

## 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 às 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 dileitante 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 cinquenta 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 diazepam 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 Vietnã, 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 consequência 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 entrecrocaram, 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 preocupadas 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: "O 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 científica 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/rationais/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 nível, em suas respostas sobre ciências, acrescentaram aos fatores objetivos/rationais, 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 início 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 morreria/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 Patterns 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.