :s.n.], 1989. p.19-30

JENKINS, E.W. History of Science in schools: retrospect and prospect in the U.K. *International Journal of Science Education,* v.21, n.4, 1990

KUHN, T. *La tension esencial:* estudios selectos sobre la tradición y el cambio en el ambito de la ciencia. Mexico: Fondo de Cultura Economica, 1987.

MATHEWS. History, Philosophy and Science teaching: a rapprochment.*Studies in Science Education,* n.18, p.25-51, 1990.

MAYR, E. *One long argument.* Cambridge: Pergamon Press, 1991.

PIAGET, J. GARCIA, R. *Psicogênese e história das ciências.* Lisboa: [s.n.], 1987. (Col. ciência nova)

WILDE, CD. Whig history, In: BYNUM, W.F., BROWNE, E.J., PORTER, R. (Eds). *Dictionary of the history of science.* [S.Ls.n.], 1981.

YOUNG, R.M. Darwinism is social, In: KOHN, D. (Ed.). *The Darwinism heritage.* Princenton: Princenton University, 1985.

A FILOSOFIA DA CIÊNCIA E O ENSINO DE CIÊNCIAS

Fernando Lang da Silveira*

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

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

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

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

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

2 - 0 conhecimento científico é obtido dos fenômenos (aquilo que se observa), aplicando-se as regras do *método científico.* O conhecimento constitui-se em uma *sintese indutiva* do observado, do experimentado

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

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

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

> Tudo o que sabemos a respeito do mundo físico e sobre os princípios que governam o seu comportamento foi aprendido de observações dos fenômenos da natureza (Sears et al., 1983, p.3).
>
> As leis da Física são generalizações de observações e de resultados experimentais (Tipler, 1978, p.3).
>
> A Física, como ciência natural, parte de dados experimentais (...) através de um processo indutivo, formular leis fenomenológicas, ou seja, obtidas diretamente dos fenômenos observados,... (Nussenzveig, 1981, p.5).

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

d) descobrir a função que descreve esses resultados (a lei que rege o fenômeno observado). Note-se que o último item traz implicitamente a idéia de que um conjunto de resultados experimentais impõe uma única função capaz de descrever a relação entre as duas variáveis; desta forma caberia ao experimentador apenas descobrir a lei que está implícita nos dados, ou seja, induzir a lei a partir do fenômeno[1].

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

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

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

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

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

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

Ou ainda:

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

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

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

Sintetizando o que foi apresentado sobre as epistemologias contemporâneas destacamos;

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Tal objetivo certamente não é fácil de ser conseguido. Conforme destacado anteriormente, os cientistas relutam em abandonar as teorias de suas preferências. Por qual razão deveriam os alunos proceder de maneira diferente? As filosofias da ciência de Popper e Lakatos nos inspiraram a idealizar uma estratégia de ensino que visa a substituição das CAs pelas concepções científicas (Silveira, 1992). Sintetizando, sem entrar em detalhes devido a exiqüidade do espaço disponível, ela começa pelo professor explicitar de maneira clara e precisa as CAs, mostrando o seu conteúdo de verdade (predições realizadas a partir das CAs que são corroboradas pela experiência). Segue-se a crítica das CAs, mostrando que algumas predições feitas a partir delas conflitam com a realidade e que, se for o caso, as CAs apresentam inconsistências lógicas. Em seguida é apresentada a teoria científica, enfatizando-se os antagonismos com as CAs. Depois se explicita a capacidade que a teoria científica tem de explicar aqueles fatos que com sucesso as CAs explicavam, aqueles fatos que as CAs falhavam em explicar e se mostra, adicionalmente, que a teoria científica permite predições sobre domínios da realidade não atingidos pelas CAs. É importante recordar que o abandono de uma teoria — no caso as CAs — somente se dará se os alunos reconhecerem que a teoria científica é melhor[2].

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

Referências Bibliográficas

BRONOWSKI, J. *A escalada do homem.* São Paulo: Martins Fontes, 1992.

BURBULES, N.C., LINN, M.C. Science education and philosophy of science: congruence or contradiction. *International Journal of Science Education,* London, v.13, n.3, p.227-241, 1991.

CAWTHRON, E.R., ROWELL, J.A. *Epistemology and science education. Studies in Science Education,* New York, n.5, p.31-59, 1979.

CHOMSKI, N., FODOR, J. Exposição do paradoxo, In: PALMARINI, M.P. *Teorias da linguagem teorias da aprendizagem.* Lisboa: Ed. Setenta, 1987.

[2] Vide considerações anteriores sobre as idéias de Lakatos.

CLEMINSON.A.Establishing a epistemological base for science teaching. *Journal of Research in Science Teaching,* New York, v.27, n.5, p.429-445, 1990.

GIL PEREZ, D. La metodologia y la ensenanza de las ciencias: unas relaciones controvertidas. *Ensenanza de Ias Ciencias,* Barcelona, v.4, n.2, p.111-121, 1986.

GIL PEREZ, D., CARRASCOSA, J. Science learning as conceptual and methodological change. *European Journal of Science Education,* London, v.7, n.3, p.231-236, 1985.

HANSON, N.R. Observação e interpretação, In: MORGENBES-SER, S. *Filosofia da ciência.* São Paulo: Cultrix, 1979.

HEMPEL, CG. *Filosofia da ciência natural.* Rio de Janeiro: Zahar, 1981.

HODSON, D. Philosophy of science, science and science education. *Studies in Science Education,* New York, n.12, p.25-57, 1985.

KUHN, T.S. Lógica da descoberta ou psicologia da pesquisa? In: LAKATOS, I., MUSGRAVE, A. *A crítica e o desenvolvimento do conhecimento.* São Paulo: Cultrix, 1979.

KHUN, T.S. *A estrutura das revoluções cientificas.* São Paulo: Perspectiva, 1987.

KOYRÉ, A. *Do mundo fechado ao universo infinito.* Rio de Janeiro:Forense, 1986a

KOIRÉ, A *Estudos galilaicos.*Lisboa: Dom Quixote, 1986b.

LAKATOS, I. *La metotodologia de los programas de investigación.* Madrid: Alianza, 1989.

MARTIN, B. et al. Authentic science: a diversity of meanings. *Science Education,* New York, v.74, n.5, p.541-554, 1990.

NUSSBAUM.J. Classroom conceptual change: philosophycal perspectives. *International Journal of Science Education,* London, n.11, p.530-540, 1989.

NUSSENZVEIG, H.M. *Curso de física básica.* São Paulo: Edgard Blücher, 1981.

PINENT, C.E.S., SILVEIRA, F.L. Minimos quadrados: pode a reta, em algum caso, ser melhor função de ajustamento do que a parábola? *Scientia,* São Leopoldo, v.3, n.1, p.17-28, 1992.

POPPER, K.R. *Conhecimento objetivo.* São Paulo: EDUSP, 1975.

POPPER, K. R. *Conjecturas e refutações.* Brasilia: Universidade de Brasília, 1982.

POPPER, K.R. *Lógica da pesquisa científica.* São Paulo: EDUSP, 1985.

SEARS, F. et al. *Física 1.* Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1983.

SEGURA, D. Una premissa para el cambio conceptual: el cambio metodológico. *Ensenanza de Ias Ciencias,* Barcelona, v.9, .2, p.175-180, 1991.

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

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

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

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

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

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

OS DESAFIOS HISTORIOGRÁFICOS E EDUCACIONAIS DA ECOLOGIA CONTEMPORÂNEA

Marília Coutinho*

O recurso à História, Sociologia e Filosofia da Ciência no ensino de Ciências pode ser invocado com os objetivos mais diversos, que vão desde auxiliar nas mudanças conceituais que se deseja promover no público estudante, motivar e facilitar a compreensão de princípios científicos, até armar os estudantes de instrumentos analíticos para empreender uma reflexão crítica sobre um domínio de fenômenos mais abrangente do que o próprio objeto em questão — a ciência[1]. Tal recurso é invocado a partir da identificação de demandas no contexto educacional. Este artigo representa o caminho inverso, onde, a partir de um estudo histórico sobre a constituição do discurso ecológico contemporâneo, certas dificuldades e questões relativas ao ensino desta disciplina são iluminadas. Estas dizem respeito principalmente à presença de um discurso socialmente prescritivo embutido no próprio discurso teórico da ecologia e à heterogeneidade ou pluralidade teórica característica desta disciplina. Tanto uma como a outra remetem a uma discussão sobre a natureza da ciência, com relação à qual nenhum discurso pedagógico ou apenas interpretativo é neutro: qual é a extensão da determinação social na constituição da ciência? Como ela se desenvolve? Evidentemente, permeia esta discussão o confronto entre interpretações filosóficas antagônicas. Vejamos, então, como ela se materializa neste exemplo concreto e que indicações podem ser derivadas para o ensino da ecologia.

A ecologia é uma disciplina científica cujo espaço tanto institucional, editorial como pedagógico tem aumentado significativamente durante as últimas décadas. Esse alargamento dos espaços propriamente acadêmicos têm sido acompanhado por outros fenômenos, como o estabelecimento de relações desta disciplina com o campo político.

Duas questões interligadas associadas ao desenvolvimento da ecologia parecem fundamentais para sua compreensão mais adequada: uma representa um olhar "para fora", atravessando as fronteiras que definem a cientificidade do discurso ecológico, em direção a outros discursos e buscando os elementos da sua condicionalidade social. Esta primeira questão se refere às interações da ecologia com o campo político e se expressa em transformações de um lado e de outro: tanto no discurso político como no científico. As indagações quanto às propriedades do discurso ecológico que o teriam tornado um bom interlocutor para os agentes do campo político levam à segunda questão: como é constituído este discurso sob o ponto de vista das idéias de natureza e de sociedade que veicula?

Comecemos pela última.

A ecologia é uma disciplina científica das mais recentes: nasceu entre o final do século passado e o início deste. Podemos considerar como marcos do seu estabelecimento a proposição do termo *ecologia* por E. Haeckel em 1866 — apesar de ter este permanecido ignorado por mais de duas décadas — e o surgimento das primeiras sociedades ecológicas: em 1912 é fundada a *British Ecological Society* e em 1914 a *Ecological Society of America* (McIntosh, 1985).

A sua formação como disciplina parece ter representado uma descontinuidade em relação às tradições vigentes nas ciências da vida no final do século XIX. Este novo olhar sobre a natureza que rompia com a biogeografia florística e que rejeitava importantes elementos do "paradigma" darwinista assentava-se sobre uma perspectiva fisiológica[2]. Nasceu então um discurso que tinha como uma de suas caracterís-

*Do Departamento de Pesquisa Histórica da Casa de Oswaldo Cruz.

[1] Esta diversidade é particularmente evidente nos fóruns de discussão especifica, como na *Second International Conference on the History and Philosophy of Science and Science Teaching* -Abril 1992, Kngston, Ontario (veja *abstracts).*

[2] Sôbre as características do discurso ecológico por ocasião de sua formação veja J.B. Hagen (1986); E. Cittadino (1980); W Coleman (1986); além de R.P.McIntosh (1985).

ticas mais importantes a idéia de que a natureza se apresentava segundo unidades discretas, concretas e cujos elementos constituiam um todo concertado capaz de apresentar fenômenos dinâmicos e estruturais previsíveis — as *comunidades.* Era comparada a um organismo individual porque, como ele, nascia, crescia e se desenvolvia segundo um padrão coerente, ou seja, tinha uma história de vida. Essa "natureza organismo" deve sua organicidade não à interação das partes, mas ao fato de que estas são orquestradas pela ação determinante do ambiente a ponto de apresentar um desenvolvimento previsível[3].

Representantes destes primeiros autores são, por exemplo, E. Warming (1965), cuja obra, editada originalmente em 1909, é por alguns considerada a primeira legitimamente ecológica e mais tarde F.E. Clements, autor do conceito "superorganísmico" da comunidade e um dos fundadores da famosa escola de ecologia norte-americana, chamada também de *ecologia dinâmica".*

Mas logo na década de 20 a "natureza organismo" foi desafiada por um discurso alternativo. Tratava-se do "conceito individualístico da comunidade". Neste discurso, as relações que os conceitos, princípios e idéias básicas da ecologia mantinham entre si foram radicalmente transformadas, definições foram substituídas e uma nova representação da disciplina é proposta: a ecologia não mais seria o estudo das comunidades de organismos, mas de suas *populações.* O grande arauto dessa nova perspectiva e eloqüente adversário do conceito "superorganísmico" foi o ecólogo norte-americano H.A.Gleason[5].

Para os adeptos do conceito individualístico da comunidade, os padrões da paisagem seriam produtos da dinâmica independente das populações individuais. O próprio ambiente emerge neste discurso segundo seus "fatores", que variam independentemente sobre a superfície da Terra. As comunidades são simples construções arbitrárias, projetadas sobre o mapa por conveniência acadêmica. Os processos dinâmicos que ocorrem nas "comunidades" nada têm de linear ou teleológico e a própria idéia de sucessão é diluída nos processos estocásticos em nível das populações que ocorrem nas mais variadas escalas de tempo e de espaço. Definir, classificar e historiar uma comunidade, tão importantes para outras vertentes, perdem totalmente o sentido aqui, pois *Every species (...) is a law unto itself,* como afirmou Gleason (1926).

Se os padrões não são mais do que produtos da combinação de partes individuais agindo independentemente e se não há descontinuidade ou propriedades emergentes em cada nível hierárquico, é fácil supor que este raciocínio leva à negação do direito a propriedades originais e distintivas quer para "vida" quer para "natureza". Ele é análogo a outras expressões do "individualismo": o individualismo metodológico nas ciências sociais, por exemplo, é uma tendência que sugere semelhantemente que as dimensões sociais são abstrações desnecessárias (Kincaid, 1986).

Diríamos, portanto, que o modelo de representação de natureza neste discurso é de completa continuidade ontológica. Isso implica a ausência de uma idéia de natureza como entidade portadora de propriedades distintivas, conseqüentemente opondo outras entidades que não as exibam[6]. Desta forma, tudo é natureza ou nada é — que são, na verdade, enunciados simétricos: se tudo é natureza, então ela é um conceito vazio.

O conceito "superorganísmico" e o conceito "individualístico" da comunidade constituíram, durante muitos anos, pólos de uma controvérsia arraigada na comunidade científica da ecologia. Mas a personagem mais significativa para os fenômenos contemporâneos envolvendo o discurso ecológico ainda não foi mencionada: trata-se da ecologia de

[3] Para uma análise mais aprofundada dos tipos de discurso construídos em torno do conceito de comunidade, remeto o leitor a M. Coutinho (1992).

' Sobre a história da ecologia norte-americana, veja Mclntosh (1985), Egerton (1977).

[5] Apesar de ser o representante mais proeminente deste discurso, é importante ressaltar que houve, na mesma época, contribuições concomitantes na mesma linha.

[6] Muitas categorias podem desempenhar este papel: sociedade X natureza, artificial X natural, por exemplo.

ecossistemas. No pós-guerra, tanto a ecologia de ecossistemas como vertentes da ecologia de populações apresentaram um rápido desenvolvimento de instrumentos quantitativos sofisticados. Uma e outra passaram a representar os pólos de uma nova controvérsia e disputa teórica.

O termo *ecossistema,* embora cunhado em 1935 por A.C Tansley, só foi definitivamente incorporado à teoria ecológica a partir da década de 40, quando ele é redimensionado a partir da perspectiva "trófico-dinâmica": em 1942 é publicado o artigo de R.L. Lindeman, *The Trophic-Dynamic Aspect of Ecology,* onde o autor inaugura uma interpretação do conceito de ecossistema baseada nas relações funcionais energéticas que identificariam esta entidade. O ecossistema passa a ser então a unidade que inclui os organismos e o ambiente físico de uma determinada área, interagindo de tal forma que um fluxo de energia produza uma estrutura trófica, diversidade biótica e ciclos materiais bem definidos. Esta unidade definida funcionalmente é a unidade básica da ecologia para os adeptos desta perspectiva.

O conceito de comunidade é totalmente subsumido ao conceito de ecossistema: ela é o compartimento biótico de um todo inseparável, e carece, portanto, de concretude. O foco de atenção mudou novamente: não está no ambiente, nas populações nem mesmo nos conjuntos ordenados de organismos. Está justamente nas conexões entre eles, ou seja, nas relações funcionais. Isto quer dizer que o padrão organizativo, ou o sistema, ocupa um lugar central neste discurso. Todos estes princípios são muito bem ilustrados num dos principais livros-texto da disciplina, o *Fundamentais of Ecology,* de E.P. Odum. É curioso observar que Odum foi descrito recentemente por E. Goldsmith (1988), editor da revista ambientalista *The Ecologist* e adepto da "ecologia profunda", como o "último ecólogo holista da academia".

Na ecologia de ecossistemas, as unidades da natureza voltam a ter importância e concretude. Também se reconhecem nelas propriedades distintivas e uma história de vida. Mas, aqui, a natureza não é um organismo, e sim um "sistema". Por isso a natureza pode ser tão semelhante às máquinas ou ás sociedades: "tudo é sistema"! Cada sistema é um todo integrado e, portanto, discreto, singular e portador de propriedades emergentes. Também é passível de apreensão por um observador externo, além de manejável (Taylor e Blum, 1991).

Estas são as condições necessárias para que se estabeleça um intenso diálogo com representantes do campo político, constituindo um complexo sistema de circulação de idéias e conceitos. Nesse contexto, uma importante modalidade de discurso ecológico é a chamada "ecologia aplicada". É a partir de meados dos anos 60 que as práticas de manejo de recursos naturais e planejamento passam a integrar o domínio da ecologia, gerando uma fértil produção de livros acadêmicos, manuais e periódicos que passam a veicular princípios e metodologias que deveriam caracterizar essas práticas. Esse momento é, além disso, o início da era dos grandes projetos, a *big biology* do International Biological Program -IBP e do Man and the Biosphere Program - MAB, por exemplo. Em todas estas novas expressões do discurso ecológico, a predominância da ecologia de ecossistemas é marcante.

Mas a ecologia aplicada implica inevitavelmente na produção de um discurso prescritivo e normativo. É onde o ecólogo é chamado a observar e julgar as ações das sociedades sobre a natureza (sobre os "ecossistemas"), em seguida prescrever "soluções" para eventuais problemas — que neste caso são novas ações sociais — e normatizar sobre as relações destas sociedades com a natureza. Evidentemente, trata-se de um discurso que produz representações sobre a sociedade, materializadas ou não em normatizações formalizadas — modelos de sociedade ou de transformação social.

Durante aquele período inicial, formou-se nesta nova sub-disciplina um discurso fortemente critico quanto à sociedade industrial e suas relações com o ambiente. A marca deste discurso "primitivo" dos anos 60 e início dos anos 70, apesar das enormes variações individuais encontradas, é a condenação dos padrões de produção e consumo da sociedade moderna. A expressão mais representativa deste período é o discurso catastrófico, bem ilustrado, por exemplo, pelo conhecido relatório do Clube de Roma, o "relatório Meadows" (Meadows et al.,

1972). Neste trabalho, técnicas de modelagem de sistemas foram utilizadas para demonstrar o iminente colapso da sociedade moderna caso os padrões de produção e consumo, e portanto de crescimento, não fossem radicalmente transformados imediatamente. Outros marcos importantes dessa perspectiva foram o livro de P. Ehrlich (1968), *The Population Bomb,* que se tornou um *best seller* no gênero, e o de B. Commoner, *The Closing Circle: Nature, Man and Technology,* publicado em 1971, que criticava os efeitos de um crescimento tecnológico mal dirigido. Os representantes deste ponto de vista — sem consenso com relação a outras questões — são unânimes em afirmar a ineficácia de soluções tecnológicas para os problemas identificados: só mesmo profundas mudanças na estrutura social, e — por que não? — na cultura desta sociedade poderiam "salvar o planeta".

Este tipo de discurso prescritivo se encontra e praticamente se confunde com o *discurso ambientalista.* O que tenho em mente com esta designação é uma forma muito especifica de discurso político que surgiu nos anos 60 como produto da desilusão corn os antigos modelos de transformação social. Em 1970, quando é comemorado o primeiro Dia da Terra nos EUA, com a impressionante participação de 300 mil pessoas (McCormick, 1992), a importância política deste pensamento já era reconhecida por todos.

A característica fundamental do discurso ambientalista é ser um discurso de crítica à modernidade[7], em função da qual ele configura seu *projeto utópico* de transformação social. A crítica à modernidade é feita sob a forma de uma rejeição da sociedade ocidental moderna como um todo ou como um ataque a seus produtos e expressões particulares de seu pensamento. Assim é que são alvos importantes do criticismo ambientalista a ciência moderna, sua tecnologia, a arrogância cultural que se expressa como colonialismo e pensamento etnocêntrico, os padrões de produção e consumo do capitalismo e o próprio desenvolvimento, enquanto crescimento econômico. Não se rejeita simplesmente uma prática de intervenção no mundo natural mas todo o aparato simbólico de apreensão do natural. Essa rejeição é efetivada ao se opor a ele uma alternativa, um outro modelo de representação da natureza. Esse modelo alternativo tem de particular o fato de pertencer à esfera do pensamento mítico e de inscrever a natureza no âmbito do sagrado. Mas, se o elemento mais fulcral do discurso ambientalista é sua rejeição aos padrões de racionalidade e às formas de poder características da modernidade, que tipo de relação ele pode estabelecer com uma disciplina científica como a ecologia? Na verdade, diante da ciência o pensamento ambientalista oscila entre a rejeição e a tentativa de modificar esse discurso. Essa perspectiva estabelece as bases de uma relação onde operará uma seleção cuidadosa do interlocutor científico; nela, se qualificará o discurso onde puderem ser identificadas propriedades que indiquem potencial para transcender as fronteiras convencionais da ciência moderna.

É nesse contexto e, portanto, segundo essas demandas que a ecologia se apresenta como interlocutor do pensamento ambientalista: a ecologia de ecossistemas oferece sua natureza original, com propriedades emergentes a cada nível organizativo, passível de valorização ética e de constituir-se em objeto de um discurso prescritivo de manejo. Oferece também seu "holismo", suas críticas ao reducionismo cientificista, pontes sobre o abismo que separava as representações de natureza produzidas pela ciência e aquelas próprias a discursos alternativos a ela. Nessa fronteira dimensionada pelo modo prescritivo, elementos originalmente articulados pelo discurso científico são livremente utilizados no ambientalista, e vice-versa. Um dos marcos iniciais mais importantes deste processo, o livro de R. Carson *Silent Spring,* de 1962, a respeito dos perigos associados ao uso indiscriminado de defensivos químicos na agricultura, situa-se justamente nesta região. A ecologia aplicada de orientação catastrófica, tão importante nos anos 60, e o pensamento ambientalista prescrevem de forma muito semelhante: os dois condenam o crescimento, identificam sua origem nos códigos culturais que organizam o relacionamento dos homens com a natureza, prescrevem mudanças fundamentais na estrutura das sociedades, as quais devem

' A caracterização do pensamento ambientalista apresentada foi feita com base na análise de textos ambientalistas e encontra-se com maior detalhe em M C Coutinho (1992).

voltar-se para a simplicidade, a pequena escala e a menor dependência do incremento na exploração de recursos naturais.

Para aprofundar este diálogo, o pensamento ambientalista reivindica uma "ecologia mais abrangente" (Goldsmith, 1988). As demandas feitas freqüentemente dizem respeito à capacidade do discurso ecológico de dar conta de um número maior de questões, de tornar-se um instrumento conceituai mais eficiente nas discussões de caráter político-ideológico. Assim são as reivindicações de multi, pluri e transdisciplinaridade (ou talvez até supra-disciplinaridade!), e de abrangência nas definições dos conceitos, princípios e teorias.

Mas não é apenas e nem mesmo preferencialmente com o pensamento ambientalista que a ecologia de ecossistemas estabelece interlocução, Na verdade, à medida que a temática ambiental foi se transformando em questão obrigatória, constituiu-se como discurso hegemônico do campo político em relação à *sustentabilidade tecnocrática.* Ele é construído em torno da idéia de que para garantir a continuidade da presença humana na Terra e o bem-estar das futuras gerações basta aplicar princípios "racionais" de manejo. Surge como uma contestação da perspectiva catastrófica, garantindo que não é preciso transformar as relações sociais — apenas é necessário saber administrar "cientificamente" os recursos naturais disponíveis. Sua contrapartida na ecologia aplicada não tardou a se desenvolver e hoje é predominante tanto editorial como institucionalmente.

Um exemplo ilustrativo deste pensamento é o famoso *Our Common Future* — o "relatório Brundtland" (WCED, 1987). Versões mais conservadoras e mais radicais quanto ao tecnocratismo podem ser identificadas nos depoimentos de políticos e empresários e no próprio discurso persuasivo da imprensa.

A esse discurso politico hegemônico a ecologia de ecossistemas oferece uma natureza manejável e os instrumentos conceituais para reduzir tudo a dinâmicas de ecossistemas — *para reduzir a sociedade à natureza.* Mas este é outro capítulo e fica para outra oportunidade.

O que dizer diante da evidente constatação de que a controvérsia teórica na ecologia persiste eternamente, materializada, desde o pós-guerra, na disputa entre ecologia de ecossistemas e ecologia de populações?[8] Esta questão que tem perturbado ecólogos e historiadores por muitos anos parece exigir uma nova abordagem. Tentei mostrar até aqui que cada tipo de discurso que freqüentou ou freqüenta o universo teórico da ecologia corresponde a diferentes modelos de representação de natureza. Estas diferentes formas de gerar representações sobre a natureza parecem favorecer intercâmbios também diferenciados. Procurei ilustrar brevemente como isto se dá quanto às relações que a ecologia de ecossistemas estabelece com o campo politico, mais especificamente quanto a um sistema particular de circulação de idéias — existem outros. No entanto, os outros tipos de discurso apresentados também exibem seus diálogos e seus interlocutores preferenciais. A ecologia de populações, com sua "não-natureza", tem relações intensas com práticas discursivas científicas como a Biologia evolutiva ou a Genética. A ecologia de comunidades da primeira metade do século, por sua vez, também teve relações importantes com o discurso conservacionista daquele periodo (McIntosh, 1985).

A expectativa frustrada quanto ao postulado processo universal de superação de um "paradigma" por outro, da tendência "natural" da resolução das controvérsias a favor de um dos lados, deve ser substituída por uma observação atenta da história, da natureza dos discursos envolvidos e das determinantes sociais dos fenômenos dinâmicos próprios às disciplinas estudadas. A pluralidade da ecologia aparece, desta forma, como um produto não de sua imaturidade ou "anomalia", mas de uma história de interações diversificadas e de uma participação especial em contundentes fenômenos culturais da atualidade.

Se a ecologia parece transgredir as regras de bom comportamento para o desenvolvimento científico, ela certamente representa um desafio no que diz respeito ao ensino. Em primeiro lugar, pela já citada ausência de

[8] Veja por exemplo D. Simberloff (1980) ou R.P. McIntosh (1980).

homogeneidade teórica: os conceitos apresentados na disciplina muitas vezes pertencem a contextos teóricos diversos e nem sempre totalmente compatíveis. A dificuldade contida nesta situação está relacionada com a idéia dominante de ciência como uma empreitada racional, objetiva e que se desenvolve progressiva e linearmente, segundo critérios exclusivamente lógicos. É contraditório, segundo esta perspectiva, que convivam na mesma disciplina distintos referenciais teóricos, pois nâo faz sentido que as controvérsias cientificas não se encaminhem necessariamente para a eliminação do adversário de menor conteúdo empírico. Mas como esta idéia de ciência implica vê-la isolada de seu contexto sócio-histórico, a abordagem histórica e filosófica dos conceitos ecológicos certamente proporciona uma compreensão mais adequada do aparente paradoxo. Um das alternativas possíveis para implementar tal abordagem consistiria em introduzir nas aulas a leitura e discussão de textos originais de autores importantes. Como estes textos representam registros da própria controvérsia, a condição teoricamente heterogênea da disciplina se tornaria explicita. A partir dai, seria possível identificar nos próprios livros-texto as marcas dessa condição.

Mas, talvez, a questão mais importante a ser problematizada quanto ao ensino de ecologia seja justamente a *naturalização* do discurso prescritivo e das representações de sociedade contidas no discurso da ecologia, ou seja: o processo pelo qual as marcas da construção social destes discursos são apagadas e suas relações *passam a ser apresentadas como naturais.* Hoje, a familiaridade com essa visão pode se originar antes mesmo que os estudantes sejam formalmente apresentados aos conceitos ecológicos no contexto curricular: termos como ecossistema, equilíbrio ecológico, biodiversidade e outros, bem como suas respectivas associações com representações sobre a sociedade, foram fartamente divulgados pela mídia. Esta mesma midia legitima o sustentabilidade tecnocrática, recorrendo à ciência, enquanto desqualifica o pensamento ambientalista. Assim, é construída a idéia de que aquele tipo de discurso prescritivo sobre a sociedade decorre dos conceitos ecológicos, enquanto este último é anticientífico e, portanto, abominável.

Só a contextualização histórica do discurso da ecologia é capaz de "desnaturalizar" estas associações, mostrando em que condições sociais elas foram *construidas,* e não *dadas.* Os recursos para implementar esta estratégia são tão variados quantos são os materiais disponíveis para serem utilizados. A história do pensamento político quanto à questão ambiental e da transformação desta em problemática obrigatória é pontilhada de marcos importantes, relatórios das Nações Unidas, textos clássicos para o grande público — como o próprio relatório do clube de Roma ou *A Primavera Silenciosa* de R. Carson — e o registro. na imprensa, de posições assumidas por representantes de vários segmentos das classes dominantes. Registros de controvérsias conceituais, velada ou abertamente políticas dentro da comunidade científica, embora pouco conhecidos, também são disponíveis e constituem bom material para discussão.

Particularmente, acredito que esta "desnaturalização" seja profundamente necessária. Uma atitude crítica quanto aos agentes políticos que disputam hegemonia no campo só é possível quando estes laços invisíveis são revelados e se permite ao indivíduo se apropriar das idéias disponíveis, consciente dos mecanismos de legitimação envolvidos e das relações entre as idéias. E essa é, talvez, uma das grandes contribuições que a introdução de uma abordagem histórica, filosófica e sociológica pode oferecer.

Referências Bibliográficas

CITTADINO, E. Ecology and the professionalization of botany in America. *Studies in the istory of Biology,* n.4, p.171-198, 1980.

COLEMAN, W. Evolution into Ecology? The strategy of Warming's ecological plant geography. *Journal of the History of Biology,* n.19, p. 181-196, 1986.

COMMONER, B. *The closing circle:* nature, man and tecnology New York: Knopf, 1971.

COUTINHO, M. Contribuições para uma arqueologia do conceito de comunidade biológica. *Estudos de História e Saúde,* n.4, 1992.

COUTINHO, MC. *Ecologia e pensamento ambientalista:* uma reflexão acerca do tráfego de idéias e conceitos. São Paulo: Contexto, 1992.

EGERTON, F.(Ed). *History of American Ecology.* Salem: Ayer, 1977.

EHRLICH, P. *The population bomb.* New York: Ballantine Books, 1968.

GLEASON, H.A. The individualistic concept of the plant association. *Bulletin of Torrey Botanic Club,* n.53, p.7-26, 1926.

GOLDSMITH, E. The way: an ecological world-view. *The Ecologist,* n.18, p.64-74, 1988.

HAGEN, J.B. Ecologists and taxonomists: divergent traditions in twentieth century plant geography. Journal of the History of Biology, n. 19, p. 197-214, 1986.

KINCAID, H. Reduction, explanation and individualism. *Philosophy of Science,* n.53, p.492-513, 1986.

LINDEMAN, R.L. The trophic-dynamic aspect of ecology. *Ecology,* n.23, p.399-418,1942. McCORMICK.J. *Rumo ao paraíso.* Rio de Janeiro: Dumará, 1992.

McINTOSH, R. P. The background and some current problems of theoretical Ecology. *Synthèse,* n.43, p.195-255, 1980.

McINTOSH, R.P. *The background of ecology.* Cambridge: Cambridge University Press, 1985.

MEADOWS, D. et al. *The limits to growth.* New York: New American Lib., 1972. ODUM, E.P. *Fundamentais of Ecology.* Philadelphia: W.B. Saunders, 1971.

SIMBERLOFF, D. A sucession of paradigms in Ecology: essentialism and probabilism. *Synthese,* n.43, p.3-39, 1980.

TAYOR, PJ., BLUM, A.S. Ecosystems as circuits: diagrams and limits of physical analogies. *Biology and Philosophy,* n.6, p.275-294, 1991.

WARMING, E. Decology of plants: an introduction to the study of plant communities, In: KORMONDY, E.J.(Ed.). *Readings in Ecology.* Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1965, p. 125-129.

THE WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. *Our common future.* [S.l.]: Oxford University Press, 1987.

O ENSINO DE CIÊNCIA E CIDADANIA

Maria Cristina Dal Pian*

Uma tese, intensamente apresentada desde os anos 20, sobre a vinculação entre educação e participação politica, afirma que só os educados numa suposta ordem comunitária estariam aptos para o convívio social e preparados para deliberar ou julgar sobre aspectos pertinentes ao Estado. Provar ter controle de seus interesses pessoais e aprender a respeitar o bem comum, seriam uma precondição para a cidadania. Poder-se-ia acompanhar, na história do ensino de Ciências, o desenvolvimento global dessa tese para além do periodo entre as duas guerras mundiais, e verificar de que maneira o ensino de Ciências tem se configurado ora como um instrumento de conquista da liberdade, da participação e da cidadania, ora como um dos mecanismos para dosar os graus de liberdade e de racionalidade do povo.

Descobriríamos as raízes dessa história nos estudos sobre *Superstitious Beliefs* (superstições) e *Misconceptions* (falsos juízos), quando se constata a existência de crenças que, localizadas no campo do não cientifico, aderem-se desorganizadamente a um sistema integrado de persuasão (Conklin, 1919; Fisher, 1926; Wagner, 1928; Lehman e Fenton, 1930: Caldwell e Lundeen, 1932a, 1932b; Zapf, 1938, 1945a, 1945b; Keurst, 1939; Hancock, 1940; Oakes, 1942,1945; Rayla e Rayla, 1938; Matteson e Kambley, 1940; Hill, 1947).

A idéia de que a educação para a cidadania envolve a superação do indivíduo místico, religioso e possessivo, em favor de uma unidade científica e moral, articuladora do convívio social, predominou entre os educadores nas décadas de 20 a 40. Detentores de uma poderosa ferramenta — a verdade cientifica—os professores de Ciências acreditavam que as falsas crenças poderiam ser corrigidas, fazendo dos estudantes bons e ilustrado? cidadãos.

Boenig, referindo-se a Hancock, afirma que:

> a meta mais crucial de uma instrução corretiva em Ciências deveria envolver aqueles falsos juizos que têm grande possibilidade de afetar o comportamento de indivíduos subservientes a eles. (1969, p.89)

> Aqueles falsos juízos...considerados menos importantes como 'influências do comportamento' seriam aqueles tidos como'juízos de interesse puramente acadêmico, ou assentados em puras superstições ou relativos à história natural.'(idem, p.91).

O respeito aos interesses coletivos, a ênfase numa liberdade civilizada. dirigida pela razão do cidadão (racionalidade científica) e a ênfase na igualdade moral de todos, encontram-se presentes no tipo de pesquisa conduzida. O levantamento das superstições ou falsos juízos apresentados pelas crianças (longos inventários eram produzidos) incluía argumentos que caracterizam bem o tipo de preocupação que os educadores tinham na época. Vale a pena transcrever alguns dos então considerados falsos juízos:

- Se uma pessoa tem fé,pode produzir milagres, mesmo em nossos dias.
- Consciência é uma voz interna que o acusa quando faz algo errado.
- Pessoas pecadoras sofrem mais acidentes que as bondosas

O demônio está mais apto a tentá-lo quando você está só do que quando acompanhado.

- Algumas pessoas podem prever o futuro usando cartas ou folhas de chá.
- Se uma pessoa olha direto nos seus olhos é porque é honesta.
- Os Estados Unidos têm estado do lado correto em todas as guerras de que participam.

Os judeus estão tentando novamente ganhar controle do país, conspirando e favorecendo o seu próprio povo.

Os socialistas não são patriotas como o são os democratas e republicanos.

- Se você acredita que uma lei é injusta, não precisa obedecê-la.

As opiniões de grandes jornais urbanos como a *Tribuna de Chicago* são sempre corretas.

" Professora do Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

As mães não precisam ser ensinadas a cuidar de crianças porque a natureza se encarrega de fazê-lo.

• Algumas plantas, como as batatas, produzem mais se são plantadas durante certas fases da Lua.

• Quando uma cobra é morta, sua cauda não morre antes do pôr do Sol.

• Pegar um sapo faz crescer verrugas em suas mãos.

• Tuberculose pode ser herdada.

Apesar de os pesquisadores em ensino de Ciências não discutirem o sistema integrado de persuasão' **a** que se referiam, fica claro que o mesmo apresentava, como atrator, a gestação de uma consciência racional e moral em oposição à referência a um sistema religioso ou à tradição.

Foi com surpresa que os pesquisadores tiveram conhecimento de que certas noções resistiam à instrução.

> É curioso notar que a incidência de aceitação (dos falsos juízos) não declina com o avanço cronológico ou escolástico... Uma vez constatado o fato de as superstições serem prevalentes mesmo entre alunos terminando o segundo grau, sugere-se que mais pesquisa seja desenvolvida neste campo (Keurst, 1939, p.685).

Dentre a variedade de tipos de superstições era necessário distinguir os mais prevalentes e resistentes à mudança. Era preciso ir além na identificação dos falsos juízos e os estudos se concentraram naquelas crenças que, apesar da escolarização, mantinham-se incorretas. O número de estudos que procurava identificar os principais erros cometidos pelos alunos ao final da escola elementar aumentou[1]. Buscou-se caracterizar mais claramente os falsos juízos científicos, entendidos agora como sendo aqueles baseados em alguma evidência científica, racionalização ou relação de causa e efeito (superstições seriam destituídas de explicação racional). Isto fica mais claro, nesta época, em que a racionalidade da ciência passa a ser o modelo de racionalidade a ser perseguido pelos homens.

O conteúdo estudado incluía: ar e água, o universo, calor, combustão e combustíveis, luz, magnetismo e eletricidade, alimentos e saúde, tempo e clima, rochas e solos, reações químicas, plantas e vida animal e estudo da natureza (Matteson e Kambly. 1940) É interessante observar que a Proclamação de um ensino de Ciências corretivo tinha endereço certo: as camadas populares, os menos favorecidos.

É interessante observar que a Proclamação de um ensino de Ciência! corretivo tinha endereço certo: as camadas populares, os menos favoreci dos.

> Na sua maioria, eles (os sujeitos) procediam de lares cujos pais eram estrangeiros e onde, muitas vezes, falava-se uma língua estrangeira e nâo o inglês. Os pais eram normalmente operários ou pequenos comerciantes, apesar de boa parte encontrar-se desempregada à época da pesquisa. recebendo auxilio desemprego... O número médio de crianças na familia era 4,12. Suas casas eram normalmente pequenas habitações *(small cottages)* com 5 a 6 cômodos... o número médio de pessoas vivendo nas casas era 6,07 (Zapf, 1938, p.435).

> Conseqüentemente, a generalização pode ser feita de que a ênfase nos métodos científicos não levou à erradicação das superstições entre frações importantes de nossa população, notadamente os grupos menos favorecidos economicamente. (Keurst, 1939, p.685)

É verdade que todas essas expectativas dos educadores em Ciências se colocavam no sentido de fazer do ensino um instrumento de conquista da liberdade, da participação e da cidadania. Contudo, elas não visavam à transformação e sim à estabilidade de um sistema organizado e fechado de crenças. Temos hoje todos os motivos para examinar esse complexo de esperanças. Razões para isso proporcionam o impetuoso avanço da Ciência e da Tecnologia (C&T), as novas concepções advindas desse desenvolvimento e o próprio entendimento que se passa a ter sobre a cidadania.

Ciências **para Todos os Cidadãos**

O avanço das forças produtivas e as exigências colocadas pelo trabalho produtivo foram, cada vez mais, alterando a posição da ciência e da tecnologia na sociedade. De lugar marginal, o binômio C&T passou a ocupar o centro da sociedade. Hoje, espera-se que tanto a ciência como a tecnologia sejam produzidas em benefício da nação e incluídas como prioridades em planos nacionais de desenvolvimento.

Nas nações capitalistas, a economia de um dado plano de desenvolvimento propõe as diretrizes que orientam o investimento em pesquisa, mas a administração das políticas de Ciência & Tecnologia (C&T) propriamente ditas (principalmente a avaliação de fins e de meios) é algo problemático,

podendo ser considerada uma 'arte' da mesma forma como ocorre com outros campos da área política.

A definição de prioridades para C&T não pode desconhecer as metas sociais.Na medida em que o setor produtivo passa também a ser fonte de investimentos, as prioridades não são tão autônomas.Por outro lado, prioridades não se definem sem o conhecimento do estágio de maturidade da ciência e da capacidade de produção científica da nação. A opinião de especialistas é fundamental para uma avaliação das possibilidades técnicas de um programa de pesquisa, mas as políticas de C&T não são definidas inteiramente por cientistas. A opinião de leigos como a de políticos e administradores conta, e muito.

Quando se considera a questão da democracia, a opinião dos cidadão sobre ciência deve ser considerada. Muitas são as questões que surgem do debate sobre o papel e relevância da ciência na vida moderna. As posições são contraditórias. Existem pessoas que entendem a ciência como um corpo estranho à cultura. Outras são capazes de enxergar ciência' em cada artefato da vida cotidiana. Muitas não confiam no valor da ciência ou são simplesmente contrárias por razões ideológicas. Outras a defendem e acreditam que devemos ter uma atitude positiva em relação à ciência.

Em torno deste debate, entra uma vez mais a educação. A ciência torna-se tão penetrante e difundida na sociedade que passa a ser necessário produzir e organizar conhecimentos apropriados sobre os quais possam basear as análises e julgamentos das pessoas. Além disso, é necessário criar situações para exercitar os argumentos dos cidadãos; argumentos de vantagem & desvantagem, beneficio & malefício, nas várias dimensões da vida moderna. Questões de ordem moral voltam à tona. Os temas de meio ambiente têm constituído um campo fértil na definição de programas educativos de âmbito geral. Mas é na relação com o domínio de tecnologias que a educação cientifica propriamente dita tem se reorganizado ao longo dos anos. É, através dos programas de Alfabetização Cientifica e de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), que a politica de Educação Científica e Tecnológica (ECT) para a sociedade democrática moderna tem se consolidado.

Alfabetização em Ciências e Ciência, Tecnologia e Sociedade

O tema da educação cientifica, na sua relação com o domínio de tecnologias, tem sido tratado amplamente há muitas décadas. Ele serve de ponto de confluência de áreas como a Física, a Química, a Biologia, as Engenharias, a Psicologia, a Sociologia, a História, e mesmo a Filosofia. A tematização das questões que envolvem esta relação se iniciou na década de 50. Até esta época, o currículo de Ciências baseava-se em livro-textos que apresentavam a ciência como um corpo de informações — uma massa de fatos desconexos e de generalizações que requeriam simples memorização. O avanço da ciência nos anos 60, aliado ao surgimento de novas teorias de aprendizagem, forneceu bons motivos para a mudança. Novos currículos foram desenvolvidos por grupos de cientistas e educadores para o uso em sala de aula, apresentando-se na forma concreta de "projetos de ensino" para aplicação em larga escala.

Característico desta nova fase foi o projeto PSSC *(Physical Science Study Commitee),* surgido nos Estados Unidos como uma resposta ao crescimento acelerado do conhecimento científico e à atitude de indiferença por parte dos cientistas no que concerne à educação primária e secundária. No contexto da sociedade americana dos anos 50—60, o surgimento do PSSC pode ser entendido como uma reação ao crescente poderio nuclear soviético, uma vez que o lançamento do Sputnik determinou, nos Estados Unidos, a criação da NASA e a dotação de verbas vultosas para o ensino de Ciências.

A boa qualidade de alguns projetos produzidos e implementados nos anos 50 e 60 não foi, porém, suficiente para contornar os sinais da insatisfação que tomou conta da comunidade acadêmica e científica no inicio dos anos 70. Existia uma demanda social em favor do aumento do número de cientistas, mas o desnível entre a formação básica oferecida aos alunos e o novo curriculo das universidades, que passou a incorporar o conhecimento advindo das resoluções conceituai e experimental da Física, Química e Biologia dos anos 20 e 30 era grande. Reconhecia-se que o novo currículo também não preparava os alunos para a vida pessoal ou em sociedade. Além disso, pesquisadores questionavam o processo envolvido na implantação dos projetos, uma vez que o mesmo separava claramente os

propositores dos projetos (cientistas e educadores) dos executores (professores e alunos). A idéia de 'treinamento em serviço' vem das tentativas de se efetivar projetos dentro desta perspectiva.

Nesta época, colocava-se aos cientistas a questão de como fazer sentido a ciência acadêmica. Debatia-se, por exemplo, questões relativas aos limites do crescimento à finitude dos recursos naturais; à responsabilidade social do cientista e à não neutralidade da ciência. Os modelos de ciência acadêmica propostos buscavam fundamentação em três tipos de abordagens que frutificavam na época: na psicologia da pesquisa e da descoberta científica; na sociologia da comunidade cientifica e nos critérios filosóficos do conhecimento objetivo. Neste contexto, a educação científica acompanhou o movimento mais amplo da academia, exigindo que os novos projetos fossem pensados a partir de uma discussão da sua relevância social.

Nos anos 80, a questão da educação científica na sua relação com o domínio de tecnologias torna-se mais visível, em função do aceleramento dos processos de produção cientifica e de inovação tecnológica, bem como da maior velocidade imprimida à circulação de conhecimentos científicos e tecnológicos junto à população.

Mais recentemente, os efeitos sociais e políticos da democratização do ensino,que caracterizaramu as décadas de 70 e 80, favoreceram uma série de propostas cujas análises se desdobraram em torno das funções sociais da educação cientifica. Tais propostas reconhecem a relevância da educação científica para o domínio das novas tecnologias e para a modernização do sistema produtivo, fazendo confluir, cada vez mais, as várias áreas do conhecimento. Ao mesmo tempo, reconhecem a precariedade do nível de formação em Ciências para a qualificação de profissionais capazes de enfrentar problemas novos e complexos. A tese básica em torno da qual a discussão da educação cientifica passa a ocorrer é a de que uma compreensão pública mais profunda da ciência (alfabetização) pode ser o elemento fundamental de promoção da prosperidade de uma nação.

O caso *prima facie* para a existência de uma relação entre "alfabetização científica" e "prosperidade" são os padrões de escolarização e de qualificação de mão de obra especializada exigidos pelas atividades industriais modernas. A maioria das economias ditas fortes dependem mais e mais de novas tecnologias, cuja introdução estimula o desenvolvimento daquelas já existentes. O aperfeiçoamento da tecnologia consolidada demanda, por sua vez, um certo grau de qualificação científica e técnica de todos aqueles envolvidos na produção, de empresários a simples trabalhadores. Aceita-se, hoje, nos países industrializados, que a maior parte do que se gasta para produzir numa sociedade moderna e a maior parte daquilo que se apropria, é valor intelectual.

A alfabetização em Ciências constitui-se, portanto,numa providência para enfrentar a realidade da modernização. Nas sociedade democrática esta meta vem normalmente acompanhada do argumento sobre a necessidade de resgate da cidadania. A questão da cidadania é considerada, cada vez mais, um espaço crucial na luta política e ideológica, imprescindível para a consolidação de uma efetiva transformação democrática. É um pré-requisito essencial, já que é vista como uma condição de articulação dos movimentos sociais urbanos e rurais com as reivindicações dos trabalhadores sindicalizados e definirá as possibilidades de a classe trabalhadora integrar ou não um pacto democrático. A ciência passa a ser um direito de todos os cidadãos alfabetizados. A discussão da educação em ciências ganha então uma nova tônica. Incorporada como direito de todo cidadão, ela integra hoje uma pauta de reivindicações e conquistas sociais, ao mesmo tempo em que vê sempre mais enfatizada a relação entre seus efeitos e a modernização do sistema produtivo.

Nesta perspectiva, alfabetização em Ciências não significa uma simples distribuição do conhecimento acumulado pela ciência. Como se sabe, a história da ciência e tecnologia é uma história de crescimento exponencial. Nos crescimentos exponenciais, certos padrões tendem para um limite, tal como ocorre com a produção cientifica e tecnológica nos vários campos do conhecimento, cujo volume (medido por uma variedade de parâmetros como número de periódicos especializados e de cientistas; valor de investimento em C&T; quantidade de bens tecnológicos e matérias primas como transportes, meios de comunicação, eletricidade, etc.) tem aumentado em escala desta natureza. Tendências exponenciais nunca são suaves, podendo dar origem a bifurcações ou a comportamentos caóticos.

No caso da produção de ciência e tecnologia, este fato pode ser tomado como um indicador da complexidade e da nova natureza dos problemas colocados para investigação, o que vai exigirm habilidades cada vez mais criativas, por parte daqueles que estudam e fazem a ciência e a tecnologia. Para tanto, torna-se necessário qualificar cidadãos que sejam capazes, não de memorizar conteúdos, mas de entender os princípios básicos subjacentes a como as coisas funcionam; de pensar abstratamente sobre os fenômenos, estabelecendo relações entre eles; de saber dimensionar se as novas relações estabelecidas respondem aos problemas inicialmente colocados. Neste sentido, a ciência e a tecnologia devem estender a habilidade de as pessoas mudarem o mundo, o que remete à necessidade de analisá-las na sua relação com a sociedade.

Alfabetização em Ciências e Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) são, hoje, duas vertentes da política de Educação Científica e Tecnológica (ECT) proposta por segmentos universitários e associações cientificas para a sociedade democrática moderna. Trata-se de um movimento amplo e mundial, cujas características se delineiam cada vez mais clara e irreversivelmente.

Por exemplo, encontra-se hoje bastante disseminada a constatação de que os resultados científicos é tecnológicos são obtidos como respostas a exigências sociais e de acordo com elas; sugere-se que tal idéia deve ser fortemente repassada aos alunos. Sugere-se também que a escola deve se preocupar com a educação do público responsável por decisões políticas que afetam o bem-estar social. Recomenda-se que o ensino de Ciências contribua para uma tomada de decisão mais planejada por parte do estudante, com relação a seu papel futuro na vida como cidadão. Uma vasta bibliografia internacional sobre CTS encontra-se disponível (AAAS, 1989; Beckwith, 1989; Cutcliffe, 1990; Eijkelhof e Lijnse, 1988; Fleming, 1988; Hart e Robotton, 1990; Layton, 1973,1988; Lijnse et al., 1990; McFadden, 1991; McKelvey, 1991; Millar & Wynne, 1988; Ogborn, 1987, 1988a e 1988b; Solomon, 1988; Thier e Hill, 1988; Ziman, 1980a. 1980b, 1991; Zoller et al.,1990).

Na composição de currículos, alguns temas são privilegiados. Em torno deles, os novos currículos incorporam preocupações com CTS e favorecem o ensino sobre Ciências (isto é, o ensino de aspectos relacionados à natureza, aos resultados e à relevância do empreendimento científico, em contraposição ao mero ensino do conhecimento científico). São freqüentemente recomendados:

vida, matéria, energia e movimento;
- estrutura e evolução do universo;
- o mundo fabricado, informação, mudanças sociais, conflitos, formas políticas e econômicas de organização;
- reapresentações matemáticas, probabilidade, análises quantitativa e qualitativa, modelos matemáticos, formas de raciocínio.

Os novos currículos vêm também acompanhados de uma tentativa de integração de abordagens diversificadas, entre as quais se destacam a problematizadora, a de relevância (em termos de aplicação), a vocacional, a interdisciplinar, a histórica, a sociológica e a filosófica. Tais abordagens articulam-se no sentido de fortalecer a tese mais geral de que o crescimento econômico é algo sustentável e de que os indivíduos são, eles próprios, responsáveis pelo encaminhamento dos problemas que o desenvolvimento gera. "Pense globalmente e aja localmente" passa a ser um lema que acompanha as propostas curriculares em Ciências.

No Brasil, as preocupações e propostas trazidas pelo "movimento CTS" coincidem, em muitos aspectos, com antigas reivindicações feitas por educadores e pesquisadores em ensino de Ciências. Do ponto de vista da elaboração de currículos, por exemplo, é clara a necessidade de se estabelecer relações entre as várias disciplinas; e a interdisciplinaridade foi e tem sido um aspecto importante associado às propostas de reorientação do ensino. Entretanto, é necessário ter clareza a respeito dos diferentes desdobramentos que este movimento pode propiciar. Por exemplo, precisaríamos discutir melhor de que tipo de redirecionamento o ensino de Ciências no Brasil mais precisa; quais são as condições de que dispomos para garantir a ocorrência de mudanças profundas; que políticas de formação permanente de recursos humanos seriam mais adequadas; o que significa realmente a distinção "ensinar Ciências" x "ensinar sobre Ciências"; o que deve ser entendido por "formar o cidadão critico"? Estas são

algumas questões que merecem uma reflexão mais critica e ampla e deveriam ser consideradas nas discussões dos educadores em Ciências.

O Redirecionamento do Ensino de Ciências

Nos países avançados, a nova politica de ECT implica fundamentalmente um redirecionamento do ensino de Ciências, de modo a atender à superação dos desníveis entre a qualificação real exigida pelo mundo moderno e a educação formal oferecida pelo Estado. No Brasil, a situação não é tão simples. Para acompanhar a corrida atrás da modernidade, o Brasil tem que enfrentar problemas mais graves, a começar pela real mudança dos níveis e da qualidade de educação existentes no país. Ainda hoje, apenas 40% de cada geração que ingressa na escola conclui o 1º grau (nos países desenvolvidos, 100% da população adulta têm o 2° grau completo), para não falar dos que não ingressam. Além disso, a maioria dos que estudam no Brasil recebem educação incompleta, sem qualidade, descompromissada com o país e com o futuro. Em tal situação, importa muito refletir, de forma mais clara, sobre o papel que a educação formal passa a ter no equacionamento e na solução dos problemas científicos e tecnológicos nacionais. Mal ou bem, é na escola pública, com todas as contradições que ela comporta, que a discussão da formação do cidadão 'cientificamente alfabetizado' começa.

Por isso, ao mesmo tempo em que propõem soluções para a ECT, os projetos de "Alfabetização em Ciência" e "Educação, Tecnologia e Sociedade" para a realidade brasileira têm que considerar a possibilidade de mudanças mais profundas. Certamente, estas incluem estratégias de melhoria das condições de ensino, com a ampliação gradativa da jornada escolar, o treinamento e o aperfeiçoamento de professores, a formulação de currículos mais relevantes, a construção e reequipamento das escolas públicas e a implantação de programas de alimentação e de material escolares, com financiamentos a partir de fontes alternativas ao setor educacional.

Neste sentido, deve-se considerar o papel importante das Secretarias de Educação Municipais e Estaduais como gestoras do ensino público no país. Quando se olha a escola pública de 1° e 2° graus a distância, o quadro não é muito animador. Certamente, a expansão do ensino médio e do ensino fundamental (em particular) ocorrida nos últimos anos foi acentuada e propiciou o acesso à escola de um número grande de alunos oriundos das camadas populares. No entanto, o que se constata, na escola pública, é um esvaziamento crescente de conteúdos, um contingente de professores mal preparados e precariamente remunerados, uma maioria de alunos desmotivados e uma não adequação da escola à realidade dessa nova clientela. Aliam-se a esses fatores as tradicionais dificuldades de infra-estrutura, como inadequação ou mesmo inexistência de laboratórios, de bibliotecas e de oficinas de tecnologia e informática.

Entretanto, quando se conhece de perto e de dentro o que se passa na escola pública, verifica-se que existem professores comprometidos e críticos de seu papel; que é viável a implantação de currículos mais relevantes, que demandam dos alunos níveis de abstração elevada; que alunos das classes populares respondem positivamente a tais demandas; e que é alta a expectativa de professores esclarecidos, no que concerne à realização de propostas sérias de trabalho. Verifica-se também que algumas experiências inovadoras têm produzido resultados significativos. Projetos de reorientação do ensino de Ciências e Matemática têm sido implementado,em escala local, que demonstram essa competência. São exemplos: o Projeto Grupo de Reorientação do Ensino de Física (GREF), do Instituto de Física da USP; o Projeto Reorientação do Ensino de Ciências no Rio Grande do Norte (REC-RN), da UFRN; o Projeto Fundão, da UFRJ; o Projeto Ação Integrada para a Melhoria do Ensino de Ciências e Matemática, da UN IJUÍ; o Projeto Tempo: Tema norteador para o ensino de 1° grau integrado ao contexto sócio-cultural, da UNICAMP; o Projeto da Secretaria Municipal de Educação de S.Paulo **e** o Projeto Magistério, da PUC-SP.

Existe, portanto, no Brasil o potencial sobre o qual se pode pensar em reconstruir uma escola voltada para a organização e a circulação de um conhecimento cientifico e tecnológico, que contribua para formação de cidadãos críticos e participantes. Como fazer para articular as várias instâncias não é apenas um problema técnico ou administrativo. Envolve uma vontade política calcada numa consciência da importância da ECT para a realidade brasileira e numa consciência das limitações que nos foram

impostas pelos governos autoritários,que não trataram seriamente do problema da educação. Envolve a mobilização de todos em favor da recuperação da educação pública brasileira.

Referências Bibliográficas

AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE. *Science for all Americans.* Washington, 1989.

BECKWITH.G. Science, Technology and society: considerations of method. *Science Technology & Human Values,* v.14, n.4, p.323-339, 1989.

BOENIG, R.W. *Research in science education:* 1938 through 1947. New York: Teachers College Press, Columbia University, 1969.

CALDWELL,O.W.,LUNDEEN, G.E.What can be done regarding unfounded beliefs? *School and Society,* n.35, p.35, p.680-686, May 1932a.

CALDWELL, O.W., LUNDEEN, G E. *An experimental study of superstitions and other unfounded beliefs.* New York: Teachers College Press, Columbia University, 1932b.

CONKLIN.E.S.Superstitious beliefs and practices among College students. *American Journal of Psychology,* n.30, p.83-102, Jan.1919.

CUTCLIFFE, S.H. The STS curriculum: what have we learned in twenty years? *Science Thecnology & Human Values,* v.15, n.3, p.360-372, 1990.

EIJKELHOF, H., LIJNSE, P. The role of research and development to improve STS education: experiences from the PLON project. *International Journal of Science Education,* v.10, n.4, p.464-474, 1988.

FLEMING, R. Undergraduate science students' views on the relationship between science technology and society. *International Journal of Science Education,* v.10, n.4, p.449-463, 1988.

FISHER,T.R. *The prevalence of superstitious beliefs.* New York: New York University, 1926. Tese de mestrado não publicada.

HANCOCK, C H. An evaluation of certain popular science misconception. *Science Education,*n.24,p.208-213,April1940.

HART, E.P., ROBOTTON, I.M.TheScience-Technology-Society movement in science education: a critique of the reform process. *Journal of Research in Science Teaching,* v.27, n.6, p.575-588, 1990.

HILL, K.E. *Children's contributions in science discussions.* New York: Teachers College, Columbia University, 1947

KEURST, A.J. The acceptance of superstitious beleifs among secondary school pupils. *Journal of Educational Research,* v.32, n.9, p.672-685, 1939.

LAYTON, D. *Science for the people.* London: George Allen, 1973.

LAYTON, D. Revaluing the T in STS. *International Journal of Science Education,* v.10, n.4, p.367-378, 1988.

LEHMAN, H.C., FENTON, N. Prevalence of certain misconceptions and superstitions before and after a course in psychology. *Education,* v.50, p.485-494, April 1930.

LIJNSE, P. et al. A thematic Physics curriculum: a balance between contradictory curriculum forces. *Science Education,* v.74, n.1, p.95-103, 1990.

MATTESON, H.D., KAMBLEY, P E. Knowledge of science possessed by pupils entering the seventh grade. *School Science and Mathematics,* n.40, p.244-247, Mar. 1940.

McFADDEN, C P. Towards an STS school curriculum. *Science Education,* v.75, n.4, p.457-469, 1991.

McKELVEY, M. Historical development of technology and society. *Interdisciplinary Science Reviews,* v.16, n.2, p.111-113, 1991.

MILLAR, R., WYNNE, B. Public understanding of science: from contents to processes. *International Journal of Science Education,* v.10, n.4, p.388-398, 1988.

OAKES, M.E. How do Children explain things? *Science Education,* n.26, p.61-65, Feb. 1942.

OAKES, M.E. Explanation of natural phenomena by adults. *Science Education,* n.29, p.137-142, April 1945.

OGBORN, J. *The nature of Science and its implications for Science for all.* London: Institute of Education, University of London, 1987.

OGBORN, J. *A map of science.* London: Institute of Education, University of London, 1988a.

OGBORN, J. *Computational modelling:* a link between Mathematics and other subjects. London: Institute of Education, University of London, 1988b.

RAYLA, L.L., Rayla, L.L. Some misconceptions in science held by prospective elementary teachers. *Science Education,* n.22, p.244-251, Oct. 1938.

SOLOMON, J. Science technology and society courses: tools for thinking about social issues. *International Journal of Science Education,* v.10, n.4, p.379-387, 1988.

THIER, H.D., HILL, T. Chemical education in schools and the Community: the CEPUP project. *International Journal of Science Education,* v.10, n.4, p.421-430, 1988.

WAGNER, M.E. Supertitions and their social and Psychological correlations among College students. *Journal of Educational Sociology,* n.2, p.26-36, Sept. 1928.

ZAPF, R.M.Superstitions ofJunior High School pupils. *Journal of Educational Research,* v.31, n.6, p.435-446, 1938.

ZAPF, R.M. Relationship between belief in superstitions and other factors. *Journal of Educational Research,* n.38, p.651-679, Apr. 1945a.

ZAPF, R M. Comparison of responses to superstitions on a written test and in actual situations. *Journal of Educational Research,* v.39, n.1, p.13-24, 1945b.

ZIMAN, J. Science education for the real world. *New Scientist,* 16 Oct. 1980a. p.169.

ZIMAN, J. *Teaching and learning about science and society.* Cambridge: Cambridge University Press, 1980b.

ZIMAN, J. Public understanding of Science. *Science Technology & Human Values,* v.16, n.1, p.99-105, 1991.

ZOLLER, U. et al. Goal attainment in Science-Technology-Society (S/T/S) education and reality: the case of British Columbia. *Science Education,* v.74, n.1,p.19-36, 1990.

O ENSINO DE CIÊNCIA E CIDADANIA

Leopoldo de Meis e Lucia Fonseca*

A ciência moderna caracterizou-se pela formulação do método científico, rompendo, a partir do século XVI, com o empirismo e o espírito mágico que reinavam na ciência medieval, cujo protótipo foi a alquimia. Esta ruptura foi acompanhada de outras mudanças, não menos importantes, que afetaram a vida, o sistema econômico e de trabalho, os valores e crenças que caracterizavam o homem medieval e o inseriam de determinada maneira na sociedade. Destas modificações surgiu, em profundo contraste, o homem moderno.

A substituição dos feudos por estados, a ascensão das cidades e da burguesia e a acumulação de capital que estão na origem do capitalismo, de um sistema de produção em massa que não valorizaria o elemento humano e da revolução industrial, são alguns dos acontecimentos paralelos à história do desenvolvimento da ciência e da tecnologia modernas e dos quais elas não podem ser dissociadas.

Na sua primeira fase, a ciência foi praticada por indivíduos isolados, que utilizavam seus próprios meios ou eram financiados por mecenas, muitas vezes em laboratórios improvisados com um mínimo de recursos. À medida que a ciência se sofisticava e crescia o acervo de conhecimentos a ser transmitido ás novas gerações, a ciência começou a ser, cada vez mais, praticada nas universidades. Criaram-se institutos de pesquisa e, no início do século XIX, vamos encontrar a ciência, não mais como uma atividade privada, mas pública, institucionalizada, financiada principalmente pelo Estado. E o mecenato, embora nunca totalmente extinto, deixa de ser a regra para tornar-se a exceção.

A institucionalização da ciência fez com que aumentasse rapidamente o número de cientistas, e a ciência abandonou seu caráter muitas vezes diletante para tornar-se uma profissão.

* Professores da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

O número de cientistas continua crescendo. Só nos Estados Unidos, ele passou de 959.500 em 1976 para 2.186.300 em 1986. Estes números crescem para 2.331.200 e 4.626.500 se forem acrescentados os engenheiros responsáveis pela pesquisa tecnológica (NSF, 1987).

A influência da ciência no mundo moderno é impressionante. Em menos de duzentos anos, o progresso científico e tecnológico mudou por completo a face do planeta. Estas modificações se fizeram no contexto daquela evolução sócio-econômica mais ampla, que influenciou o desenvolvimento científico-tecnológico, sendo, por sua vez, influenciada por ele. E estas mudanças foram tão rápidas que o homem tem dificuldade em assimilá-las, sendo obrigado a encarar questões para as quais não se acha preparado.

A Explosão Demográfica

Estima-se que no início da era cristã a população da Terra fosse de 300 milhões de habitantes. Em 1850 andava em torno dos 900 milhões, tendo, pois, triplicado em cerca de 1.800 anos (Peccei, 1981). Nos duzentos anos que se seguiram, graças aos conhecimentos sobre assepsia, à descoberta de vacinas e antibióticos, a novas técnicas de cultivo e armazenagem de alimentos e saneamento urbano, esta população deu um salto para 5 bilhões, e, no primeiro mundo, os casais substituíram o "Crescei e multiplicai-vos" por sólidas e sensatas medidas de controle de natalidade, difundidas e estimuladas pelos governos de vários países e, em sua maioria, proibidas pela Igreja Católica.

Meios de Transporte e Comunicação

Em 3000 A.C, o homem podia deslocar-se por terra numa biga, numa velocidade máxima de 8km por hora. Nessa época, diversos povos estabeleceram sistemas de comunicação com pontos-chave, onde cavalos ou homens eram trocados. Mas, além de lentos, estes sistemas não estavam disponíveis a toda a população e os particulares deveriam usar seus próprios mensageiros.

Em 1500 A.D., a velocidade máxima sobre a água era a da caravela, também de cerca de 8km por hora; em 1800, as diligências atingiam no máximo 30 km horários (Peccei, 1981). Assim, da biga à diligência, num largo período de quase 5.000 anos, todo o avanço tecnológico se resumiu à passagem de dois para seis cavalos.

No final do século XIX, trens e navios cruzavam continentes e mares, nas rotas de um correio já institucionalizado. Mas uma carta poderia levar dois meses para chegar a um destinatário distante. No início do século XX, em plena *Belle Époque,* Santos Dumont emociona Paris com o vôo do 14Bis. Uns anos mais, e o correio aéreo parece um avanço insuperável. Hoje, aviões e foguetes cruzam os ares em velocidades supersônicas, o homem pisou a Lua, e o *fax* e o telefone nos ligam instantaneamente a qualquer ponto do globo.

Modificação de Comportamento e Conceitos

Até 1700 ou 1800, a vida média era muito curta. Nessa época, para estabelecer uma família, era preciso casar logo que se atingia a idade de reprodução; quase todos os casais perdiam filhos; e o juramento de fidelidade eterna, feito pelos noivos junto ao altar, significava cerca de dez ou quinze anos. Hoje, a vida média no primeiro mundo está em torno dos 70 anos. E a fidelidade "até que a morte os separe" pode, cada vez mais, significar longos períodos de quarenta ou cinqüenta anos, o que certamente continuará a manter os advogados ocupados com processos de divórcio.

Outra mudança ocasionada pela ciência foi a das relações do homem com a alma e o divino. As manifestações psicológicas do ser humano — a sensação do sublime ligada à música, ao amor ou a certas experiências místicas, os sentimentos de ódio, fúria, etc. — sempre foram considerados como manifestações da alma ou mesmo do divino. E em muitas culturas, a loucura estava relacionada ao sagrado. Mesmo quando se utilizavam drogas, como o vinho ou extratos de plantas, para induzir estados alterados de consciência, estas drogas eram de alguma forma sacralizadas ou ligadas ao ritual. Também os fenômenos naturais — os rios, a chuva, o raio, os furacões — eram interpretados como manifestações de divindades ligadas àqueles fenômenos e toda a natureza era animizada. Com o avanço do conhecimento, os "estados da alma" são interpretados em outro contexto. Os efeitos do álcool ou do diazepan sobre o comportamento são interpretados à luz da moderna farmacologia e da neuroquímica. Os fenômenos da natureza receberam explicações racionais: o raio é uma faísca elétrica, a chuva é o resultado da condensação de vapor atmosférico, o vendaval, o deslocamento de massas de ar. Pode parecer que a ciência derrubou ou pretendeu derrubar os conceitos de alma ou do divino, quando, na verdade, estes conceitos teriam que ser adaptados a um novo quadro de referências.

Fundamentada num método, a ciência moderna não propunha nem estava comprometida com nenhuma metafísica, não negava, a *priori,* a existência da alma ou de Deus, e muitos cientistas foram, ou são, homens de religião e fé. Mas, ao desenvolver-se no seio de um sistema de produção massificado e pouco humano, a ciência, como qualquer outra atividade, sofreria a sua influência. Assim, o espetacular sucesso de suas conquistas materiais e tecnológicas seria o aspecto mais valorizado e assimilável pelo sistema econômico vigente, interpretado como sua finalidade última e bem supremo, assim como o mais facilmente identificado pela sociedade em geral. Além disso, seja por esse contexto, seja por condições inerentes ao tratamento matemático dos dados, ao privilegiar variáveis quantificáveis e mensuráveis, e os aspectos extensivos da natureza, a ciência não negou a existência da alma ou de Deus, mas preparou terreno para que outros o fizessem em seu nome. Finalmente, ao derrubar noções ligadas a religiões e mitos, substituindo deuses por explicações racionais, e o aparecimento do homem pela Teoria da Evolução, e não pela criação de Adão e Eva, tal como descrito no Gênesis, a ciência entrou em choque com as camadas mais conservadoras da Igreja. E o homem comum, já abalado pela dicotomia implícita entre os valores espirituais e religiosos da tradição humanista por uma lado, e os valores materiais, cada vez mais eficazes no seu cotidiano, este homem que, quanto mais culto, menos podia aceitar sem discussão as explicações literais de uma Igreja retrógrada, ao ver explicitados alguns conflitos entre a ciência e a Igreja, interpretou-os como um conflito entre ciência e religião, ou materialismo e espiritualismo, e, muitas vezes, aliou-se aos primeiros, adotando mais

ou menos conscientemente uma postura materialista; e, em casos extremos, deu um último passo adiante e tomou-se ateu.

Esperança e **Desengano**

O papel inovador e revolucionário da ciência foi enorme. Se lembrarmos apenas as figuras de Copérnico, Galileu e Darwin, saberemos o quanto a ciência modificou a sociedade na Europa. É difícil dizer qual terá sido a maior revolução no conceito que o homem tinha de seu papel no universo: se reconhecer que a Terra não ocupava o centro do mundo, ali colocada por Deus como morada do homem, ou se a Teoria da Evolução, colocando todos os homens, inclusive reis e nobres, como parentes próximos do macaco.

Além disso, como vimos, o sucesso material e palpável do desenvolvimento científico e tecnológico foi tão grande, sua influência na vida moderna tão profunda, que a sociedade, já influenciada pelo modelo sócio-econômico vigente, foi levada a uma confiança cega, e por vezes ingênua, no progresso científico e tecnológico como panacéia. Parecia que a fome, as doenças, e todos os males que afligiam a humanidade, seriam resolvidos numa utópica sociedade do futuro. Os séculos XVIII e XIX foram característicos desta atitude e o século XX ainda raiou à luz dessa esperança. A segunda metade do século XX foi a era do desengano. A ciência e a tecnologia aperfeiçoaram medicamentos e técnicas cirúrgicas, evitaram epidemias, aumentaram a vida média da população e melhoraram sua qualidade de vida, mas também aperfeiçoaram os artefatos de guerra. Toneladas de explosivo e duas bombas atômicas foram lançadas sobre populações civis, o continente europeu foi palco de dois conflitos mundiais, as superpotências acumularam bombas capazes de destruir várias vezes o planeta e a indústria bélica não pode parar.

Em vez de um mundo paradisíaco, onde haveria alimento para todos e o leão conviveria pacificamente com o cordeiro, alimentos apodrecem em silos, enquanto populações inteiras morrem de fome; várias espécies estão ameaçadas de extinção, a ponto de se contar seus indivíduos por dezenas ou centenas, os rios morrem, e o homem sufoca em meio à fumaça e à chuva ácida, que corrompem os mármores de civilizações perdidas num passado nostálgico. O planeta é ameaçado de destruição, seja por uma catástrofe nuclear, seja pela devastação do meio ambiente causada por uma exploração mais predatória que a de qualquer animal irracional. O progresso tem uma face sombria: o homem sente-se traído.

Os anos 60 e 70 foram varridos pelos ventos da contracultura e do movimento *hippie.* As palavras de ordem eram a flor, a paz e o amor, o protesto contra a guerra do Vietnam, a volta a uma vida alternativa, mais natural e bucólica, ou a fuga por meio da droga.

Os jovens acham-se perplexos. O papel revolucionário da ciência se perdeu. Incorporadas à sociedade moderna, e como conseqüência da própria institucionalização, a ciência e a tecnologia estão muito mais identificadas com o *establishment* que com a vanguarda. Os benefícios já conquistados são dados como naturais, e o jovem, sem pensar em como seria sua vida sem o telefone para namorar, o som para "curtir" e o antibiótico para curá-lo rapidamente das infecções, culpa a ciência e a tecnologia pelos efeitos negativos do progresso e pelo materialismo e falta de valores espirituais da nossa sociedade. Nos últimos anos, nos Estados Unidos, o aumento de cientistas e da demanda de pesquisadores não tem sido acompanhado por um aumento proporcional na formação de jovens doutores. O número de PhDs, entre 1976 e 1986, vem se mantendo praticamente estável, em torno dos 214.000 e 260.000 (NSF, 1987) respectivamente, o que significa que, em relação ao crescimento da atividade científica, menos jovens estão procurando a ciência como carreira; isto tem, inclusive, aumentado a idade média do cientista naquele país (Meis e Longo, 1990). As iniciativas e investimentos do governo americano para atrair um maior número de jovens para a carreira científica têm resultado infrutíferos, e, mesmo aquele número insuficiente de doutores formados vem sendo mantido através da absorção de um contingente significativamente maior de jovens cientistas estrangeiros pelo mercado americano — 72.809 em 1986 para 34.400 em 1976 (NSF, 1987). Da universidade, e caminhando para a escola, também nos deparamos com este conceito de uma ciência humanisticamente negativa, materialista, exclusivamente voltada para a produção de bens e, muitas vezes, perigosa. Sem acrescentar à humanidade novos valores humanistas — o que aliás não era da sua alçada — o desenvolvimento

científico colocou nas mãos do homem um poder que assusta a todos, gerando alguns mal-entendidos.

Dificuldade em Manejar o Conhecimento

O avanço tem sido tão rápido que ninguém pode acompanhá-lo adequadamente. Cerca de 290.000 trabalhos científicos são publicados a cada ano (Martin et al., 1987) e qualquer cientista tem dificuldade de acompanhar o desenvolvimento da sua área de conhecimento, precisando restringir-se a. uma especialidade. Assim, os indivíduos vivem em diversas épocas, em relação a diferentes campos. Um bioquímico, na sua especialidade, está em 1993. Nas disciplinas afins estará aí por 1960 ou 1970. Em outras, como a Física, andará por 1900. A maior parte das pessoas pouco sabe além da Física newtoniana. Um grande economista terá conhecimentos restritos de Biologia.

Isto gera conflitos enormes. Antes deste avanço desmesurado da ciência e da tecnologia, as diferenças de informação em cada sociedade, dentro de um feudo, uma cidade-estado ou, mais tarde, um país, eram muito pequenas. Quase todos os membros de uma comunidade tinham a mesma visão da natureza e da posição do homem no cosmos. Na Idade Média, a religião cristã chegou a informar todo o comportamento e a visão cosmogônica do homem ocidental. E notícias de viajantes como Marco Polo eram ouvidas com espanto, dado seu caráter excepcional e exótico. Mesmo hoje, nas populações primitivas, é ainda uma única mitologia que informa a respeito da natureza. Há divindades comandando o trovão e os rios, animais-deuses ligados a algumas atividades ou qualidades da natureza, deusas da fertilidade comandando a época do plantio e propiciando a germinação e as colheitas. E todas estas crenças formam um quadro de referências coerente, facilitando o comportamento da comunidade, o que não ocorre na sociedade moderna. Com o desenvolvimento dos transportes **e** meios de comunicação, diferentes culturas entram em contacto, o que aumenta a heterogeneidade de visões e crenças. Assim, num mundo que é hoje considerado uma aldeia global, diversas idades e visões se entrechocam, ou, ao contrário, convivem paralelamente, criando paradoxos e práticas dissociadas de seu fundamento. Assim, coexistem astrologia e *vídeo game,* homeopatia, acupuntura, transplante de órgãos e engenharia genética. Por outro lado, algumas noções, estereótipos e preconceitos permeiam diferentes camadas da opinião pública, mesmo as supostamente bem informadas.

O Que se Pensa a Respeito da Ciência — a Visão Corrente e a Visão dos Profissionais

A ciência moderna desenvolveu-se no hemisfério norte, principalmente em sete países: Inglaterra, França, Alemanha, Estados Unidos, Rússia, Canadá e Japão, responsáveis por 75% dos trabalhos científicos publicados a cada ano (Meis e Longo, 1990). Poderíamos portanto supor que, ao menos nestes países, a opinião pública estivesse mais bem informada sobre a atividade científica. Mas é preciso não esquecer que, assim como têm entrado em maior contacto com a ciência, a tecnologia e seus benefícios, foram também estes os países que mais sofreram com as guerras mundiais e a deterioração do meio ambiente; foi no âmbito destes países que surgiram os movimentos de contracultura e as primeiras entidades precupadas com a ecologia, trazendo a reboque o restante do mundo.

Assim, os preconceitos e mal-entendidos sobre a ciência, o hábito de julgá-la apenas através de suas conquistas materiais ou dos efeitos negativos do progresso parecem ser comuns a diferentes populações, independentemente do seu grau de desenvolvimento. Se isto é verdade, talvez fosse interessante saber como os cientistas e os estudantes que optaram pela carreira científica encaram a sua atividade Afinal, ao menos eles deveriam estar bem informados a respeito. Foi o que procuramos fazer.

Entrevistamos cientistas de diversos níveis, no Brasil e no primeiro mundo, assim como estudantes de graduação, mestrado e doutorado. A todos foi feita a mesma pergunta:"0 que é pensar cientificamente?" (Meis et al., 1989).

Os estudantes, assim como os cientistas em início de carreira, demonstraram uma preocupação acentuada com fatores lógicos, racionais e

metodológicos. Palavras como intuição, criatividade, natureza, universo são raras em suas respostas. Já os pesquisadores de alto nível falam da ciência de um modo mais abrangente, tanto interior como exteriormente, isto é, tanto a sua personalidade total quanto o mundo, como um todo, parecem estar envolvidos no processo pelo qual vivenciam a experiência cientifica e fatores intuitivos e cósmicos, representados por aquelas palavras, são comuns nas suas definições de ciências. É curioso que esses fatores também parecem estar presentes em maior porcentagem nos estudantes de graduação que nos de mestrado e doutorado, sugerindo que o ensino universitário e o treinamento pós-graduado podem estar desempenhando um papel negativo com relação a estes componentes.

Estes resultados poderiam sugerir que estudantes ou jovens em determinada faixa etária não dessem grande valor a componentes ou subjetivos. Entretanto, isso não é verdade, como se verá a seguir. Num segundo trabalho (Meis et al., 1993), fizemos duas perguntas a estudantes de Artes e Ciências, brasileiros e americanos: "O que é pensar cientificamente?" e "Qual a diferença entre ciência e arte?".

As respostas são muito interessantes: tanto os estudantes de Artes quanto os de Ciências dos dois países associaram a ciência a fatores objetivos/racionais/pragmáticos. Quanto à diferença entre ciência e arte, a primeira foi considerada uma atividade fria, racional e pouco criativa, voltada para a solução de problemas concretos e materiais, quase sem espaço para a emoção e a subjetividade. Enquanto a arte, associada aos fatores subjetivos/emocionais/estéticos e afim a valores humanistas, foi considerada um campo livre e aberto à criação.

É interessante notar que as técnicas necessárias à prática da arte, como as regras que guiam a linguagem escrita, a disciplina necessária ao domínio de instrumentos musicais, as leis físicas que restringem o escultor — nada disso foi considerado como limitante à criação artística. Mas o domínio do método científico foi considerado restritivo à criatividade em ciências. Na verdade, é impressionante a associação que os estudantes das duas áreas fazem entre a arte e a espontaneidade, a originalidade e o prazer; e entre a ciência e restrição à liberdade.

Comparando as respostas dadas nos dois trabalhos, verifica-se que apenas os cientistas de alto nivel, em suas respostas sobre ciências, acrescentaram aos fatores objetivos/racionais, os componentes cósmicos e intuitivos, associando sua atividade ao universo e ao subjetivo, à criação, à liberdade e ao prazer. Os cientistas em estágio de menor desenvolvimento responderam de forma análoga aos estudantes.

Cabe conjecturar se grandes artistas não acrescentariam, em suas respostas sobre arte, os fatores cósmicos e racionais/objetivos. Estes últimos estariam, na arte, relacionados ao desenvolvimento de técnicas e à disciplina necessários à expressão artística. O domínio artesanal é indispensável a todo artista estabelecido e a visão cósmica parece estar presente na obra de grandes criadores.

Conclusão

No panorama cultural contemporâneo, para a maioria das pessoas, inclusive estudantes de Ciências e Artes e cientistas em inicio de carreira, a ciência perdeu sua conotação revolucionária, de descobridora do papel do homem no universo. Mais conhecida e valorizada através de seus sucessos tecnológicos, ela é vista como materialista e apartada dos valores subjetivos importantes; encarada como uma atividade fria, eminentemente racional, metodológica, voltada para a solução de problemas concretos, e quase sem espaço para a intuição e a criatividade. Através dos fantasmas de uma catástrofe nuclear ou ecológica, ela é mesmo vista como perigosa. Já a arte é apontada como o campo da intuição, da subjetividade e da liberdade criadora. Este padrão de respostas não parece depender de circunstâncias locais, sendo comum ao Brasil e aos Estados Unidos.

Entretanto, cientistas de alto nível, no Brasil e na comunidade internacional, não separam sua atividade da liberdade criadora, da intuição e de fatores cósmicos que eles aproximam, mais ou menos explicitamente, de Deus; não a separam, enfim, de sua personalidade total e de um contacto envolvente e comprometido com a natureza e o universo.

Os estereótipos observados nestes trabalhos podem estar conduzindo

os jovens de maior talento e espírito criativo para carreiras artísticas em detrimento de carreiras científicas, com enorme prejuízo para as últimas. Cientistas e professores de Ciências devem estar atentos para estes fatos, procurando mostrar aos estudantes, de forma viva, os aspectos criativos da ciência e seu papel na busca de uma compreensão do universo. Afinal, na visão de uma poetisa tão sensível quanto Emily Dickinson (1984), a procura da verdade e da beleza estariam mais próximas do que os nossos estudantes poderiam supor:

"I died for Beauty — but was scarce
Adjusted in the Tomb
When One, who died for Truth, was lain
In an adjoining Room —

He questioned softly "Why I failed"?
"For Beauty", I replied —
"And I — For Truth — Themself are One —
We Brethren, are", He said —

And so, as Kinsmen, met at night —
We talked between the Rooms —
Until the Moss has reached our lips —
And covered up — our names —"**

"Morri pela Beleza, mas na tumba/Mal me tinha acomodado/Quando outro, que morreu pela Verdade./ Puseram na tumba ao lado.//Baixinho perguntou por que eu morrera/Repliquei. "Pela Beleza" — /"E eu, pela Verdade" — ambas a mesma — /E nós, irmãos com certeza.//Como parentes que pernoitam juntos,/De um quarto a outro conversamos — /Até que o musgo alcançou nossos lábios/E encobriu nossos nomes. (Tradução de Aila de Oliveira Gomes)

Referências Bibliográficas

DICKINSON, Emily. *Uma centena de poemas.* Trad. por Aíla O. Gomes. São Paulo: EDUSP: T.A. Queiroz, 1984.

EUA. National Science Foundation. National Pattems of Science and Technology Resources: 1987. *Survey of Science Resources Series National Science Foundation.* [S.l.], 1987. (NSF 88-305)

MARTIN, B.R. et al. *Nature,* n.330, p.123, 1987.

MEIS, L, LONGO, P.H. *Biochemistry Education,* v.18, n.4, p.182-188, 1990.

MEIS, L. et al. *Biochemistry Education,* v.17, p. 127-132, 1989.

MEIS, L. et al. *Biochemistry Education,* v.21, 1993.

PECCEI, Aurelio. 100 *pages pour l'avenir.* reflexion du Club de Rome. Paris: Ed. Econômica, 1981.

O CONCEITO DE CÉLULA VIVA ENTRE OS ALUNOS DE SEGUNDO GRAU

Fernando Bastos*

Introdução

Estudos recentes têm sugerido que as idéias dos alunos acerca de tópicos científicos freqüentemente divergem do saber acadêmico, correspondendo a "concepções errôneas" *(misconceptions)* ou idéias alternativas que podem ser pouco ou nada influenciadas pelo ensino escolar (Deadman e Kelly, 1978; Kargbo et al., 1980; Longden, 1982; Simpson e Arnold, 1982; Brumby, 1984; Dreyfus e Jungwirth, 1988; Ochiai, 1989; Lawson e Wornop, 1992).

Paralelamente, pesquisadores em educação têm ressaltado que a utilização da história da ciência no ensino é meio eficaz ou mesmo fator imprescindível da melhoria do ensino de Ciências (Satiel e Viennot, 1985; Gagliardi, 1988; Terhart, 1988; Matthews, 1990; Johnson e Stewart, 1990; Bybee et al., 1991).

Embora, de um modo geral, muito se enfatize o papel da história da ciência na formação para a cidadania e na alfabetização cientifica e cultural do individuo, há casos em que a história da ciência é recomendada especificamente como ferramenta de trabalho do educador na tarefa de elaboração de propostas de ensino que visem à superação de dificuldades relacionadas à aprendizagem de conceitos científicos básicos (Gagliardi, 1988; Matthews, 1990).

Em outras palavras, a utilização da história da ciência no ensino representaria um dos possíveis recursos do educador no sentido de auxiliar os estudantes a eliminar idéias alternativas acerca de conceitos científicos.

Professor do Departamento de Educação da Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista (UNESP).

Objetivos e Método

O presente trabalho de pesquisa teve dois objetivos básicos: a) identificar as idéias de alunos de 15-18 anos acerca da célula viva; b) elaborar, a partir das idéias dos alunos e do recurso à história da ciência, recomendações visando à melhoria do ensino secundário de Biologia.

Setenta e três alunos de 8ª série do 1 ° grau e de 3ª série do 2º grau de duas escolas do município de São Paulo foram entrevistados individualmente. As entrevistas consistiram em questões variadas acerca do metabolismo celular e das características gerais das células vivas.

Conforme recomendação de diversos autores (Deadman e Kelly, 1978; Osborne e Gilbert, 1980; Dreyfus e Jungwirth, 1988; Treagust, 1988), o roteiro a ser utilizado nas entrevistas principais foi elaborado por etapas, a partir da análise de entrevistas-piloto.

O procedimento do investigador durante as entrevistas seguiu em grande parte as sugestões de Posner e Gertzog (1982).

O Conceito Rudimentar de Célula Viva na História

A análise histórica demonstra que os problemas filosóficos fundamentais da Biologia estão definidos desde a Antigüidade. Que há de especial no ser vivo que o faz dotado de propriedades tão particulares, como as capacidades de regeneração, crescimento, reprodução? Quais são os materiais construtivos elementares dos seres vivos?

Para o filósofo grego Aristóteles (384-322 A.C), a matéria do universo, estando sujeita a um contínuo movimento, passava gradualmente da condição de amorfa e homogênea à de diferenciada e heterogênea, originando sucessivamente os seres minerais, vegetais, animais e, por fim, o homem (princípio da *epigênese).* Desse modo, seres vivos e não-vivos eram formados dos mesmos elementos básicos (água, terra, are fogo), mas se diferenciavam quanto ao grau de organização de sua matéria constituinte — nos animais, por exemplo, a matéria estava organizada em níveis sucessivos de complexidade (os elementos básicos compunham tecidos; os tecidos compunham órgãos; os órgãos compunham o organismo).

A existência de um nível de organização adicional (nível das células) entre o nível dos elementos naturais e o nível dos tecidos, todavia, só pôde ser inferida bem mais tarde, após o estabelecimento de determinadas condições históricas. Uma delas foi a invenção do microscópio (século XVII), que permitiu a descoberta da célula viva por Hooke, em 1665.

Outra condição foi a retomada do debate acerca dos materiais construtivos fundamentais dos seres vivos, no séculoXVIII. Os principais protagonistas deste debate foram os filósofos da natureza alemães.

A Filosofia Natural, retomando o princípio aristotélico da epigênese, defendia a existência de uma força vital (inerente ao germe dos organismos) que causava e dirigia o desenvolvimento embrionário, o qual se caracterizava pela diferenciação progressiva da substância orgânica "homogênea" Tal substância, quer no estado "indiferenciado" ou "diferenciado", acabou conquistando o *status* de substância "fundamental da vida".

Outro importante problema enfocado pela Filosofia Natural foi o do caráter contínuo ou descontínuo da substância fundamental "vivente". Como uma mesma matéria-prima comum poderia constituir organismos estruturalmente tão diversos? Não seria altamente provável que os organismos macroscópicos estivessem formados de minúsculas "vesículas" de substância fundamental, as quais se combinariam para originar estruturas de formas variadas?

O debate das questões focalizadas pelos filósofos da natureza e o acúmulo de evidências favoráveis à natureza celular dos tecidos de animais e plantas conduziram à formulação de um conceito rudimentar de célula viva expresso primeiramente (1839) através da teoria celular de Schleiden e Schwann: a) o desenvolvimento embriológico é um processo de epigênese cuja caracteristica mais marcante é a formação epigenética de células; b) plantas e animais são compostos de células e seus produtos; c) o organismo é uma mera soma de células dotadas de vida própria e autônoma.

A teoria celular foi objeto de grande controvérsia. Embora a generalização de que plantas e animais são compostos de células tenha sido relativamente bem aceita, não houve consenso possível a respeito da idéia de célula autônoma. Poderia a vida do organismo ser dividida em partes? Para os filósofos da natureza, o organismo estava atuado por uma força vital que lhe conferia uma unidade incompatível com a hipótese da célula autônoma. Os fisiologistas, por sua vez, procuravam demonstrar que as partes do organismo são interdependentes e que a autonomia celular, desse modo, é extremamente limitada ou mesmo nula.

O debate acerca da autonomia celular esteve também muito relacionado à disputa que envolveu reducionistas e não-reducionistas. Com base na idéia de que as propriedades do organismo macroscópico eram resultado de atividades autonomamente desempenhadas pelas células individuais, os reducionistas afirmavam que o estudo das células representava o único caminho viável para a elucidação do fenômeno da vida, em contraposição à opinião mais equilibrada dos não-reducionistas, que ressaltavam a existência de macroprocessos fisiológicos aos quais a atividade celular estava subordinada.

A partir de 1858, porém, quando ficou definitivamente estabelecido, após os trabalhos de Virchow, que as células originavam-se apenas de células anteriores, a tese da unidade da vida no organismo e as idéias não-reducionistas tenderam a enfraquecer-se. Se as células novas originam-se sempre de células anteriores, então são as próprias células que determinam a formação dos tecidos e o desenvolvimento do organismo, podendo-se dizer que as células são realmente autônomas e que o estudo da célula é o único caminho promissor para a Biologia.

Assim, entre 1870 e 1880, extensos segmentos da comunidade científica estavam comprometidos com a idéia de que os organismos multicelulares são uma mera soma de células dotadas de vida própria e autônoma.

Embora tenha representado uma visão repleta de exageros e distorções, o reducionismo do século XIX foi elemento extremamente importante do desenvolvimento da Biologia, pois alertou os naturalistas para o fato de que as propriedades macroscópicas dos organismos estavam relacionadas a uma realidade microscópica que necessitava ser estudada.

Idéias dos Alunos Secundários Acerca da Célula Viva

Como o objeto *célula* não possui atributos diretamente perceptíveis, é de se esperar que: a) a aprendizagem do conceito de célula viva se dê principalmente por meio da experiência escolar, b) o ensino do conceito de célula viva apresente dificuldades típicas do ensino de conceitos abstratos e c) a probabilidade de ocorrência de um paralelo entre as idéias dos alunos e idéias registradas na história seja pequena.

Idéia Geral **de Célula Viva dos Alunos da Amostra**

A análise dos dados obtidos mediante as entrevistas permitiu a identificação de determinadas idéias cuja aceitação entre os entrevistados foi grande ou quase consensual. Tais idéias que constituíram os prováveis elementos básicos ou comuns da idéia de célula viva dos alunos da amostra são as seguintes: a célula a) é a unidade que compõe todos os seres vivos (90%; 100%)[1] ; b) necessita de alimento (80%; 100%); c) necessita de oxigênio (87%; 86%); d) necessita de energia (80%; 80%); e) origina-se de uma célula anterior (53%; 80%); f) é uma estrutura formada de membrana, citoplasma e núcleo (idéia simplista esquemática de célula: 37%; 40%); g) é algo relacionado ao ser humano (idéia antropocêntrica: 60%; 33%).

As idéias dos alunos de ambas as séries acerca do destino do alimento e do oxigênio na célula foram inexistentes ou extremamente imprecisas.

O desconhecimento acerca do papel da energia também foi grande. Foram poucos os casos em que alunos de ambas as séries referiram-se às vertentes imediatas do consumo de energia na célula, ou seja, à síntese de estruturas materiais (0%; 10%), ao movimento e à locomoção (7%; 7%) e ao transporte ativo através de membranas (0%; 0%).

Para uma parcela bastante grande dos entrevistados (50%; 37%), as unidades constituintes dos seres vivos (SV) e não vivos (SNV) são de natureza completamente diversa (por exemplo, SV são formados de células e não possuem átomos, SNV são formados de átomos e não possuem células).

A possibilidade de que os alunos da amostra tenham atingido a idéia da célula como unidade fisiológica dos seres vivos é fato discutível. Em primeiro lugar, conforme consta acima, a maior parte dos entrevistados aparentemente desconhecia os processos celulares (respiração, transporte ativo, etc.) que determinam as propriedades fisiológicas dos organismos multicelulares. Em segundo lugar, embora tenham concordado que os seres vivos são compostos de células, os alunos da amostra, em sua grande maioria (97%; 74%), não associaram diretamente célula e processos biológicos.

Com relação ao papel fisiológico da célula, portanto, as idéias dos entrevistados são aparentemente menos desenvolvidas que as dos naturalistas do século XIX.

Os dados até aqui apresentados são consistentes com os de Dreyfus e Jungwirth (1988) e sugerem que o ensino do conceito de célula viva na escola secundária deixa muito a desejar.

Algumas das possíveis razões do mau desenvolvimento da idéia de célula viva entre os alunos da amostra

Ao que consta, o ensino corrente de Biologia repousa excessivamente no estudo de detalhes das estruturas e dos processos do ser vivo e acaba deixando de ressaltar adequadamente aspectos centrais do conteúdo (grandes conceitos e princípios). As atividades realizadas em sala de aula e as avaliações, além disso, exigem do aluno apenas a memorização de nomes, definições, afirmações sobre função, etc. e não a aplicação de conhecimentos em situações novas.

Dificuldades relativas à aprendizagem do conceito de célula viva podem estar relacionadas também à ocorrência de obstáculos epistemológicos que a escola não consegue remover. Conforme ressaltam Gagliardi e Giordan (1986), uma das transformações conceituais fundamentais da Biologia foi o desenvolvimento, no final do século XVIII, da idéia "de que todas as propriedades de um organismo estão determinadas pelo nivel

O primeiro número refere-se à porcentagem de entrevista — dos que adotou a idéia na 8ª série do 1º grau. O segundo número refere-se à porcentagem de entrevistados que adotou a idéia na 3ª série do 2° grau.

microscópico subjacente", pois "não se pode 'descobrir os fenômenos moleculares' sem haver previamente desenvolvido a idéia de que estes fenômenos existem e são fundamentais". A ausência de tal idéia constituiria um obstáculo epistemológico que impediria a construção "de um conceito operativo de célula", isto é, os alunos "têm a idéia da existência das células mas não pensam que seu organismo seja na realidade formado de células, continuam vendo-o somente como uma entidade macroscópica" (Gagliardi, 1988). Dados de Stavy et al. (1987), indicando que o aluno tem dificuldade em ver o ser vivo como um sistema químico, também apontam neste sentido.

Outro problema relaciona-se ao caráter abstrato do conceito de célula. A célula como objeto concreto, observável através do microscópio, aparenta constituir apenas uma unidade estrutural, o bloco construtivo dos seres vivos. A célula que transporta materiais através da membrana, transforma energia, sintetiza substâncias, etc, determinando as propriedades diretamente observáveis dos organismos, corresponde, contudo, a um conceito abstrato. A aprendizagem de tal conceito, já em si mesma dificultosa, torna-se especialmente dificultosa se o aprendiz, como é provavelmente o caso de grande parte de nossos alunos (ver, por exemplo, dados de Lawson, 1980), ainda não possuir a habilidade de raciocínio formal. A escola secundária, porém, ao que consta, não se preocupa em empregar métodos de ensino que conciliem características do conteúdo e nível de desenvolvimento intelectual dos educandos.

As idéias dos alunos e as idéias dos naturalistas do século XIX

Um fato muito saliente observado durante a pesquisa foi a grande freqüência com que os entrevistados referiram-se aos macroprocessos dos seres vivos (manutenção, crescimento, reprodução, movimento, etc). Ao que parece, tais processos causaram forte impressão nos alunos da amostra.

O provável fato de que os alunos da amostra não vêem a célula como unidade fisiológica e atribuem grande importância aos macroprocessos dos seres vivos sugere que a idéia de célula dos estudantes de ambas as séries ajusta-se mais ao conceito de unidade da vida no organismo defendido pelos filósofos naturais do que a um conceito de vida dividida em partes menores que o próprio organismo.

Recomendações para a Prática de Ensino

Com relação à melhoria do ensino do conceito de célula viva, embora os dados apresentados na seção anterior tornem possível a elaboração de sugestões de diferentes tipos, pretendo, em razão dos objetivos imediatos do presente texto, ater-me principalmente ás considerações derivadas da análise da história da ciência. Mais especificamente, proponho que determinadas questões filosóficas e científicas sejam explicitadas e discutidas em sala de aula e que se dê aos alunos oportunidade de travar contato com as evidências que sustentaram determinadas idéias registradas historicamente. Estou partindo do princípio de que os processos de construção do conhecimento no indivíduo e na ciência apresentam pontos em comum, isto é, o aluno que teve acesso aos questionamentos e ás evidências que têm direcionado os raciocínios dos cientistas reúne melhores condições de construir conhecimentos cientificamente aceitáveis.

A proposta aqui esboçada defende também que a escola tome as idéias prévias dos alunos como um importante elemento a ser considerado no processo de ensino.

Conforme se discutiu anteriormente, a especulação acerca da natureza dos elementos constituintes dos seres vivos iniciou-se ainda na Antigüidade, a partir da constatação de que a matéria dos seres vivos estava dotada de propriedades especiais. Tais propriedades, por serem bem conhecidas dos alunos (ver, por exemplo, dados de Simpson e Arnold, 1982), causando-lhes forte impressão, devem constituir o objeto fundamental de estudo pelo qual se iniciará o curso de Biologia celular.

Em seguida, poder-se-ia explicitar e discutir uma importantíssima questão considerada já desde a época da Grécia antiga, isto é, "Que há de especial no ser vivo que o faz dotado de propriedades tão particulares?", bem como introduzir as opiniões de Demócrito e Aristóteles. O aluno deve perceber que as tentativas de resposta a esta questão recorrem basicamente a dois

tipos de argumentos: a) o ser vivo possui alma, espírito ou força similar; b) a matéria componente do ser vivo apresenta características peculiares no que diz respeito às quantidades relativas e ao modo de organização dos elementos constituintes.

Mais adiante, as idéias de naturalistas dos séculos XVIII e XIX poderão ser discutidas em sala de aula, para que se explicite a lógica filosófica da idéia do ser vivo dividido em unidades menores que o organismo. A hipótese de as propriedades fundamentais dos seres vivos estarem determinadas por uma realidade não diretamente observável deve ser vigorosamente ressaltada. O reducionismo e suas implicações devem também ser analisados.

Concomitantemente, é realmente imprescindível que os alunos observem tecidos de diversas origens ao microscópio, como forma de terem acesso às evidências mais rudimentares que conduziram à teoria celular. Só então será aconselhável introduzir assuntos relativos ao metabolismo da célula.

A aquisição de uma idéia significativa de célula exige que o aluno conheça os processos celulares fundamentais (fotossíntese, respiração, transporte ativo, síntese de substâncias, movimento celular e contração muscular) e estabeleça relações entre estes processos e as propriedades diretamente observáveis do ser vivo (necessidade de consumo de alimento, capacidade de manutenção, capacidade de reprodução, etc).

Com referência especificamente aos processos de utilização da energia química na célula, é importante ressaltar que a escola secundária em geral coloca-os em segundo plano, o que constitui um contra-senso: se o aluno desconhecer as vertentes imediatas do consumo energético na célula, a fotossíntese e a respiração não lhe farão sentido, pois ser-lhe-á impossível compreender de que maneira a energia quimica produzida na fotossíntese e na respiração é utilizada em processos que resultam em reprodução, crescimento, etc. (ou de que maneira, por exemplo, a necessidade de consumo de alimento relaciona-se à capacidade de manutenção), e a idéia de célula como unidade fisiológica do ser vivo será perdida.

As equações químicas da fotossíntese e da respiração devem ser ativamente representadas pelos alunos sob as mais diversas formas, inclusive pela utilização de modelos moleculares, para que uma compreensão significativa dos símbolos seja atingida. Números arbitrários podem ser associados às fórmulas químicas dos compostos para representar quantidades de energia e melhorar a compreensão dos fenômenos envolvidos na liberação ou consumo de energia em reações químicas.

Para que o aluno não desenvolva visões parciais ou distorcidas do papel da célula no organismo, é necessário que o professor identifique e discuta processos fisiológicos para cuja realização a atividade celular isolada é insuficiente, isto é, processos que só se realizam mediante a cooperação de diferentes células. Por outro lado, o aluno deve estar ciente de que as células, embora imediatamente determinem, através de sua presença e atividade, uma vasta gama de propriedades do organismo multicelular, estão elas próprias determinadas por fatores mais globais referentes ao processo de evolução orgânica. Em outras palavras, até mesmo as características da célula que permitem a transformação das espécies devem ser consideradas como tendo se originado no processo evolutivo (grupos de organismos com maior poder de adaptação são favorecidos).

O ensino dos processos da fisiologia celular no curso de nível secundário exige presumivelmente a utilização de métodos de ensino adaptados a alunos que ainda não possuem habilidade de raciocínio formal. Uma revisão a respeito de tais métodos pode ser encontrada em Lawson (1985).

Referências Bibliográficas

BRUMBY, Margareth N. Misconceptions about the concept of natural selection by medicai biology students. *Science Education,* v.68. n.4, p.493-503, 1984.

BYBEE, R.W. et al. Integrating the history and nature of science and technology in a science and social Studies curriculum. *Science Education,* v.73, n.1, p.143-155, 1991.

DEADMAN, J.A, KELLY, P.J. What do secondary school boys understand about evolution and heredity before they are taught the topics? *Journal of Biological Education,* v.12, n.1, p.7-15, 1978.

DREYFUS, A., JUNGWIRTH, E. The cell concept of 10th graders: curricular expectations and reality. *International Journal of Science Education,* v.10, n.2, p.221-229, 1988.

GAGLIARDI, R. Como utilizar la historia de las ciencias en la ensenanza de las ciencias. *Ensenanza de las Ciencias,* v.6, n.3, p.291-296, 1988.

GAGLIARDI, R.,GIORDAN, A. La historia de las ciencias: una herramienta para la ensenanza. *Ensenanza de las Ciencias,* v.4, n.3, p.253-258, 1986.

JOHNSON, S.K., STEWART, J.Using philosophy of science in a curriculum development: an example from high school genetics. *International Journal of Science Education,* v.12, n.3, p.297-307, 1990.

KARGBO, D.B. et al. Children beliefs about inherited characteristics. *Journal of Biological Education,* v.14, p.136-146, 1980.

LAWSON, A.E. Relationships among levei of intellectual development, Cognitive Style and grades in a College biology course. *Science Education,* v.64, n.1, p.95-102, 1980.

LAWSON, A.E. A review of research on formal reasoning and science teaching. *Journal of Research in Science Teaching,* v.22, n.7, p.569-618, 1985.

LAWSON, A.E, WORSNOP, W.A. Learning about evolution and rejecting a belief in special creation: effects of reflective reasoning skill, prior knowledge, prior belief and religious commitment. Journal of Research *in Science Teaching,* v.29, n.2, p.143-166, 1992.

LONGDEN, B Genetics - are there inherent learning difficulties? *Journal of Biological Education,* v.16, n.2, p.135-140, 1982.

MASON, T F. *História da ciência:* as principais correntes do pensamento científico. Rio de Janeiro: Globo, 1964.

MATTHEWS, M.R. A role for history and philosophy of science in science teaching. *Interchange,* v.20, n.2, p.3-15, 1990.

MAYR, E. *The growth of biological thought:* diversity, evolution and iheritance. Cambridge (Mass): Belknapp Press: Harvard, 1982.

OCHIAI, M. The role of knowledge in the development of the life concept. *Human Development,* n.32, p.72-78, 1989.

OSBORNE, RJ., GILBERT, J.K. A method for investigating concept understanding in science. *Science Education,* v.64, n.3, p.311- 321, 1980.

POSNER, G.J..GERTZOG, W.A. The clinicai interview and the measurement of conceptual change. *Science Education,* v.66, n.2, p.195-209, 1982.

RADL, E. *Historia de las teorias biológicas.* Madrid: Alianza, 1988.Obra publicada originalmente no inicio do século.

SALTIEL, E., VIENNOT, L. Que aprendemos de las semejanzas entre las ideas historicas y el razonamiento espontaneo de los estudiantes? *Ensenanza de las Ciencias,* v.3, n.2, p.137-144, 1985.

SIMPSON, M., ARNOLD, B. Availability of prerequisite concepts for learning biology at certificate level. *Journal of Biological Education,* v.16, n.1, p.65-72, 1982.

STAVY, R et al. How students aged 13-15 understand photosynthesis. *International Journal of Science Education, v.*9, n.1, p.105-115,1987.

TERHART, E. Philosophy of science and school science teaching. *International Journal of Science Education,* v.10, n.1, p.11-16, 1988

TREAGUST, DF. Development and use of diagnostic tests to evaluate students misconceptions in science. *International Journal of Science Education,* v.10, n.2, p.159-169, 1988.

UMA EXPERIÊNCIA DE ENSINO PARA A CIDADANIA

Silvia Trivelato*

Os objetivos do ensino das Ciências têm-se alterado com o passar dos anos e, acompanhando essa tranformação, pode-se perceber quanto ela está vinculada a condições conjunturais amplas e complexas (Krasilchik, 1991). O atual período está sob o signo da cidadania. Esse termo parece hoje recuperar seu significado mais genuíno, ou seja, o exercicio de direitos e deveres de cada um voltados à soberania popular.

Algumas das transformações que vêm sendo realizadas ou propostas para o ensino das Ciências buscam, entre outras preocupações, contemplar o objetivo de preparar o estudante para o exercício pleno da cidadania.

As diferentes concepções do que é cidadania, de que consiste a preparação para o seu exercicio e de como o ensino das Ciências pode contribuir para essa preparação deverão gerar, certamente, propostas e iniciativas muito diversas. Essa diversidade possibilitará talvez o enriquecimento da discussão sobre o tema.

Acreditamos que uma maneira possível de fazer o ensino de Ciências colaborar na preparação para a cidadania é aproximar a ciência, enquanto produção de um grupo social, do estudante. O conhecimento científico, mesmo ao final do período de escolarização, é visto pelo aluno como algo distanciado dos problemas e questões da atualidade, como algo fora de seu alcance—senão para compreensão, para usufruto, para interferência, para participação. Perceber a produção científica ao alcance de sua interpretação e questionamento é fator indispensável para que o jovem (o cidadão) se sinta em condição de decidir sobre sua utilização ou não, tanto no plano individual como na perspectiva de sua comunidade.

"Professora da Faculdade de Educação da USP.

A mistificação da ciência como uma entidade inatingível e inquestionável diminuiria se, através do ensino de 1º e 2º graus, pudéssemos contribuir para ampliar a compreensão da natureza, para a aquisição de habilidades de estudo e investigação, para o engajamento à produção de conhecimento científico e tecnológico e, especialmente, para a compreensão das implicações sociais da ciência.

São vários os assuntos que permitiram trabalhar esses diferentes objetivos. Vemos os alunos e a população de modo geral, expostos a um imenso conjunto de informações científicas e recursos tecnológicos para cuja compreensão o ensino na escola pouco tem contribuído. A análise das conseqüências sociais e culturais do desenvolvimento científico e tecnológico deve ser parte integrante dos currículos das disciplinas científicas.

Mas a simples inclusão de um tópico em um projeto curricular não é suficiente para que se alcancem os objetivos pretendidos. É fundamental que os professores, ou seja, aqueles que trabalham diretamente com os alunos, estejam efetivamente envolvidos com a idéia de buscar o desenvolvimento da cidadania através, também, do ensino de Ciências.

Ainda mais do que a maioria das inovações curriculares, o engajamento do professor é, neste caso, imprescindível. Tratar das relações entre ciência, tecnologia e sociedade no sentido de melhorar a formação de cidadão de seu estudante significa traduzir essa preocupação em cada uma das atitudes tomadas no desenvolvimento do curso. Significa ter sensibilidade e discernimento para selecionar temas e atividades que atendam aos interesses dos alunos e à complexidade de objetivos.

Assim nos parece ainda mais crítica a questão das ações que visam ao aperfeiçoamento e atualização dos docentes no que se refere à abordagem de tópicos que relacionam ciência, tecnologia e sociedade. Os cursos de aperfeiçoamento têm reconhecida sua necessidade e, ao mesmo tempo, admitidas suas limitações quanto a resultados efetivamente alcançados.

O projeto aqui relatado parte do pressuposto de que as mudanças requerem um esforço contínuo e que iniciativas de aperfeiçoamento tendem a ser

mais bem sucedidas quando adotam uma modalidade que poderíamos chamar de analítico-participativa. Isto é, atividades em que há um empenho coletivo de produção, em que tópicos controvertidos são discutidos, em que se espera do participante não apenas o acompanhamento do que está sendo proposto, mas também a análise e a co-participação na elaboração das atividades.

O projeto realizado junto à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo contava com uma equipe constituída por três docentes da casa e quatro professores de primeiro e segundo graus que trabalhariam como estagiários. Essa equipe se dedicou, de início, à seleção de temas e à elaboração de esboço de atividades que propiciassem a discussão entre ciência, tecnologia e sociedade.

Durante a preparação das atividades esteve sempre presente a preocupação também com o aspecto metodológico. A forma de encaminhar o trabalho didático está diretamente vinculada ao que se pretende que o aluno realize e, no caso de temas que relacionam ciência, tecnologia e sociedade, não pode negligenciar a análise de situações complexas, a discriminação de diferentes pontos de vista, a existência de problemas éticos e morais, o envolvimento de valores e os demais fatores que podem estar ligados à tomada de decisões.

Assim, o conjunto inclui discussões orientadas, modelos, simulações, representações, entrevistas e levantamentos de opiniões, etc.

Em seguida há uma breve descrição das atividades que foram apresentadas a um grupo de professores para análise e reformulação.

Genética Humana

Esse tema foi escolhido por permitir, mesmo como parte de um tópico curricular muito freqüente nos cursos de Biologia de *2°* grau, a abordagem de questões que estão presentes nos meios de comunicação e que envolvem, além das informações de natureza cientifica e tecnológica, aspectos éticos e morais. A atividade possibilita ainda a divulgação e esclarecimentos dos recursos disponíveis para evitar ou minimizar os efeitos de malformações genéticas, contribuindo assim para formar estudantes capazes de fazer opções e tomar decisões no plano individual e coletivo.

Os alunos são convidados a simular parte dos procedimentos adotados por um serviço de aconselhamento genético. Recebem para análise uma imagem de fotomicrografia, do material cromossômico de uma célula metafásica, proveniente de um individuo encaminhado a um Centro de Genética. Orientados pelo professor e pelo material constante da atividade, os alunos procedem à análise chegando ao cariótipo do individuo propósito. Nessa primeira fase espera-se que os alunos encontrem melhores oportunidades de compreender a origem e natureza das aberrações cromossômicas e os mecanismos envolvidos no processo de preparação e análise do material cromossômico.

Numa segunda etapa, tendo concluído o cariótipo do propósito, os alunos procedem como se estivessem atendendo famílias que buscam informações e orientações — qual o prognóstico da pessoa afetada por anomalia cromossômica; quais as chances dessa anomalia se repetir em outros filhos do casal; que testes existem, etc. Assim, pretende-se que os alunos simulem situações que os levem a compreender as possibilidades e limitações dos serviços de aconselhamento genético e, que discutam argumentos que os preparem para tomada de decisões.

Aditivos Alimentares - Riscos x Necessidades

Os alunos discriminam os diferentes aditivos alimentares introduzidos durante os processos de industrialização, conservação ou produção de alimentos. Em seguida identificam a inocuidade ou toxidade, dose máxima aceitável, imprescindibilidade, etc. Essas informações devem fundamentar uma discussão em que se esclareçam: as funções e importância dos aditivos alimentares na sociedade moderna; a necessidade de sua utilização e também do estabelecimento de legislação e fiscalização eficazes; o papel da população frente ao problema; as alternativas dos consumidores e a necessidade de novas pesquisas na área.

Biotecnologia: uma Representação

A expressão biotecnologia e algumas de suas subáreas têm ocupado noticiários, textos de divulgação científica e mesmo obras de ficção. A forma como cada aluno interpreta a abrangência dessa área de conhecimento é muito particular e algumas vezes complexa. Por se tratar de um termo de difícil compreensão e envolver muitos aspectos a utilização de uma representação (oral, escrita, gráfica, plástica, dramática, etc.) torna-se bastante indicada, por propiciar um clima descontraído e criativo, onde as idéias podem ser expressas livremente.

Destinos do Lixo

Nessa atividade os alunos revelam e discutem o destino que é dado a cada um dos subprodutos das atividades que realizam, e das que observam ou supõem serem realizadas em uma cidade. Para cada um dos itens, comparam o procedimento adotado rotineiramente e aquele que traria melhores resultados em termos de saúde ambiental. Analisam também a questão do reaproveitamento de materiais já utilizados visando ao emprego racional dos recursos naturais renováveis e não- renováveis.

Discutem ainda que ações podem ser implementadas nos âmbitos individual, da administração pública ou empresarial, para minimizar os efeitos negativos da elevada produção de lixo.

Pesquisa de Opinião: Uso de Agrotóxicos

A seleção de um tópico que envolve necessariamente a contraposição de benefícios e prejuízos para os diferentes segmentos envolvidos constituem-se numa boa oportunidade de discutir as relações ciência/tecnologia/sociedade, além de evidenciar a existência de valores e interesses subjacentes às decisões que são tomadas. O uso de agrotóxicos nos processos de produção de alimentos é uma questão polêmica, colocando em pauta o conflito entre os interesses de aumentar a produção de alimentos e os possíveis riscos de contaminá-los ameaçando a saúde dos consumidores.

A realização de uma pesquisa de opinião pelos alunos exemplifica diferentes pontos de vista propiciando a reflexão sobre os argumentos que sustentam cada uma das opiniões encontradas.

O Papel dos Seres Vivos na Produção e Deterioração de Alimentos

Um grupo de três atividades procura exemplificar, através de exercidos práticos, a participação de seres vivos, especialmente microorganismos, nos processos caseiros e industriais de produção de alimentos. Observa-se e discute-se também o papel de seres vivos na deterioração de alimentos, analisando-se práticas utilizadas para minimizar sua ação decompositora.

Um dos objetivos dessas atividades é atenuar a imagem de vilão atribuída aos microorganismos, recuperando o seu importante papel, ainda que como decompositores.

Esse conjunto foi apresentado aos professores durante um curso de trinta horas de duração. Nessa ocasião o material foi recebido com grande entusiasmo que, infelizmente, não foi suficientemente duradouro para promover a adoção das atividades propostas. Entretanto, é preciso mencionar que boa parte das características que julgamos essenciais para a diferenciação do "modelo" de curso de aperfeiçoamento, não foram satisfatoriamente atendidas devido aos limites impostos pelas condições conjunturais enfrentadas.

Isso nos impõe uma reavaliação de nossas hipóteses iniciais mas nos impede também de descartá-las apressadamente. Pudemos observar que o grupo que trabalhou na qualidade de estagiário manteve, na verdade, um envolvimento muito mais próximo daquele que julgamos conveniente. Participaram da elaboração das atividades, sugeriram alterações, estudaram assuntos relacionados, adequaram as atividades às peculiaridades de

sua clientela, enfim, adotaram uma postura analitico-participativa como aquela que procuramos destacar no início deste relato.

Os efeitos dessa participação puderam ser notados ainda durante a realização do projeto, já que os estagiários não se desvincularam de suas atividades docentes. As observações que pudemos realizar de seu desempenho e das reações dos alunos nos animam a continuar investindo naqueles pressupostos anteriormente assinalados — atividades que discutem as relações ciência/tecnologia/sociedade podem contribuir para a formação de cidadãos e cursos de aperfeiçoamento com concepções analítico-participativas podem ser mais efetivos nos processos de mudança.

Referência Bibliográfica

Krasilchik, Myriam. Pesquisa e ensino de Biologia, In: ENCONTRO PERSPECTIVAS DO ENSINO DE BIOLOGIA, 4, São Paulo. [Anais]. São Paulo: USP, Faculdade de Educação, 1991

DOIS EXEMPLOS DO USO DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO CURSO DE FÍSICADESEGUNDOGRAU:ANÁLISEEREFLEXÕES

Ruth Schmitz de Castro*

Introdução

Antes de falarmos de nossa experiência relativa ao uso da história da ciência no ensino de Ciências, começaremos por fazer referência a uma história contada por Gregory Bateson, na introdução de seu *Mind and Nature: a Necessary Unity* e que serve bem como introdução aos caminhos pelos quais vamos excursionar. Ele conta que foi perguntado, certa vez, a um computador como ele pensava. Após algum tempo de análise e trabalho, a máquina imprimiu alguma coisa do tipo: "Isso me lembra uma história". A lembrança de uma história traduz conexões, interligações. E é assim que pensam as pessoas. E foi assim, também, que elas fizeram pensar o computador.

Quando começamos a investigar o papel da história da ciência no ensino da ciência a palavra história não se nos mostrava em seu sentido amplo. Porém, na medida em que buscamos mais e mais, através da história factual, tanto externalista e, portanto, preocupada com a contextualização das descobertas, quanto internalista e, assim, encadeando as descobertas de forma lógica e teórica, numa sucessão interminável de conexões, fomos redimensionando a palavra, fazendo-a, assim, em nossa busca, abarcar também o sentido de story e não apenas de history.

Como e Porque Utilizara História e a Filosofia da Ciência no Ensino das Ciências

Nossas bases teóricas nos levavam a investigar formas de auxiliar a transformação da aprendizagem das ciências no exercício de construção de um conhecer cientificamente. E cada vez mais fomos percebendo que é próprio do homem antes de conhecer através da ciência, construir historicamente o que conhece.

Já sabíamos, então, que há várias histórias da ciência e que cada uma delas é uma reconstrução, uma leitura indissociável do sujeito (ou dos sujeitos) que a elabora. Portanto, em todas as suas formas possíveis, poder-se-ia identificar um objetivo, um paradigma, uma intenção.

Mas, ao mesmo tempo, todas estas formas possíveis de se expor a ciência através de sua história tem em comum o fato de narrar, ainda que analiticamente, algo que foi feito por alguém com algum objetivo. Isto aproxima o conhecimento científico da forma, por assim dizer, natural do pensar humano: fazer associações, conexões e ligações que definem um caminho. Por isso, não nos pareceu necessário optar por esta ou aquela história. Nem sequer descartar qualquer tipo de suas abordagens possíveis. O que nos pareceu mais importante era investigar como, ao trazer o conhecimento científico para mais perto cognitivamente do pensamento comum, poderíamos estar contribuindo para a construção dessa forma tão peculiar, e até certo ponto, sofisticada de pensar.

Tal pergunta, que se apresentou, a princípio, como uma contradição, foi respondida de forma muito simples. Não se pode construir o que não se reconhece como objeto de construção. Com efeito, sendo o conhecimento científico diferente do conhecimento comum, em seus métodos e caminhos, como não fazer da aproximação deles, uma forma de indiferenciá-los, ou seja, como, ao buscarmos na história uma aproximação entre duas formas diversas de se portar frente ao objeto de conhecimento, não condenar a forma mais elaborada — o pensamento científico — a uma simplificação, a uma abordagem superficial e, por isso, falsamente científica? Mas foi a própria natureza da ciência que nos levou a responder tal aparente contradição. A busca de aproximações faz parte do seu método e, a abordagem histórica nos permite constatar que o saber científico não é meramente transmitido, revelado ou adquirido passivamente pela observação. Ele é construído a partir do que já se sabe, num processo de ir e vir constante e incansável, num exercício de aproximação e de distanciamento que engendra, gradativamente, uma visão de mundo que se modifica a cada dia, num processo de dialetização

*Mestranda em ensino de Física pela Faculdade de Educação e pelo Instituto de Fisica da Universidade de São Paulo

permanente. É preciso, pois, reconhecer este saber como construção possível e é nisso que o conhecimento da história pode contribuir.

Nenhum conhecimento é evidente e nem surge instantaneamente, mas se apresenta como algo a ser elaborado, construído, "que responde a uma necessidade e a problemas que nos colocamos, sendo fruto de um processo de abstração e formalização que se estabelece, na maioria das ocasiões, em ruptura com a evidência" (Giordan e De Vecchi, 1988).

Além disto, a abordagem histórica dos conteúdos da ciência abre em nossos cursos um espaço para a reflexão e a discussão sobre a ciência. O enfoque histórico permite reconhecer a ciência como atividade humana que implica em construção, com componentes sociais, políticos e econômicos. Cria oportunidades de se refletir sobre o processo de criação além de nos ajudar a ver que as teorias cientificas são pontos de vista enfocados por uma metodologia própria e rigorosa, mas não constituem soluções ou verdades absolutas. Ajuda-nos, também, a entender a relação dinâmica entre ciência e tecnologia e como os avanços de uma levam à evolução da outra.

O uso da História e da Filosofia da Ciência auxilia tanto na construção de conceitos quanto na construção de uma metodologia que é própria do conhecimento científico, pois resgatam a ciência enquanto objeto de construção, como já dissemos de diversas maneiras.

Resgata, também, para este processo (exatamente por resgatá-la enquanto processo) o sujeito, os vários sujeitos, o caráter coletivo da construção científica e, desta forma, resgata a possibilidade de se estabelecer causalidade. A noção de causalidade, importantíssima na construção do pensamento científico, traz em si a noção do processo histórico e, portanto, do tempo, fechando (ou abrindo?) uma relação cíclica, imbuída da dialogicidade própria às construções que atingem a dialetização, a síntese e um nivel de elaboração que ultrapassa o objeto, ou seja que é resultado da relação sujeito-objeto.

Estes sucessivos resgates são a pedra de toque da mudança metodológica necessária para a ruptura com o conhecimento comum: o conhecimento cientifico é, pois, identificado como passível de se construir e é preciso construir também o seu método de construção, inserir-se no seu processo de produção. Do refinamento metodológico, da estruturação de uma forma diferente e acurada de se portar frente a fenômenos e fatos, chegar-se-á à possibilidade de uma estruturação conceituai que passa pela sofisticação dos mecanismos de explicar.

Pudemos testar nossas hipóteses ao analisarmos as aulas de um curso de Física de segundo grau no qual se usava, explícita e implicitamente, a história para auxiliar na construção de conceitos relativos ao estudo do calor e da temperatura.

Apresentaremos a seguir parte de nossa experiência.

As Atividades

As atividades que utilizam a história num curso de Ciências podem ser de *dois tipos,* no que se refere à idealização: um primeiro tipo, a que chamamos de atividade *construída racionalmente* e um segundo tipo chamado por nós de atividade *dialógica.*

As atividades do primeiro tipo foram criadas a partir de nossa prática docente e dos dados obtidos no levantamento histórico. Ao tomarmos conhecimento de forma detalhada do processo de construção de certos conceitos, nós que dominávamos instrumentalmente e conceitualmente os conteúdos, elegeríamos momentos nos quais a abordagem histórica nos parecesse esclarecedora.

As atividades chamadas dialógicas traduziriam a necessidade de estabelecer um diálogo (e não um paralelo) entre o processo de construção da ciência pelos cientistas e o processo de construção empreendido pelos alunos. A partir de dúvidas, questões ou mesmo concepções detectadas em sala de aula, voltaríamos à história a fim de, por meio dela, identificar como os obstáculos foram transpostos, como as barreiras foram removidas, ou, apenas, como os homens da ciência lidaram com

as mesmas preocupações que os alunos, vez por outra, parecem manifestar (Resmoduc, 1987; Lacombe, 1987).

Primeiro exemplo

A primeira atividade que apresentaremos (tipo dialógica) surgiu da análise de uma aula, gravada em vídeo, na qual os alunos discutiam fatos ligados ao estudo dos fenômenos térmicos, em particular a existência de um patamar fixo de temperatura durante o processo de ebulição. Uma aluna, relutante em aceitar tal fato, sugeriu que se fizesse a verificação experimental, o que nos remeteu a um trecho de um texto de D.G. Fahrenheit no qual ele relata sua surpresa e desejo de constatar este fato, quando dele tomou conhecimento (Castro e Carvalho, 1991).

Tal texto pareceu-nos muito rico tanto pela similaridade das atitudes cientista/aluno, quanto como subsidio de uma discussão que trouxesse à tona aspectos inerentes à estrutura da atividade científica: a troca de informações entre pesquisadores, a necessidade de testar dados, a invariância dos resultados no tempo e no espaço como critério de verificabilidade, o avanço da técnica em função de questões da ciência e vice-versa. Discorrer sobre a ciência, através do diálogo estabelecido entre a expectativa do aluno e a declaração do cientista, parecia-nos oportuno e frutífero, na medida em que aproximava as leituras de mundo feita por eles.

Daniel Gabriel Fahrenheit (1686-1736), célebre fabricante de instrumentos meteorológicos fez com seus termômetros uma série de experimentos, dentre os quais um que verificava a existência de um patamar de temperatura no ponto de ebulição da água, conforme podemos constatar neste pequeno trecho escrito por ele próprio.

Há quase dez anos li numa edição de História da Ciência da Real Academia de Paris que o célebre Amontons, usando um termômetro que ele mesmo inventara, tinha descoberto que a água ferve a um grau fixo de calor. Eu já estivera estimulado, com um desejo enorme de fazer para mim um termômetro do mesmo tipo, de forma que eu pudesse com meus próprios olhos, perceber este belo fenômeno da natureza e ser convencido da verdade do experimento.

Então tentei construir um termômetro, mas devido a minha falta de experiência na construção meus esforços foram em vão (...) eu adiei adicionais repetições de minhas tentativas para um periodo mais conveniente. Embora me faltassem possibilidades e tempo, meu entusiasmo não diminuiu e eu ainda estava desejoso de ver o resultado do experimento. Então veio a minha mente o que este cuidadoso observador dos fenômenos naturais tinha escrito sobre a correção do barômetro; ele tinha observado que a altura da coluna de mercúrio no barômetro era um pouco alterada (porém o bastante para ser notado) pela variação da temperatura do mercúrio. A partir disto eu inferi que um termômetro talvez pudesse ser construído com mercúrio, o que não seria muito difícil de construir, usando-o, podia ser possível levar a cabo o experimento que eu desejava enórmemente realizar.

(Quando um termômetro deste tipo foi feito (talvez imperfeito de várias maneiras) o resultado respondeu minhas expectativas e com grande prazer intelectual eu observei a verdade do fato. (Magie, 1935)

Fahrenheit testou também outros líquidos e observou que os mesmos também possuíam pontos de ebulição fixos sob condições normais ou, segundo suas próprias palavras, "ferviam a outros graus fixos de calor".

Apesar de o texto não conter muitas informações que pudessem subsidiar o aprimoramento de conceitos e explicações, serviu de motivo para uma discussão sobre as características da atividade cientifica, além de propiciar o momento de explicitação de dúvidas, antes não colocadas. É interessante como os alunos se sentem mais à vontade em colocar suas dúvidas, após o conhecimento de pelo menos uma parte do processo de construção do conhecimento em estudo. O contato, ainda que pequeno, com informações acerca do processo fez com **que** os alunos explicitassem suas dúvidas. Após a leitura deste texto, um aluno interrompe a discussão e revela não entender como funciona um termômetro e faz isso duas aulas após ter usado um em atividades de laboratório. Na verdade, ele revela algo mais importante: revela-se, neste momento, inserido na construção, na busca de respostas a perguntas que antes não lhe diziam respeito. A informação histórica é, pois, geradora de mecanismos desinibidores que propiciam o evidenciamento de lacunas exatamente por encaminhar o raciocínio de uma maneira mais próxima da forma de pensar do aluno, de seu agir cotidiano, levando em conta causas, motivos e conexões.

Segundo exemplo

Esta atividade foi feita a partir (Castro e Carvalho, 1991) de um trecho de uma conferência proferida pelo médico e quimico Joseph Black, que, **por** volta de 1760, sugeriu a necessidade de se diferenciar calor de temperatura. Nesta conferência ele discute várias situações de misturas e vai construindo a diferenciação desses dois conceitos, apesar de, por vezes, ainda confundi-los.

O roteiro é apresentado na forma de questões geradoras ou problemas abertos os quais, sendo apresentados pelo professor, passam a ser discutidos pela **turma até que** se chegue à solução. A orientação histórica, aliada à dinâmica de discussão, pareceu-nos uma boa maneira de dar continuidade ao processo continuo de perseguição e construção do objeto de conhecimento.

Roteiro de Aula:

Nosso roteiro traz sugestões de falas e exemplos mas não tem a intenção de que estes sejam reproduzidos literalmente durante a aula. Optamos por apresentá-los também para que esta sugestão não se caracterizasse por uma esquematização indecifrável não transmitindo assim nossa real intenção.

Como vimos anteriormente a invenção do termômetro e a técnica de melhoria destes aparelhos muito contribuiu para um aprofundamento nas discussões acerca dos fenômenos térmicos. Continuaremos em nosso curso a buscar também este aprofundamento. Retomaremos a discussão de dois conceitos nos quais já falamos: calor e temperatura.

• Eles representam a mesma coisa?
(Chamar atenção para os objetos ao redor, e questionar a respeito do equilíbrio térmico).

• Se utilizarmos um bom termômetro para verificar a temperatura destes corpos, o que constataríamos?

• Podemos dizer que eles têm o mesmo calor, ou que eles têm "calores iguais"?

• (Lembrar então que quando dizemos que corpos estão em equilíbrio térmico isto significa dizer que eles estão a uma mesma temperatura).

• Se cada um de nós escolhermos um objeto e o segurarmos entre as mãos durante algum tempo, o que ocorrerá? Podemos garantir que depois de algum tempo todos os objetos estarão à temperatura de nosso corpo?

Estes corpos levaram o mesmo tempo para atingir esta temperatura ou cada um gastou um tempo próprio para isto?

Propor o problema aberto:

Quando aquecemos dois líquidos diferentes, ambos a mesma temperatura inicial de 20°, qual deles chega primeiro à temperatura de 50°C?

O que é preciso saber sobre estes líquidos para responder a esta questão?

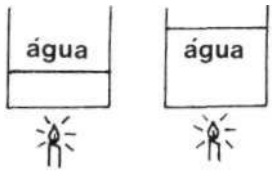
E se os líquidos forem os mesmos, o que é que determina a rapidez do aquecimento?

Observe esta situação:

O segundo recipiente tem o dobro da quantidade de água do primeiro. Inicialmente ambos estão à temperatura ambiente. Em seguida são colocados sobre chamas idênticas até atingirem a temperatura de 50°C.

Podemos afirmar que a água do primeiro recipiente vai demorar menos para atingir esta temperatura?

O que esta diferença de tempo necessário para sofrer uma mesma variação de temperatura significa?



chamas idênticas

E se mudarmos o problema e ao invés de fixarmos a temperatura a ser alcançada, fixássemos o tempo de exposição à chama? Ou seja, se consideramos que as chamas são idênticas e que os vidros são mantidos sobre elas durante um mesmo intervalo de tempo, você espera que as águas vão atingir a mesma temperatura final?

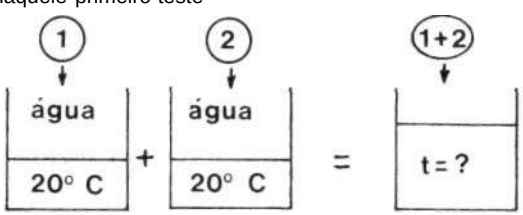
Ao fixarmos o tempo de exposição às chamas e garantindo que estas são iguais não estaríamos garantindo a igualdade de uma outra coisa? Do quê?

Sistematizando: Na primeira situação as quantidades de água recebem diferentes quantidades de calor da chama pois permanecem expostas a ela por tempos diferentes, mas atingem a uma *mesma temperatura.* Na segunda situação as quantidades de água recebem a *mesma quantidade de calor,* atingindo temperaturas diferentes, como vimos. Além disso percebemos que a rapidez de aquecimento depende da quantidade de matéria (da massa) do material a ser aquecido.

E se os líquidos forem diferentes?

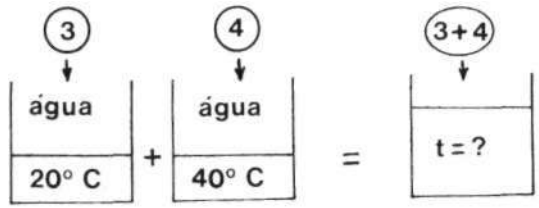
Vamos analisar agora situações de mistura de líquidos do tipo daquelas que fizemos naquele primeiro teste

D



(Discutir até concluir: igualdade de temperatura entre os dois líquidos, então não há troca de calor).

2)

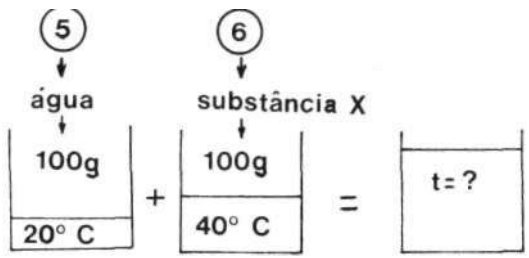


O que ocorre ao misturarmos o líquido dos dois recipientes, em conseqüência da diferença de temperatura? De quantos graus a temperatura da água mais fria é aumentada? E de quantos graus a temperatura da água mais quente é diminuida?

Esta variação na temperatura das águas quente e fria seria a mesma se a quantidade de água não fosse a mesma nos recipientes?

(Explicitar que o calor cedido é igual ao calor absorvido).

3) E se fizermos:



Se o calor absorvido pela água é igual ao calor cedido pela substância X, você acha correto esperar que ambos, água e substância X sofrerão a mesma variação de temperatura? Por quê?

Como sabemos que Q_c e Q_R são iguais, que as massas também são iguais e que as variações de temperatura são diferentes, é natural que esperemos que algum fator ligado ao material contrabalance esta diferença. Este fator está ligado ao material, é característica dele e o chamamos calor específico.

O roteiro apresentado foi usado com toda liberdade pelo professor durante a aula. O importante não era seguir literalmente tal roteiro, mas sim que não se relegasse a um plano secundário questões aparentemente banais, raciocínios que nos parecem óbvios, mas que a história nos mostra, através dos textos dos próprios cientistas terem sido considerados ao longo do processo de evolução da ciência.

Ainda quando não há referência explícita à história, ou seja, quando o professor utiliza dela para interrogar seus alunos e, assim, conhecê-los melhor cognitivamente, a abordagem histórica mantém sua função reguladora, proporcionando a evidência de lacunas e de não entendimentos, já que o professor estará mais atento aos nós e barreiras fundamentais com que os alunos poderão enfrentar (Satiel e Viennot, 1985). E o mais importante, ele sabe a dimensão dessas barreiras por já tê-las identificado ao longo da história. Não há o menosprezo por dúvidas, não existem perguntas "banais" ou "idiotas".

Algumas Considerações

Ainda que aos professores não seja possível ter sempre como coringa uma atividade para uma dada situação que por ventura ocorrer em sala de aula, eles e os pesquisadores na área de ensino devem estar atentos a essas possibilidades, para, não sendo possível prever cada passo percorrido pelos alunos em sala, pelo menos poderem contar com um número cada vez maior de possibilidades levantadas.

Este é um comportamento do ponto de vista metodológico, genuinamente científico: trabalhar com o *possível* para quando o *necessário* se apresentar, não passar despercebido.

É claro também que não vamos pretender que nossos alunos repitam os mesmos passos trilhados pelos vários cientistas ao longo dos anos. Primeiro, porque nem sempre nossos alunos estão comprometidos ou envolvidos com a construção do pensamento científico da mesma forma que esses cientistas estiveram. Além disso, mesmo se também estivessem, não há tempo **e** nem por que repetir os mesmos passos, repassando cada detalhe. E isso também é característica inerente aos mecanismos de desenvolvimento do conhecimento científico.

Entretanto, o estabelecimento de um diálogo entre a construção do conhecimento pelo aluno e a construção do conhecimento na ciência ameniza a ansiedade de buscar o produto final, a fórmula mágica que tudo resolve ou a definição para ser realçada no caderno e memorizada. Nenhuma informação terá significado se não constituir real elaboração do sujeito que a utiliza.

Não ser alertado para o caráter dinâmico do conhecimento científico pode frustrar o aluno em relação à ciência e fazê-lo considerar-se incapaz de pensá-la e assumi-la enquanto forma legítima de encarar o mundo.

O estabelecimento do diálogo com a história não é, portanto, mero diletantismo. Talvez seja um dos caminhos eficazes para a desmistificação da ciência, para a ruptura com uma metodologia própria ao senso comum e às concepções espontâneas e, para, finalmente, estabelecer uma ponte para as primeiras adequações conceituais.

Referências Bibliográficas

BATERSON, G. Mente e natura. Milani: Adelphi Ediziones, 1991.

CASTRO, RS., CARVALHO, A.M.P. História da Ciência: como e quando usá-la num curso de calor e temperatura para o segundo grau. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 9. Atas. [S.l,s.n], 1991. p.487-490

CASTRO, RS., CARVALHO, A.M.P. La historia de la ciencia como hierramienta para la ensenanza de Física en Secundaria: un ejemplo en calor y temperatura. Trabalho apresentado por ocasião da II Conferência Latino-Americana de Ensino de Física, Caracas, Venezuela, 1991.

GIORDAN, A., DE VECCHI, G. Los origines del saber. Sevilla: Díada Ed., 1988.

LACOMBE, G. Pour l'introduction de l'histoire des sciences dans Tenseignement du second cycle. ASTER - Recherches en Didatique des Sciences Experimentales, n.5, p.87-115, 1987.

MAGIE, W.F. A source book in Physics. New York: McGraw-Hill, 1935

RESMODUC, J. L'histoire de la Physique peut-elle eclairer les obstacles epistemologiques? ASTER - Recherches en Didatique des Sciences Experimentales, n.5, p.117-141, 1987.

SATIEL, E., VIENNOT, L. Que aprendemos de las semejanzas entre las ideas historicas y el razonamiento espontaneo de los estudiantes?. Ensenanza de las Ciencias, p.137-144, 1985.

SNOW, CP. *As duas culturas e um segundo olhar.* Trad. por Renato Rezende Neto. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1993.

Finalmente publicada em português a tradução do pequeno livro, que desde sua primeira edição, em 1959 e da segunda edição ampliada, de 1963, vem provocando ininterruptamente reações as mais diversas entre seus leitores.

Alguns como Tony Becher(1989), no prefácio do seu livro *Academic Tribes and Territoríes,* declaram-se "profundamente irritados" com a "superficial e confusa polarização entre os mundos da ciência e das humanidades".

É inegável que a contraposição entre a cultura científica e a cultura humanística que o instigante livro de C.P.Snow propõe de forma irônica, muito inglesa, tocou indiscriminadamente intelectuais de todo o mundo, considerados ignorantes em ciência ou nas chamadas humanidades. Essa é uma das razões do impacto duradouro do que começou com uma conferência de Lord Snow, em Cambridge, criando e cunhando a expressão "duas culturas" para apontar diversidades entre cientistas e não cientistas. Considera que os cientistas, apesar de diferentes segundo o objetivo de sua pesquisa, têm valores, comportamentos, abordagens e suposições comuns. Entre os humanistas, a variação de atitudes seria maior, embora tenham também em comum sentimentos anticientificos bem como a desconsideração pelo valor da pesquisa do mundo natural e suas conseqüências.

Sendo ele próprio um homem da ciência, que também se dedicou às letras, transitava pelos dois campos nos quais os componentes apresentam "imagens distorcidas" uns dos outros e dificuldades de comunicação como resultado de uma especialização excessiva e visão estreita.

Segundo o autor, os humanistas não conhecem conceitos básicos da ciência e os cientistas não tomam conhecimento das dimensões psicológicas, sociais e éticas dos problemas científicos. Essa dicotomia cultural, que traz graves conseqüências educacionais, ao ser reconhecida, causou e causa ainda ondas de indignação principalmente na academia. Melhor faria ela em analisar as suas causas e conseqüências e procurar construir pontes para tornar transponível o que separa as duas culturas, eliminando ou alterando preconceitos mútuos, resultantes de um corporativismo acentuado e defensivo cristalizado nas instituições.

Segundo Mario Vargas Lhosa, comentando o livro de Snow, em artigo publicado em um popular jornal brasileiro, em janeiro de 1993, tais diferenças acadêmicas entre literatos e cientistas serão niveladas no futuro pela "indústria audiovisual" que levará à grande massa da população todos os produtos culturais.

No entanto, aqueles que, no momento se preocupam com o papel da ciência e tecnologia como organização social não podem ignorar os problemas ainda presentes levantados por Snow no seu controvertido livro.

A obra é constituída pela palestra original, tal como foi impressa em 1959. Nela são descritas as razões de quem, trabalhando entre cientistas do porte de W.L.Bragg, convivia também com escritores, ficando impressionado pelas diferenças de visão entre os dois grupos. Chama a atenção para o fato de que os intelectuais diferem na sua ação frente a problemas cruciais da sobrevivência da humanidade frente à arte e à ciência.

No segundo capítulo, busca explicações para essa divisão existente a partir da revolução industrial; e no terceiro capítulo, analisa as relações da revolução científica com a ciência aplicada, a tecnologia e o desenvolvimento industrial.

Remete sempre a análise para os sistemas educacionais, buscando ali causas e conseqüências da visão que têm ingleses, americanos e soviéticos sobre essa revolução.

No quarto capítulo, compara paises industrializados e não industrializados e trata da importância da familiaridade das crianças e jovens com artefatos e instrumentos que lhes dão maior capacidade de usar e criar tecnologia. Acaba enfatizando que há urgência de trocas entre ricos e pobres para diminuir as insuportáveis desigualdades entre eles existentes.

Na segunda parte do livro: "Um segundo olhar", escrita quatro anos após a publicação da palestra original, comenta as reações que provocou, ao tentar espicaçar seus ouvintes e leitores em relação à educação e à preocupação com a existência de sociedades favorecidas e desfavorecidas.

Relata as referências aprovadoras e recriminações, advindas de todas as partes do mundo, mesmo aquelas em línguas exóticas como húngaro, japonês, e que não conseguia entender. Conclui que tocou em pontos sensíveis de forma mais eficiente e contundente do que vários autores que fizeram tentativas semelhantes anteriormente. Explica suas reações aos elogios e insultos e sua decisão de rever o que escreveu, ao empregar o termo cultura com significado antropológico. Apesar de reiterar o acerto de sua decisão no uso do termo, apresenta dúvidas quanto à propriedade de uma divisão dicotômica estrita considerando a existência de ciência pura e aplicada e admitindo o advento de uma "terceira cultura", a partir de áreas de confluência como história social, sociologia, demografia, ciência politica, economia, psicologia, medicina e arquitetura. Aceita ainda que a divisão apontada, vista principalmente sob o ângulo de alguém com experiência na sociedade inglesa, pode ter matizes diferentes em outras sociedades e correlações diversas entre os respectivos sistemas educacionais.

Volta sempre à necessidade de diminuir o sofrimento de grande parte da humanidade e ao papel da ciência aplicada e da revolução científica nessa transformação, lembrando que a responsabilidade social e individual de todo ser humano que o obriga a observar, agir e determina também seus valores morais e estéticos.

Relaciona a revolução científica e a produção literária à situação política. É interessante constatar como muitos de seus comentários foram proféticos em relação ao futuro da "guerra fria" e à "industrialização chinesa".

Finalmente clama por uma mudança educacional que atinja a massa e cultive indivíduos que usufruam e produzam ciência e arte mas também assumam o dever de minorar o sofrimento de seus contemporâneos.

Para os leitores brasileiros, o livro encerra ainda outra matéria de importância e de extrema oportunidade no momento. O papel da ciência no atendimento às necessidades básicas que hoje é privilégio de apenas algumas nações, graças ao que foi denominado de "gigantesca convulsão da ciência aplicada". Como habitantes de um pais em que a grande maioria da população vive em condições precárias de nutrição, habitação, saúde e educação, a importância de desenvolvimento cultural que libere os pobres e desvalidos do "abuso do poder individual" é assunto que deve ser examinado sob vários ângulos.

A provocação feita há trinta anos pelo autor das duas culturas mantém-se, revelando a agudeza de quem, em primeiro momento, pensou chamar a sua conferência de "Os Ricos e Pobres".

Aos educadores faz o apelo final para que cultivem mentes criativas que possam enfrentar os desafios contemporâneos, na geração e manutenção de um mundo em que haja beleza e compaixão.

Enfim é um livro que fazia falta, que não se pode ler sem reagir. Concordando ou discordando das idéias do autor "arrogante" para alguns, "oportuno e feliz" para outros, não pode ser desconhecido pelo leitor brasileiro que, agora, tem acesso a essa obra marcante.

Educadores que, em geral, tiveram treinamento e experiência de pesquisa em uma área científica, e que passando a trabalhar em educação, campo das humanidades, viveram e apreciaram muitas das experiências relatadas, embora sofram as incompreensões e aproveitem os benefícios de ambos os mundos.

A situação fronteiriça ou mesmo marginal dos que cuidam do ensino de ciências implica não só a obrigação de construir ligações de dupla via entre as "duas culturas", mas principalmente de contribuir para que grande parte da população tenha acesso às informações e desenvolva a capacidade para fazer a análise necessária e participar de decisões das quais depende o futuro de todos.

Myriam Krasilchik
Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo(USP)

A — Livros e Trabalhos Apresentados em Eventos

ASTOLFI, J P., DEVELAY, *M.A didática das ciências.* Campinas: Papirus, 1990

BAEZ, AV (Ed). *The environmental science and technology education.* Oxford: Pergamon Press, 1987 430p. il. (Science and technology education and future human needs, 8)

BAEZ, AV. *L'innovation dans l'enatauseignement des sciences:* synthèse mondiale. Paris: Unesco, 1977. 279p.

BENLLOCH, M. *Por un aprendizaje constructivista de las ciencias:* propuesta didáctica para el ciclo superior de basica. Madrid, Visor, 1984. 176p. il. (Aprendizaje, 20)

BIZZO, N.M.V. A biologia numa perspectiva histórica: o darwinismo em questão, In: ENSINO de biologia: dos fundamentos à prática. São Paulo: SE/CENP, 1988. v.1 p.27-33.

BIZZO, N.M.V. A crítica da critica: as deficências não se limitam aos livros didáticos de ciências, In: ENCONTRO PERSPECTIVAS DO ENSINO DE BIOLOGIA, 3, 1988. São Paulo. *Coletânea.* São Paulo: FEUSP, 1988. p.335-339. (Comunicações)

BIZZO, N.M.V. Um curso instrumental de ciências: relato de uma experiência com trabalhadores realfabetizados. *Ciência e Cultura,* São Paulo. v.37. n.7, p. 129, jul. 1985. Suplemento: 37ª Reunião Anual da SBPC, Belo Horizonte. 1985. (Resumo 69-B.6)

BIZZO, N.M.V. O darwinismo nos vestibulares e em Darwin, In: ENCONTRO PERSPECTIVAS DO ENSINO DE BIOLOGIA, 3, 1988. São Paulo. *Coletânea.* São Paulo: FEUSP, 1988. p. 104-114. (Atividades de atualização)

BIZZO, N.M.V. Darwinismo e sua utilização na escola, In: ENCONTRO PERSPECTIVAS DO ENSINO DE BIOLOGIA, 4, 1991. São Paulo *Coletânea.* São Paulo: FEUSP, 1991. p. 194-196. (Comunicações)

BIZZO, N.M.V. Ensino de evolução e história do Darwinismo: estudo comparado das concepções de estudantes secundários e das obras originais de Charles Robert Darwin. *Ciência e Cultura,* São Paulo, v.43, n.7, p.225-226, 1991 Suplemento. Apresentado à 43ª Reunião Anual da SBPC, Rio de Janeiro, 1991.

BIZZO, N.M.V. Ensino de ciências para adultos, In: ENCONTRO PERSPECTIVAS DO ENSINO DE BIOLOGIA, 2,1986. São Paulo. *Coletânea.* São Paulo, 1986. p.107-112.

BIZZO, N.M.V. Ensino de ciências e história da ciência: contribuições de uma viagem à Grã-Bretanha, In: CATANI, D.B. (Org). *A pesquisa em educação e o intercâmbio cultural.* São Paulo: FEUSP, 1991. p.87-90. (Estudos e documentos, 30)

BIZZO, N.M.V. Metodologia e prática de ensino de ciências: a aproximação do estudante de magistério das aulas de ciências no 1º grau. In: PICONEZ, S.C.B. (Coord). *A prática de ensino e o estágio supervisionado.* Campinas: Papirus, 1991. p.75-89.

BIZZO, N.M.V. O que é darwinismo? 2.ed São Paulo: Brasiliense, 1989. 86p. (Coleção Primeiros passos. 192)

BIZZO, N.M.V. Perfil intelectual e o ensino de ciências: estudo transcultural focalizado na influência do sexo. *Ciência e Cultura,* São Paulo, v.42, n.7, pt.2, p.191-192, jul. 1990. Suplemento. Apresentado à 42ª Reunião Anual da SBPC, Porto Alegre, 1990.

BLOUGH, G. O. & SCHWARTZ, J. *La ensenanza elemental de las ciencias.* Madrid: Magisterio Espanol, 1964. 339p. il.

BRASIL Ministério da Educação. *Idéias de quem faz no Brasil:* politica cientifica, financiamento da pesquisa, ensino de ciências. Brasilia, 1987. 106p.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. Centro Nacional de EducaçÃo Especial. *Programa de enriquecimento de currículo para alunos bem-dotados de 4ª série do 1° grau:* ciências físicas e biológicas; elaborado pela Faculdade de Educação — UFMG. Brasília, 1980.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. Centro Nacional de Educação Especial. *Programa de enriquecimento de currículo para alunos bem-dotados de 4ª a 8ª série do 1°grau:* manual de orientação para supervisores, orientadores e professores de alunos bem-dotados: ciências físicas e biológicas, elaborado pela Faculdade de Educação—UFMG. Brasília, 1980. 20p.il.

BRASIL Ministério da Educação e Cultura. Centro Nacional de Educação Especial. *Programa de enriquecimento de curriculo para alunos bem-dotados de* 5ª a *8ª série do 1°grau:* ciências físicas e biológicas, elaborado pela Faculdade de Educação — UFMG. Brasília, 1980. 67p.

CARVALHO, A.M.P. de. O ensino de ciências e o papel da didática especial, In: CATANI, D.B. (Org.). *A pesquisa em educação e o intercâmbio cultural* São Paulo, FEUSP, 1991. p.5-8. (Estudos e documentos, 30)

CARVALHO, A.M.P. de. Os estágios de prática de ensino de física: ação participativa nas escolas estaduais de *2°* grau. In: CARVALHO, A.M.P. (Coord). *A formaçÃo do professor e a prática de ensino.* SÃo Paulo: Pioneira, 1988. p.69-81. Artigo publicado na Revista CADERNOS DE PESQUISA, SÃo Paulo, n.53, p.61-67, maio 1985.

CARVALHO, A.M.P. de. *Física:* proposta para um ensino construtivista. São Paulo: EPU, 1989. 65p.

CARVALHO, A.M.P. de. Formação de professores de física e de biologia: alternativas de cursos e estágios de prática de ensino: painel do Simpósio "A pesquisa na prática de ensino", In: ENCONTRO NACIONAL DE PRÁTICA DE ENSINO, 3,1985. São Paulo. *Atas.* São Paulo: PUC, 1985.

CARVALHO, A.M.P. de. A formação do conceito de impulso. *Ciência e Cultura,* São Paulo, v.40, n.7, p.196, jul. 1988. Suplemento: 40ª Reunião Anual da SBPC, São Paulo, 1988. (Resumo 96-B.6)

CARVALHO, A.M.P. de. *Grupo de estudo do desenvolvimento psicogenético dos conceitos elementares no ensino de ciências:* relatório de atividades. São Paulo, 1986.

CARVALHO, A.M.P. de. A influência da teoria de Piaget no ensino de Física, In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 6, 1985. Niterói. *Atas...* Niterói: Sociedade Brasileira de Física, 1985. p.126-147.

CARVALHO, A.M.P. de. The influence of the history of momentun and its conservation on the teaching of mechanics in high schools, In: HERGET, DE.(Ed). *More history and philosophy of science in science teaching:* Proceedings of the First International Conference. Florida: Florida State Univ., 1990. p.212-219.

CARVALHO, A.M.P. de, FERNANDES JR. ,O.O. Uma tentativa de destruição do modelo espontâneo de luz e construção do modelo físico, In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 6,1985. Niterói. *Atas.* Niterói: Sociedade Brasileira de Fisica, 1985. p.215 (Comunicação PIB-3)

CARVALHO, A.M.P. de, LABURU, CE. Uma pesquisa sobre a aprendizagem do conceito cinemático de aceleração no 2º grau. In: SIMPÓSIO

NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 6, 1985. Niterói. *Atas.* Niterói: Sociedade Brasileira de Física, 1985. p.215. (Comunicação PIB-2)

CARVALHO, A.M.P. de, TRIVELATO, G.C. Conceptions of the nature of matter: a cross-age study with Brazilian students, In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CHEMICAL EDUCATION, 9, 1987. São Paulo. *Abstracts.* São Paulo: ICCE, 1987. p.353.

CARVALHO, A.M.P. de, NARDI, R. A gênese, a psicogênese e a aprendizagem do conceito de campo: subsídios para a construçÃo do ensino desse conceito. *Ciência e Cultura,* São Paulo, v.42, n.7, pt.1, p.269-270, jul. 1990. Suplemento. Apresentado a 42ª Reunião Anual da SBPC, Porto Alegre, 1990.

CARVALHO, A.M.P. de (Coord.). Grupo de ensino de física (ciências) da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 3,1990. Porto Alegre. *Atas.* Porto Alegre: UFRGS, Inst. Física, 1990. p.49-63.

CARVALHO, A.M.P. de et al. O construtivismo e o ensino de ciências. In: SÃO PAULO. Secretaria da Educação. Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas. *Ciências na escola de 1º grau:* textos de apoio à proposta curricular. São Paulo, 1990. p.63-73.

CASTRO, RS. de et al. História da ciência: como e quando usá-la num curso de calor e temperatura para o segundo grau. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 9, São Carlos: Sociedade Brasileira de Física, 1991. p.487-490.

CAVE, J. *Technology in school:* a handbook of practical approaches and ideas. London: Routledge, 1986. 126p.

DRIVER, R.; GUESNE, E.; TIBERGLIEN, A. *Las ideas cientificas en la infancia y la adolescencia.* Madrid: Ed. Morata, 1988.

ENCONTRO REGIONAL DE ENSINO DE CIÊNCIAS, 1, 1988. Ribeirão Preto, *Anais.* Ribeirão Preto: FFCL/USP, 1991. 89p.

ENCONTRO PERSPECTIVAS DO ENSINO DE BIOLOGIA, 4,1991. São Paulo. *Coletânea.* São Paulo: FEUSP, 1991. 246p.

ENSINO das humanidades: a modernidade em questão. São Paulo: Cortez, 1991.

FORGHIERI, C.C. et al. *A terra gasta.* São Paulo: Educação & Razão Social, 1992.

FRANCO, L.A.C. *Problemas de educação escolar,* a disciplina na escola, interação professor-aluno, ensino de ciências. São Paulo: CENAFOR, 1986. 122p.

FUNDAÇÃO NACIONAL PARA EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS. *Ciências naturais:* educação de adultos 1ª fase 1º grau. Rio de Janeiro: 1986. 112p. il.

FUNDAÇÃO NACIONAL PARA EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS. *Ciências naturais:* educação de adultos 1ª fase 1º grau; manual do professor. 4.ed. Rio de Janeiro, 1986. 32p.

GARRIDO, E. et al. Reações da comunidade escolar à inovação, In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 9,1991. São Carlos, 1991. p.369-376.

HARLEN, N. *Ensenanza y aprendizaje de las ciencias.* Madrid: Ed. Morata, 1989.

HOLTOM.G. Introductión a los Conceptos y teorias de las ciências físicas. Barcelona, Reverte, 1988. 851 p. il.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS. *Ciências na escola elementar,* para o curso elementar 1ª a 5ª série. Rio de Janeiro, 1955.300p. il. (Guias de ensino e livros de texto. Série 1,v.3)

JEVONS, I.R. *The teaching of science:* education, science and society. London: George Allen, 1969. 208p.

KAMII, C, DEVISES, R. O *conhecimento físico na educação pré-escolar.* Porto Alegre: Artes Médicas, 1986.

KIRWAN, D.F.(Ed.). *Energy resources in science education.* Oxford: Pergamon Press, 1987.214p. il. (Science and technology education and future human needs, 7)

KRASILCHIK, M. Alternativas para a educação ambiental, In: SIMPÓSIO ANUAL DA ACIESP, 13,1988. São Paulo. *Anais.* O meio ambiente: sua ocupação e recuperação. São Paulo: Academia de Ciências do Estado de São Paulo: FAPESP, 1989. (Publicação ACIESP, 67). p. 176-183. (Sessão VI — Aspecto humanístico e cultural da questão ambiental)

KRASILCHIK, M. Análise dos programas de ciências dos cursos de formação do magistério, In: PICONEZ, S.C.B.(Coord). *Os caminhos da formação do professor de 1° grau:* análise e reflexão sobre planos de ensino da habilitação específica ao magistério, das escolas da DRECAP-3. São Paulo: SE:DRECAP-3/FEUSP, 1986. p.38-40.

KRASILCHIK, M. Atividades em relação ao meio ambiente, In: ENCONTRO DE DOCENTES E PESQUISADORES DA UNIVERSIDADE DE SãO PAULO SOBRE O MEIO AMBIENTE, 1,1988. São Paulo. *[Anais].* São Paulo: FEUSP, 1988. p.17-18.

KRASILCHIK, M. Ciência, tecnologia, sociedade, In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 9,1991. São Carlos. *Atas.* São Carlos: Sociedade Brasileira de Física, 1991. p.77-79. (Mesa redonda: Linha 2: Formação do cidadão)

KRASILCHIK, M. The decisions a responsible citizen has to make. In: INTERNATIONAL IOSTE SYMPOSIUM ON WORLD TRENDS IN SCIENCE AND TECHNOLOGY EDUCATION, 4., v.3,p.81-86,1987.

KRASILCHIK, M. O ensino de ciências no 1º grau — formação de professores. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 6, 1985. Niterói. *Atas.* Niterói: Sociedade Brasileira de Física, 1985. p.386-389.

KRASILCHIK, M. Educação ambiental no currículo escolar. In: SIMPÓSIO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL, 2,1987. *Atas.* São Paulo: Secretaria de Agricultura, 1987.

KRASILCHIK, M. O ensino de ciências em perspectiva internacional, In: SEMINÁRIO REGIONAL DA SOCIEDADE BRASILERA DE EDUCAÇÃO COMPARADA—REGIÃO SUDESTE, 2,1987. São Paulo. *Anais.* São Paulo: FEUSP, 1987. p.279-280.

KRASILCHIK, M. O futuro do ensino de biologia, In: ENCONTRO ESTADUAL DO ENSINO DE BIOLOGIA, 1,1986. Santa Maria, *Anais.* Santa Maria: UFSM, 1986.

KRASILCHIK, M. Inovação no ensino das ciências, In: GARCIA, W. (Coord.). *Inovação educacional no Brasil:* problemas e perspectivas. 2.ed. São Paulo, Cortez: Autores Associados, 1989. p. 164-180.

KRASILCHIK, M. Pesquisa e ensino de biologia, In: ENCONTRO PERSPECTIVAS DO ENSINO DE BIOLOGIA, 4,1991. São Paulo. *Coletânea.* São Paulo: FEUSP, 1991. p.1-4. (Palestras, mesas redondas e simpósios)

KRASILCHIK, M. *Práticas de ensino de biologia.* São Paulo: Harbra, 1983. 203p.

KRASILCHIK, M. *O professor e o currículo das ciências.* São Paulo: EPU: EDUSP, 1987. 84p.

KRASILCHIK, M. Science and technology education and the concept of quality of life technology education, In: SCIENCE Technology Society. Kiel: IPN, 1987. v.2. p.668-73.

KRASILCHIK, M. Some problems and perspectives on environmental education in the school, In: BAEZ, AV., KNAMILLER, G.W., SMYTH, J.C. (Eds.). *The environment and science and technology education.* Oxford: Pergamon Press, 1987. p. 101-106. (Science and technology education and future human needs, 8)

KRASILCHIK, M. Using Community resources for Biology teaching, In: NEWSTRENCS IN BIOLOGY TEACHING, 5. Paris: UNESCO, 1987. p.134-144.

KRASILCHIK, M., TRIVELATO, S.L.F. Prática de ensino de ciências biológicas, In: SEMINÁRIOS DE PESQUISA, 1985. São Paulo. *Anais.* São Paulo: FEUSP: FAPESP, 1986. p.186.

KRASILCHIK, M. et al. O lugar e a natureza da questão ambiental no ensino universitário. Mesa-redonda: Educação ambiental na pós-graduação. In: SIMPÓSIO ESTADUAL SOBRE MEIO AMBIENTE E EDUCAÇÃO UNIVERSITÁRIA, 2,1989. São Paulo, *Anais.* São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 1990. p. 161-204. (Série Documentos)

KRASILCHIK, M. et al. Atividades de biologia que relacionam ciência, tecnologia e sociedade, In: ENCONTRO PERSPECTIVAS DO ENSINO DE BIOLOGIA, 4, 1991. São Paulo. *Coletânea.* São Paulo: FEUSP, 1991. p.2-4. (Comunicações)

LEWIS, J.L. *Science and technology education and future human needs.* Oxford, 1987.

LITTLEWOOD, W.T. Foreign and second language learning: language acquisition research and its implications for the classroom. Cambrigde: Cambridge University Press, 1989. 114p.

LUFTI, M. *Cotidiano e educação em Química.* Ijuí: Unijuí Ed., 1988.

OLIVEIRA, M.K. de. O pesquisador e a situação escolar: reflexões a partir de uma pesquisa específica, In: ENCONTRO PERSPECTIVAS DO ENSINO DE BIOLOGIA, 4,1991. São Paulo. *Coletânea.* São Paulo: FEUSP, 1991. p.35-37.

PALMA, O. ,HERRERA,J.,ETCHEVERRY,M.El problema de *la ensenanza cientifica en el liceo.* Santiago: Editorial Universitaria, 1958. 124p.

PENIN, S.T. de S. Cotidiano, ensino e fracasso/sucesso escolar, In: ENCONTRO PERSPECTIVAS DO ENSINO DE BIOLOGIA, 4, 1991. São Paulo. *Coletânea.* São Paulo: FEUSP, 1991. p.25-30.

PIMENTA, S.G. Políticas de formação básica e o ensino de ciências, In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 9,1991. São Carlos. *Atas.* São Carlos: Sociedade Brasileira de Física, 1991. p.86-91 (Mesa redonda: Linha 2: Formação do cidadão)

RANAWERA, A.M. Integrated science in the junior secondary school in Sri Lanka. Paris: UNESCO, 1976. 31 p. (Experiments and innovations in education, 27)

SÃO PAULO (cidade). Secretaria da Educação. *Ciências:* visão de área. São Paulo, [19--]. 41 p. (Movimento de reorientação curricular. Documento, 5)

SÃO PAULO (cidade). Secretaria da Educação. *Ciências e Saúde:* programa de 1º grau, 5ª a 8ª série. São Paulo, 1985.

SÃO PAULO (cidade). Secretaria da Educação e Cultura. *Programa "Aula de Ciências nos Parques".* São Paulo, 1978. 118p. il.

SÃO PAULO (estado). Secretaria da Educação. Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas. *Avaliação no ensino de ciências.* São Paulo, 1985. 15p. (Projeto IPÊ, Ciências, 4)

SÃO PAULO (estado). Secretaria da Educação. Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas. *Ciências na escola de 1° grau:* textos de apoio à proposta curricular. São Paulo, 1990. 98p. il.

SÃO PAULO (estado). Secretaria da Educação. Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas. *Considerações e sugestões sobre ensino de ciências na 5ª série do primeiro grau.* São Paulo, 1984. 62p. il.

SÃO PAULO (estado). Secretaria da Educação. Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas. *Ensinando Ciências.* São Paulo, 1986.

SÃO PAULO (estado). Secretaria da Educação. Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas. *Subsídios para implementação da proposta curricular de ciências para deficientes mentais educáveis.* São Paulo, 1981. 51p. il.

SILVA, D. da et al. Modelo cinético de calor: evolução das noções de alguns alunos, In: SIMPÓSIO NACIONAL ENSINO DE FÍSICA, 9, 1991. São Carlos. *Atas.* São Carlos: Sociedade Brasileira de Física, 1991. p.537-544. (Painéis e comunicações orais. Pesquisa em ensino I e II)

TAYLOR, C.A.(Ed.). *Science education and information transfer.* Oxford: Pergamon Press, 1987.230p. il. (Science and technology education and future human needs, 9)

TEDESCO, Y.M. TRIVELATO.S.LF., KRASILCHIK, M. Integração do curso de prática de ensino de ciências biológicas e a Escola de Aplicação/ FEUSP, In: ENCONTRO PERSPECTIVAS DO ENSINO DE BIOLOGIA, 2,1986. São Paulo. *Coletânea.* São Paulo, FEUSP, 1986. p.276-279.

TEIXEIRA, O.P.B. et al. Análise de um pré-teste sobre noções de calor e temperatura, In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 9, 1991. São Carlos. *Atas.* São Carlos: Sociedade Brasileira de Física, 1991. p.401-404. (Painéis e comunicações orais. Pesquisa ensino-aprendizagem)

TEIXEIRA, O.P.B. et al. O que pensam as crianças acerca dos fenômenos térmicos, In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 9,1991. São Carlos. *Atas.* São Carlos: Sociedade Brasileira de Física, 1991. p.454-456. (Painéis e comunicações orais. Pesquisa ensino-aprendizagem)

TRIVELATO JR., J. Uma proposta de trabalho usando modelos de anatomia humana, In: ENCONTRO PERSPECTIVAS DO ENSINO DE BIOLOGIA, 4,1991. São Paulo. *Coletânea.* São Paulo: FEUSP, 1991. p.111-113.

UNESCO. *Manual de la UNESCO para professores de ciências.* Paris, 1981. 215p. il.

VIANA. A. et al. *Educação ambiental.* São Paulo: CEDI/CRAB, 1992.

WADDINGTON, D.J. *Education, industry and technology.* Oxford: Pergamon Press, 1987. 365p. il. (Science and technology education and future human needs, 3)

ZIMAN, J.M. *Ensenanza y aprendizaje sobre la ciencia y la sociedad.* México: Fondo de Cultura, 1985. 243p.

B - Teses

ANGOTTI, J.A.P. *Fragmentos e totalidades no conhecimento científico* e *no ensino de ciências.* São Paulo, 1991. 2v. il. Tese (Doutorado)

ANGOTTI, J.A.P.M. *Solução alternativa para a formação de professores de ciências:* um projeto educacional desenvolvimento na Guiné Bissau. São Paulo, 1982. 2v. il. Dissertação (Mestrado) — IF/FE/USP.

AZEVEDO, AB. *A compreensão do texto didático de ciências:* proposta para um esquema de melhoria. Campinas, 1982. 189p. il. Dissertação (Mestrado)

BARRA, V.M. *A utilização de módulos de ensino como metodologia para a mudança do conceito e atitudes de alunos de habilitação ao magistério com relação a Ciências e ao seu ensino.* Curitiba, 1982. Dissertação (Mestrado) — UFPR.

BIZZO, N.M.V. *Ensino de evolução e história do darwinismo.* São Paulo, 1991. 2v. Tese (Doutorado)

BORGES, G.L. de A. *Utilização do método científico em livros didáticos de ciências para o 1° grau.* Campinas, 1982. 2v. il. Dissertação (Mestrado)

CABRAL NETO, A. O *avesso da reforma do ensino de ciências em Natal, Rio Grande do Norte.* Rio de Janeiro, 1980. 112p. il. Dissertação (Mestrado)

CARLI, EB. *Jornalismo científico e o ensino de ciências no Brasil:* a utilização de noticias científicas no ensino de biologia, física e química no *2°* grau. São Bernardo do Campo, 1988. 191p. il. Dissertação (Mestrado)

CARVALHO, A.M.P. de. *A formação do conceito de quantidade de movimento e sua conservação.* São Paulo, 1986.2v. Tese (Livre-Docência)

CARVALHO, L.M. *A temática ambiental e a escola de 1º grau.* São Paulo, 1989. 286p. Tese (Doutorado)

DELIZOICOV NETO, D. *Conhecimento, tensões e transições.* São Paulo, 1991. 214p. Tese (Doutorado)

DENIGRES, R.H.Z. *Avaliação de um programa com conteúdos curriculares integrados de ciências e matemática.* São Paulo, 1976. 3v. il. Dissertação (Mestrado)

ENS, V. *Experiência realizada pela Universidade Federal do Paraná abre novo caminho para a formação do professor de 1°.grau na área de ciências.* Curitiba, 1981. 129p. Dissertação (Mestrado)

FERREIRA, H.R. *Prática de ensino:* a importância do exercício da atividade docente na formação do professor de ciências. São Paulo, 1979. 185p. il. Dissertação (Mestrado)

FIGUEIREDO NETO, A. F. de. *A física, o lúdico e a ciência no 1º grau.* São Paulo, 1988. 2v. Dissertação (Mestrado)

FORESTI, M.C.P.P. *Diagnóstico do curso de licenciatura em ciências biológicas do campus universitário de Botucatu — UNESP:* um estudo de ex-alunos com experiência no magistério. São Paulo, 1982. 212p. il. Dissertação (Mestrado)

GOMES, J.L. *Caracterização de alunos ingressos nos cursos de licenci atura em ciências e engenharia civil da UEFS:* suas habilidades matemáticas e lógicas e seu conhecimento em física, em relação ao seu perfil sócio-econômico. São Paulo, 1986. 236p. il. Dissertação (Mestrado)

INFORSATO, E. do C. *A criança da periferia de São Carlos e seu ambiente:* prolegômenos para um projeto de educação científica. São Carlos, 1986. 163p. Dissertação (Mestrado)

KRASILCHIK, M. *O professor e o currículo das ciências.* São Paulo, 1986. 136p. Tese (Livre-Docência)

MAURÍCIO, L.A. *Centros de ciências:* origens e desenvolvimento; uma reflexão sobre seu papel e possibilidades dentro do contexto educacional. São Paulo, 1992. 146p. Dissertação (Mestrado)

MINTO, CA. *Crianças e sementes germinantes:* um estudo de caso. São Paulo, 1990. 237p. il. Dissertação (Mestrado)

NOYA, F.J.S. *Seres vivos em sala de aula:* um estudo de caso. São Paulo, 1989. Dissertação (Mestrado)

PEDROSO, L. E. *A emergência da licenciatura em ciências no Brasil e sua especificidade no estado de São Paulo.* São Paulo, 1989. 147p. il. Dissertação (Mestrado)

PERNAMBUCO, M.M.CA. *Ensino de ciências a partir dos problemas da comunidade.* São Paulo, 1981. 46+15p. Dissertação (Mestrado)

SANTOS, P.U.M. dos. *A transferência de aprendizagem como objetivo explícito de currículos:* um curso de eletrecidade visando à transferência de aprendizagem. São Paulo, 1976. 2v. il. Dissertação (Mestrado)

SARAIVA, J.A.F. *Piaget e o ensino de ciências:* elementos para uma pedagogia construtiva. São Paulo, 1991. (Doutorado)

SCHEIDE, T. de J.F. *Uma experiência sobre a utilização de estratégias de ensino de ciências em estudos de recuperação de alunos da escola de 1º grau.* São Carlos, 1981.174p. il. Dissertação (Mestrado)

SOUSA, C.M.S.G. de. *Pseudo-organizadores prévios como recursos instrucionais no ensino de física.* Porto Alegre, 1980. 203p. Dissertação (Mestrado)

TEIXEIRA, CM. O *conceito de energia em crianças de 5ª a 8ª série e suas implicações no ensino integrado de ciências.* Porto Alegre, 1979. 236p. il. Dissertação (Mestrado)

TEIXEIRA JÚNIOR, A. de S. *Um projeto de ensino de ciências para o Brasil.* Taubaté, 1976. 209+22p. Tese (Doutorado)

TRIVELATO, G. da O *Conservação e modelo corpuscular.* um estudo transversal das explicações dos estudantes para transformações da matéria. São Paulo, 1989. 158p. Dissertação (Mestrado)

TRIVELATO, S.L.F. O *ensino de genética em uma escola de segundo grau.* São Paulo, 1987. 355p. Dissertação (Mestrado)

WATANABE, K. *Proposta de um modelo para o desenvolvimento de atividades experimentais de física nos cursos de formação de tecnólogos.* São Paulo, 1980. 127p. il. Dissertação (Mestrado)

C—Artigos de Periódicos (em espanhol e português)

ANGOTTI, J.A.P. O ensino de ciências naturais e a construção do conhecimento. *Cadernos do CED,* Florianópolis, n.17, p.41-8,1991.

ARANTES, J.T. Quem manda na cabeça do homem. *Sala de Aula,* São Paulo, v.2, n.9, p.30-32, mar. 1989.

ARAÚJO, T.L. Do corpo ao vasto mundo. *AMAE Educando,* Belo Horizonte, v.22, n.206, p.12-16, set. 1989. (Entrevista)

BAJAH, ST. Una encuesta sobre las concepciones de la ciencia en Nigéria. *Perspectivas,* Paris, v.15, n.4, p.619-624, 1984.

BARCELOS, N.N.S. A técnica de problema como estratégia de ensino aprendizagem: relato de uma experiência. *Educação e Filosofia,* Uberlândia, v.4, n.7, p.137-142, jul./dez. 1989.

BIZZO, N.M.V. Abaixo as ervilhas. *Sala de Aula,* São Paulo, v.2, n.15, p.17 20, out. 1989.

BIZZO, N.M.V. História de la ciencia y ensenanza de la ciencia: cuales son los paralelos posibles? *Comunicación. Lenguaje & Educación,* v.18. (no prelo)

BIZZO, N.M.V. Quando o forte é a ciência. *Leia,* São Paulo, v.10, n.122, p.47-48, dez. 1988.

CARRAHER, T.N. Desenvolvimento cognitivo e ensino de ciências. *Educação em Revista,* Belo Horizonte, n.5, p.13-19. jul. 1987.

CARVALHO, A.M.P de Os estágios de prática de ensino de Fisica: ação participativa nas escolas estaduais de 2° grau *Cadernos de Pesquisa,* São Paulo, n.53, p 61-67, maio 1985.

CARVALHO, A.M.P. de Formação do conceito de quantidade de movimento e sua conservação em crianças e adolescentes. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos,* Brasilia, v.69, n.163, p.541-562, set./dez. 1988

CARVALHO. A.M P de O laboratório de ensino de fisica. *Boletim EDM FEUSP,* São Paulo, v.7, n.28, p.17-18, abr./jun. 1989.

CARVALHO, A.M.C. Relatório do projeto de levantamento: "Aspectos da realidade do ensino aprendizagem de ciências em Uberlândia". *Educação e Filosofia.* Uberlândia, v.2, n.4, p.181-190, jan /jun. 1988.

CARVALHO, A.M.P. de (Coord.). Síntesis evolutiva de investigaciones en ensenanza de ciências. *Ensenanza de las Ciencias.* Barcelona, v.9, n 2. p.169-174. jun. 1991.

CARVALHO. A.M.P. de. TEIXEIRA, O.P.B. O conceito de velocidade em alunos de 5ª série do 1º grau: um estudo a partir de questões típicas de sala de aula. *Revista da Faculdade de Educação,* São Paulo, v.11, n.1/2, p.173-191, jan./dez. 1985.

COMPIANI, M. Geologia para que te quero no ensino de ciências. *Educação & Sociedade,* Campinas, v.11, n.36, p 100-117, ago. 1990.

DAMLAMIAN,J.,HADLEY.M..WAYBURN,L. De los científicos al público: la comunicación de los resultados de las investigaciones ecológicas. *Perspectivas,* Paris, v 15, n.4, p.649-655, 1985.

GAGLIARDI. R. Como utilizar la história de las ciências en la enseñanza de las ciencias. *Ensenanza de las Ciencias.* Barcelona, v.6, n.3, p.291-296, 1988.

GAGLIARDI, R.; GIORDAN, A. Historia de las ciencias: una herramienta para la ensenanza. *Ensenanza de las Ciências,* Barcelona, v.4, n.3, p253-258, 1986.

GENE, A Cambio conceptual y metodológico en la ensenanza y el aprendizaje de la evolución, de los seres vivos Un ejemplo concreto. *Ensenanza de las Ciencias,* Barcelona, v.9, n.1, p.22-27, 1991.

GOLOVINSKI.E , LAZAROV.D. Un programa experimental de ensenanza integrada de las ciencias naturales en Bulgária. *Perspectivas,* Paris, v.15, n.4, p 635-638, 1985.

GOMES, A.M.R Onde fica a matemática na ordem das coisas? Relato de experiência. *Educação em Revista,* Belo Horizonte, n.6, p.63-67. dez. 1987

HARDING, J. Los jóvenes y las mujeres en la ensenanza cientifica secundária y superior: son poças las escogidas. *Perspectivas,* Paris, v 15, n.4, p.591-603, 1985.

HARLEN, W. Las jóvenes y la ensenanza de las ciencias al nivel primário: sexismo, esteriotipos y remedios. *Perspectivas.* Paris, v.15, n.4, p.579-590, 1985.

HISSA, S Como a ciência está reiventando a vida. *Sala de Aula.* São Paulo, v.3, n.25, p.26-29, nov. 1990.

KRASILCHIK. M. Case of international cooperation in science education, dependence or developnment. *International Journal of Science Education,* Londres, v.11, n.2, p.135-139, 1989.

KRASILCHIK, M. Um caso de estágio na preparação de professores de Biologia. *Revista da Faculdade de Educação,* São Paulo, v.12, n.1/2, p.291-294, jan./dez. 1986.

KRASILCHIK, M. Ciências para a cidadania. *Sala de Aula,* São Paulo, v.1, n.4, p.34, ago. 1988.

KRASILCHIK, M. Comentários sobre a avaliação do projeto para melhoria do ensino de ciências e matemática. *Educação para a Ciência,* Brasilia, v.1, n.1, p.9-11, jan. 1985.

KRASILCHIK, M. Educação ambiental na escola brasileira: passado, presente, futuro. *Ciência e Cultura,* São Paulo, v.38, n.12, p.1958-1961, dez. 1986.

KRASILCHIK, M. Ensinando ciências para assumir responsabilidades sociais. *Revista de Ensino de Ciências,* São Paulo, n.14, p.8-10, set. 1985.

KRASILCHIK, M. Ensino de ciências e formação do cidadão. *Em aberto,* Brasília, v.7, n.40, p.55-60, out./dez. 1988.

KRASILCHIK, M. The Scientists: an experiment in science teaching. *International Journal of Science Education,* Londres, v.12, n.3, p.282-287, 1990.

KRASILCHIK, M. et al. A primeira fase do subprograma Educação para ciência, limitações e possibilidades. *Educação para a Ciência,* Brasilia, v.1, n.2, p.13-15, out. 1985.

KRASILCHIK, M., ISIHI, P.R. Conhecimentos sobre microorganismos entre alunos de 8ª série. *Revista de Ensino de Ciências,* São Paulo, n.20, p.52-53, jul. 1988.

LOCKARD, J.D. La ensenanza de las ciências y de la tecnologia: elementos de un cuadro de la Situación. *Perspectivas,* Paris, v. 15, n.4, p.559-570, 1985.

LORENZ, KM. et al. O ensino de ciências do 1º grau nas escolas brasileira e norte-americana: uma comparação de seus currículos. *Educar,* Curitiba, v.3, n.1, p.47-56, jan./jun. 1984.

MORAES, R. Fundamentos para uma reconstrução curricular em ciências. *Contexto & Educação,* Ijuí, v.4, n.15, p.46-56, jul./set. 1989.

PEREZ, D.G. Três paradigmas basicos en la ensenanza de las ciencias. *Ensenanza de las Ciencias,* Barcelona, v.1, n.1, p.26-33, 1983.

RADILLO, M.G.L. Acerca de la ensenanza de la biologia. *Revista de la Educación Superior,* México, n.77, p.53-69, ene/mar. 1991.

REGO, CA. As quatro operações com frações são fáceis? *Educação em Revista,* Belo Horizonte, n.4, p.30-32, dez. 1986.

RUIZ, A.R., CARVALHO, A.M.P. de. O conceito de proporcionalidade. *Revista da Faculdade de Educação,* São Paulo, v.16, n. 1/2, p.97-131, 1990.

SAAD, A.A. A redação de textos didáticos de ciências para crianças. *Inter-Ação,* Goiânia, v.13, n.1/2, p.61-70, jan./dez. 1989.

SAID, JR. Seguindo o curso da água. *AMAE Educando.* Belo Horizonte, v.22, n.203, p.30-32, maio 1989.

SERBINO, R.V. et al. Ensinar, pesquisar, aprender: uma experiência de formação de professores. *Educação & Sociedade,* Campinas, v 8, n.25, p.129-140, dez. 1986.

SERBINO, R V., BORGES, G.L. de A. Avaliação de currículo: contextualização histórica e percepção de ex-alunos. *Didática,* São Paulo, v.25, p 27-44, 1989.

SILVEIRA, D.L. da. O ensino da ciência com prática da democracia. *Educação & Sociedade,* v.8, n.24, p. 110-115, ago. 1986.

SOUCHON, C. Reflexiones sobre los nuevos enfoques en la ensenanza de las ciências. *Perspectivas,* Paris, v.15, n.4, p.571-577, 1985.

TREIN, ES. et al. Um projeto em questão: a formação continuada para o ensino de ciências. *Contexto & Educação,* Ijuí, v.6, n.21, p.56-65, jan./mar. 1991.

TUNES, E. O ensino de ciências. Boletim do Departamento de Didática UNESP, Araraquara, v.9, n.6, p.119-124, 1990.

VARGAS, C. D. ,MINTZ,V, MEYER, M.A.A. O corpo humano no livro didática ou de como o corpo didático deixou de ser humano. *Educação em Revista,* Belo Horizonte, n.8, p.12-18, dez. 1988.

VIANNA, H.M. Avaliação do desempenho em matemática e ciências: uma experiência em São Paulo e Fortaleza. *Estudos em Avaliação Educacional,* São Paulo, n.5, p.107-120, jan./jun. 1992.

VILA, M. do C. Ensino de matemática: uma proposta alternativa. *Educação em Revista,* São Paulo, n.2, p.47-52, dez. 1985.

WEBER, L, DYASI, H. Dominio del lenguage y observación del médio: requisitos para el acceso a la ciencia de los grupos no dominantes. *Perspectivas,* Paris, v.5, n.4, p.605-617, 1985.

WORTMANN, M.L.C., TEIXEIRA, CM., VEIGANETO, A. J. Livros-texto de ciências: uma análise preliminar. *Educação e Realidade,* Porto Alegre, v.12, n.1, p.65-70, jan./jun. 1987.

D - Revistas Nacionais que Tratam do Assunto

Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis.

Ciência Hoje, São Paulo.

Ciências para criança, São Paulo.

Cultus, São Paulo.

Revista de Ensino de Ciências, São Paulo.

Scientia, Recife.

E - Revistas Internacionais que Tratam do Assunto

Ensenanza de las ciencias, Barcelona.

Internacional Journal of Science Education, London.

Journal of College Science Teaching, Washington, D.C.

Journal of Research in Science Teaching, New York.

School Science Review, Hertford, England.

Science Activities, Washington, D.C.

Science and Children, Washington, D.C.

Science Education, New York.

Livros Grátis

(http://www.livrosgratis.com.br)

Milhares de Livros para Download:

Baixar livros de Administração
Baixar livros de Agronomia
Baixar livros de Arquitetura
Baixar livros de Artes
Baixar livros de Astronomia
Baixar livros de Biologia Geral
Baixar livros de Ciência da Computação
Baixar livros de Ciência da Informação
Baixar livros de Ciência Política
Baixar livros de Ciências da Saúde
Baixar livros de Comunicação
Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE
Baixar livros de Defesa civil
Baixar livros de Direito
Baixar livros de Direitos humanos
Baixar livros de Economia
Baixar livros de Economia Doméstica
Baixar livros de Educação
Baixar livros de Educação - Trânsito
Baixar livros de Educação Física
Baixar livros de Engenharia Aeroespacial
Baixar livros de Farmácia
Baixar livros de Filosofia
Baixar livros de Física
Baixar livros de Geociências
Baixar livros de Geografia
Baixar livros de História
Baixar livros de Línguas

Baixar livros de Literatura
Baixar livros de Literatura de Cordel
Baixar livros de Literatura Infantil
Baixar livros de Matemática
Baixar livros de Medicina
Baixar livros de Medicina Veterinária
Baixar livros de Meio Ambiente
Baixar livros de Meteorologia
Baixar Monografias e TCC
Baixar livros Multidisciplinar
Baixar livros de Música
Baixar livros de Psicologia
Baixar livros de Química
Baixar livros de Saúde Coletiva
Baixar livros de Serviço Social
Baixar livros de Sociologia
Baixar livros de Teologia
Baixar livros de Trabalho
Baixar livros de Turismo