

Jonathan Osborne esteve em Portugal em 2000, convidado pela Sociedade Portuguesa de Física (SPF) para o Encontro "Física 2000", que teve lugar na Figueira da Foz. Este artigo tem por base a intervenção que fez nessa altura sobre educação científica e que levantou alguma polémica.

JONATHAN OSBORNE

Department of Education and Professional Studies  
King's College London  
Franklin-Wilkins Building  
150 Stamford Street  
London SE1 9NN  
Inglaterra

stsq7575@mail.kcl.ac.uk

(Tradução do original inglês por Florbela Meireles, revista por Carlos Fiolhais).

# A EDUCAÇÃO O SOCIEDADE DE DIFICULDADES, E DILEMAS

Tal como é praticada actualmente, a educação científica assenta num conjunto de normas culturais antigas. Estas são *"valores que emanam da prática e acabam por ser santificados. Quanto mais antigos forem, maior é a tendência para os considerar absolutos"* (Willard, 1985).

Uma observação mais cuidada e a investigação contemporânea mostram que estas normas estão bem mais afastadas das verdades auto-evidentes do que julgávamos – o que eu chamo os oito "pecados mortais" do ensino das ciências. A investigação indica que a confiança na ciência na sociedade de hoje depende do conhecimento não só dos conceitos básicos e ideias da ciência, mas também do modo como esta se relaciona com outros fenómenos, uma vez que é importante o modo como surgiu esta visão particular do mundo. Portanto, uma educação científica que foque sobretudo os produtos intelectuais do trabalho científico – os "factos" da ciência – não consegue atingir o seu objectivo. A educação científica deveria, assim, assentar num triunvirato de conhecimento e compreensão de:

- Conteúdos científicos;
- O método da investigação científica;
- A ciência como um empreendimento social, isto é, as práticas sociais da comunidade científica.

Verifica-se que, em muitos países, a prática da educação científica na escola funciona como um mecanismo de selecção dos poucos que serão os futuros cientistas. Consequentemente, a ênfase reside nos conteúdos da

# CIENTÍFICA NA HOJE: QUESTÕES

ciência e nos conhecimentos bem estabelecidos e consensualmente aceites. A ausência de ciência moderna – a ciência que mais interessa aos jovens – salta à vista. O resultado é um currículo cuja relevância é apenas marginal e cujo valor instrumental é apenas extrínseco, para um conjunto limitado de aspirações profissionais, e não intrínseco. As sociedades ocidentais não podem dar-se ao luxo de permitir a alienação e o desinteresse na ciência gerados por esses cursos. Em primeiro lugar, na frente económica, a falta de "recrutadas" de ciência e tecnologia coloca em risco economias que dependem fortemente das capacidades e conhecimentos das disciplinas científicas.

Em segundo lugar, o crescente distanciamento e ambivalência relativamente à ciência ameaçam a relação da ciência com os seus públicos. A desconfiança pública na perícia científica corre mesmo o risco de colocar restrições indesejáveis à investigação e ao desenvolvimento tecnológico futuros. O receio do pior está a levar o público a exigir uma aplicação ingénua à investigação científica do chamado princípio da precaução, limitando potencialmente os avanços que a ciência oferece para resolver a pletera de problemas que a nossa sociedade enfrenta. No Reino Unido, por exemplo, grupos de pressão significativos têm defendido que toda e qualquer investigação sobre alimentos geneticamente modificados deva ser interrompida brandindo argumentos éticos altamente questionáveis.

Por que está, então, generalizada a falha da educação científica em desenvolver uma compreensão apropriada da

ciência, um empenho mais positivo nos frutos do trabalho científico e um entendimento crítico mas construtivo das suas capacidades e das suas limitações? O meu argumento é que essa falha é causada por um conjunto de oito normas inquestionadas que adiante são discutidas em pormenor. São elas:

## *a) A falácia da miscelânea de informação*

Muitos cursos de ciências tentam obrigar os alunos a memorizar uma série de factos "secos" que nem sempre um cientista profissional conhece, tais como a densidade de várias substâncias, o peso atómico de vários elementos químicos, factores de conversão de um sistema de unidades para outro, a distância em anos-luz da Terra para várias estrelas, etc. Contudo, um corpo de conhecimentos cada vez maior mostra que o saber científico é apenas uma parte das múltiplas competências exigidas a um adulto na sua vida profissional e, se não for usado, é rapidamente esquecido (Coles, 1998; Eraut, 1994).

## *b) A falácia fundacional*

Segundo esta falácia, uma vez que o conhecimento científico é ele próprio difícil e difícil de atingir, a aprendizagem e a compreensão da ciência requerem um processo em que o conhecimento e a compreensão do aluno são construídos "tijolo a tijolo" ou "facto a facto".

Por consequência, só aqueles que chegam ao fim conseguem compreender o esplendor do edifício construído. A prática corrente, portanto, é semelhante a mostrar um puzzle a uma criança fornecendo-lhe apenas algumas das suas mil peças, esperando que ela consiga visualizá-lo por inteiro, em vez de lhe dar uma versão simplificada de cem peças. Com efeito, os alunos, embora consigam ver o detalhe microscópico, perdem a sua relevância e o seu valor – as coisas que afinal mais interessam (Rowe, 1983).

## *c) A falácia da cobertura*

Penso que estamos a sofrer da ilusão de que a ciência que transmitimos tem de ser simultaneamente abrangente e equilibrada. O resultado é uma tentativa de transmitir uma mistura de todas as ciências e encher mais e mais um recipiente em geral atrofiado. Claramente, enquanto as fronteiras do saber científico se expandem desde a biologia evolucionista até à moderna cosmologia, mais e mais conhecimentos lutam por um lugar no currículo. Além disso, a separação é cada vez maior entre as próprias disciplinas. Por exemplo, poucas pessoas fazem hoje em dia uma licenciatura geral em biologia. Os tempos da

zoologia e da botânica foram substituídos pelos dias da genética molecular, imunologia e outras especialidades. Contudo, tal como os professores de literatura nunca sonhariam em abranger todo o corpo da literatura mundial, optando antes por escolher um leque de exemplos que ilustram os diferentes modos de produzir boa literatura, não terá chegado o tempo de reconhecer que é nossa responsabilidade seleccionar algumas das melhores "histórias explicativas" que as ciências nos oferecem? E não será a qualidade da experiência e não tanto a quantidade a medida determinante de uma boa educação científica?

#### d) *A falácia de uma ciência autónoma*

O ensino das ciências persiste em apresentar uma visão idealizada da ciência em que esta é objectiva, autónoma e isenta. Tal visão é errada em três aspectos. Primeiro, o público em geral e os jovens em particular não distinguem ciência de tecnologia. Segundo, a ciência é um produto social e a linguagem e as metáforas que cria estão enraizadas na cultura e nas vidas dos cientistas que produzem novos conhecimentos. Terceiro, aqueles que se empenham na ciência não são os desapaixonados, os cépticos e os desinteressados que Merton (1973) descreve. A ciência é uma prática social feita por indivíduos que partilham uma "*matriz de compromissos disciplinares, valores e exemplos de investigação*" (Delia, 1977).

No contexto contemporâneo, onde muitos cientistas são empregues por empresas com interesses ocultos, é difícil defender o argumento de que a ciência é simplesmente a "procura da verdade", intocada por ambições profissionais ou por compromissos ideológicos. Nos dias de hoje, os cientistas são julgados em função não apenas da informação que conseguem produzir mas também da empresa para a qual trabalham (Durant e Bauer, 1997). Finalmente, a separação da ciência e da tecnologia exclui qualquer consideração das respectivas implicações sociais.

Como argumenta Ziman (1994), se a educação científica não consegue dar o pequeno passo da ciência para as suas aplicações tecnológicas, como poderá dar o passo muito maior para as suas implicações na sociedade em que está inserida? Assim, a abordagem à ciência baseada nas questões e conteúdos da Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), uma abordagem orientada para o aluno que se difundiu rapidamente nos anos 80 (Solomon e Aikenhead, 1994), deu bons resultados do ponto de vista afectivo (Aikenhead, 1994). Contudo, é uma abordagem que tem diminuído no seio de um currículo hostil, como é o programa nacional inglês e galês, que mostra uma obsessão apenas com a ciência.

#### e) *A falácia do pensamento crítico*

Esta é a suposição de que o estudo de ciências ensina aos alunos o pensamento reflexivo, crítico e a análise lógica, que pode depois ser aplicada a outros assuntos. Uma simples observação das vidas de cientistas fora do laboratório ou do estudo científico mostra que os cientistas não são, como sabemos, nem mais nem menos racionais do que os outros humanos. Desta suposição falaciosa surge a ideia de que o mero contacto com a ciência imbuirá o indivíduo de um sentido de racionalidade crítica por um processo de osmose invisível. Tal suposição é também questionada pelo problema dos quatro cartões de Wason e pelo problema 2, 4, 6 de Wason (Wason e Johnson-Laird, 1972), que requerem uma estratégia científica *standard* de falsificação para determinar a resposta correcta e que muito poucos usam, incluindo os próprios cientistas.

Em segundo lugar, a noção de que a ciência desenvolve capacidades generalizáveis e transferíveis é também uma suposição questionada pela investigação, segundo a qual o uso que as pessoas fazem do seu conhecimento e do seu raciocínio se situa num certo contexto (Carragher, Carragher, e Schliemann, 1985; Lave, 1988; Seely Brown, Collins, e Duiguid, 1989) e que esse conhecimento separado é de pouca utilidade até ser transposto para uma forma compreensível pelo utilizador.

#### f) *A falácia do método científico*

Este é o mito de que existe um método científico singular ao passo que a história das pessoas que levaram a cabo as grandes descobertas mostra não só que os cientistas raramente seguem um procedimento muito lógico, mas que os seus métodos variam consideravelmente de umas ciências para as outras. Os métodos empregues pelos paleontólogos no seu trabalho de campo não são semelhantes aos que são usados pelo físicos teóricos. Como Norris (1997) salientou, "*a mera consideração das ferramentas matemáticas disponíveis para análise de dados coloca imediatamente o estudo do método para além do que é possível aprender numa vida inteira.*" Resumindo, o conhecimento dos procedimentos da ciência é tão vasto quanto o do corpo dos seus conteúdos.

No entanto, a ciência que gradualmente confronta o cidadão nos media, com foco em questões ambientais e biológicas, baseia-se principalmente em provas por estabelecimento de correlações e usa metodologias como ensaios clínicos com controlo de caso. Contudo, onde e quando há um tratamento das capacidades e limitações de tais provas (Bencze, 1996)? Não será tempo de desistir

da noção de um método científico singular e apresentar antes um vasto leque de ideias sobre a ciência e o seu modo de funcionamento?

### i) A falácia da utilidade

Este é o mito segundo o qual o conhecimento científico tem uma utilidade para os cidadãos – de que ele é essencial para dominar a tecnologia, para remediar os seus defeitos, e para viver confortavelmente na cultura tecnológica que nos rodeia. De facto, à medida que as máquinas se vão tornando cada vez mais "inteligentes", o seu uso requer menos cuidados e menos raciocínios. Os artefactos técnicos que deixam de funcionar são simplesmente despejados no lixo porque o custo da sua reparação é proibitivo. E aqueles que vale a pena reparar, tais como o carro, a máquina de lavar ou a fotocopiadora, possuem um nível de complexidade tecnológica que, embora simplifique o seu uso, os torna opacos para toda a gente excepto os especialistas.

Até a utilidade económica é questionável quando as tendências correntes de emprego, pelo menos no Reino Unido e nos EUA, sugerem que, embora precisemos de manter o número actual de cientistas, não há nenhuma indicação de que seja necessário aumentar significativamente o número de estudantes de ciências, que continua a ser uma minoria de cerca de 10-15 por cento da comunidade escolar (Coles, 1998; Shamos, 1995).

### j) A falácia da homogeneidade

A educação científica tem lugar, em muitos países, sob a falácia de que a sua "clientela" está mais bem servida por um currículo homogéneo, embora os públicos possam diferir em aptidões e capacidades. Tais currículos são normalmente definidos por conjuntos de *standards* nacionais que, embora possam ser de aceitação voluntária, consagram expectativas difíceis de alcançar. Com a sua devoção à ciência pura, uma abordagem fundamentalista e um sistema de avaliação de "aposta alta", o resultado é uma pedagogia baseada na transmissão (Hacker e Rowe, 1997). Estes currículos têm as suas raízes ideológicas firmemente plantadas num conjunto de valores que favorecem o conhecimento em detrimento da praxis, a educação em detrimento do treino e o conteúdo em detrimento do processo. Na adolescência, o imperativo da relevância desafia cada vez mais a gratificação atrasada que tais programas oferecem conduzindo à desmotivação e ao desinteresse (Osborne, Driver, e Simon, 1996).

Tais currículos não se adequam bem à procura crescente de programas que desenvolvam a compreensão pública

da ciência. Dados da investigação indicam que o lugar principal de contacto do público com a ciência é ocupado pelos media. Certas pesquisas mostram que compreender e interpretar a ciência nos media requer uma visão que reconheça a ciência como uma prática social e o conhecimento científico como um produto de uma comunidade (Norris e Phillips, 1994; Zimmerman, Bizanz, e Bisanz, 1999). Por exemplo, a ideia de que novos conhecimentos não se tornam públicos até que tenham sido verificados por várias instituições científicas e que os artigos não são publicados antes de terem sido revistos por pares.

Restabelecer a confiança na ciência, ou mantê-la, requer uma abertura a todos os mecanismos reguladores que assegurem a validade do juízo e da perícia científica assim como uma compreensão tão abrangente quanto possível destes mecanismos.



Quais são, então, os métodos, práticas e componentes de uma nova visão da educação científica que possa ir ao encontro destas preocupações? O esboço geral de uma tal visão encontra-se desenvolvido em *Beyond 2000: Science Education for the Future* (Millar e Osborne, 1998). Neste relatório, argumentámos em favor de dez recomendações que respondem a muitas das críticas acima mencionadas. São as seguintes:

- 1) Educação científica para a "literacia científica".
- 2) Uma escolha deve ser permitida aos 14 anos de idade.
- 3) O currículo necessita de objectivos.
- 4) O conhecimento científico pode ser apresentado de modo mais eficaz por um conjunto de "histórias explicativas".
- 5) A tecnologia não pode continuar a ser separada da ciência.
- 6) Os currículos de ciências têm de dar mais ênfase a "ideias-chave" sobre a ciência.
- 7) A ciência deve ser ensinada usando uma grande variedade de métodos e abordagens.
- 8) A avaliação necessita de medir a capacidade dos alunos de entender e interpretar a informação científica.

- 9) As mudanças a curto prazo são limitadas.  
 10) Tem de ser estabelecido um procedimento formal para testar abordagens inovadoras.  
 Contudo, a reforma dos currículos das ciências para responder aos desafios da sociedade moderna enfrenta alguns obstáculos que têm de ser analisados. Estes são as limitações das qualificações e capacidades do corpo dos professores de ciências; os problemas associados ao desenvolvimento de formas apropriadas de avaliação; a resistência das instituições estabelecidas, e, em geral, a cultura do ensino das ciências.

### REFORMA CURRICULAR

Qualquer novo currículo que dê mais ênfase ao desenvolvimento da compreensão da essência e dos processos científicos exigiria aos professores um certo conhecimento dessas dimensões da ciência. Contudo, os professores de ciências são os produtos de uma educação que prestou pouca atenção à história e que fez pouca observação das práticas sociais. E por uma boa razão – a ideologia dominante da ciência é caracterizada pelo dogmatismo e pela autoridade. As raízes do conhecimento científico, que se baseiam em progresso por tentativa e erro, são substituídas por um corpo de conhecimento inequívoco, inquestionável e incontestado que resulta da progressão linear e bem sucedida do trabalho de gênios isolados, trabalho esse destituído de qualquer contexto cultural. O resultado dessa educação é um corpo de professores de ciências com uma visão ingênua da natureza da ciência - que a vêem como um processo empírico em que as teorias científicas são provadas por indução (Koulaidis e Ogborn, 1995; Lakin e Wellington, 1994).

Da mesma forma, Donnelly (1999) mostrou que os professores de ciências vêem o seu trabalho dominado mais pelos conteúdos do que pelo processo, o que contraria o tratamento contemporâneo que os professores de História usam para desenvolver a compreensão sobre o que é fazer história. A importância do trabalho experimental para a ciência e para os professores é tal que estes têm de dispor de laboratórios especializados. Mas os laboratórios podem tornar-se meros artefactos retóricos em que a visão científica do mundo é usada para ilustrar a previsibilidade da Natureza e inspirar confiança no retrato que se faz desta (Donnelly, 1998). Por isso – e este é o meu primeiro problema – será razoável pedir aos professores de Ciências que ensinem as suas disciplinas com ênfase naquilo de que eles próprios só possuem um conhecimento muito limitado?

A história da inovação educacional nos currículos de Ciências mostra que as mudanças, apoiadas por novos

manuals e por treinos extensivos, tiveram um sucesso muito limitado. A influência modernizadora da Fundação Nuffield e o desenvolvimento que lhe esteve associado de novos materiais, aparelhos e programas nos anos 60 levou a uma penetração no mercado de aproximadamente 30 por cento. Garantiu também na altura que os professores tivessem maior independência para seleccionar os materiais e os programas mais apropriados aos seus alunos. No entanto, tentativas para introduzir alterações sob o "guarda-chuva" do currículo nacional – particularmente quando essas alterações colidem com modelos falaciosos da ciência – têm encontrado uma resistência tão substancial que o currículo concretizado é, na melhor das hipóteses, uma sombra pálida da versão pretendida.

A versão de 1991 do currículo inglês e galês de ciências introduziu um modelo de trabalho investigativo, baseado na prática, que era pouco familiar e desagradava aos professores, que não conseguiam partilhar ou sequer entender as suas intenções. O resultado foi um longo período de adaptação enquanto os professores reorganizavam o currículo para legitimar um trabalho que era uma representação distorcida das intenções do documento nacional.

Muitos professores ficaram descontentes e até alienados (Donnelly, Buchan, Jenkins, Laws, e Welford, 1996). A lição a tirar destes problemas estava clara desde as primeiras pesquisas sobre reformas educativas (Fullan, 1991; Joyce, 1990), mas foi ignorada. Primeiro, os professores têm de estar insatisfeitos com o actual currículo para que possam ouvir os argumentos a favor da mudança. Segundo, se a mudança tiver efectivamente lugar, os professores têm de ser apoiados no desenvolvimento de novas práticas, novos corpos de conhecimento e novos métodos pedagógicos. No mínimo, tal exige a reescrita dos materiais de apoio ao currículo, que deveriam fornecer ilustrações exemplares das ideias a ensinar assim como sugestões dos modos de as transmitir. Um apoio mais substancial requereria um programa de desenvolvimento profissional realizado por indivíduos que fossem, eles próprios, professores competentes, produtivos e capazes de compreender bem uma nova reforma. Na melhor das hipóteses, haveria treino *in situ* para todos os professores que o solicitassem.

### AVALIAÇÃO

O meu segundo problema prende-se com o papel da avaliação na actual conjuntura nacional e internacional. Nos últimos 20 anos, imperativos políticos conduziram à necessidade de medir a performance do sistema educativo. A consequência tem sido o incremento de sistemas nacionais de avaliação baseados em testes para certas idades

(no Reino Unido estas idades são os 7, 11 e 14 anos). Há também um exame final para alunos de 16 anos e os novos sistemas introduzidos exigirão igualmente exames aos 17 e 18 anos. Temos também observado um aumento, a nível internacional, de uma avaliação comparativa entre países que tem sido utilizada para medir a qualidade global da educação (Beaton *et al.*, 1996). Em resultado disso, a avaliação tem adquirido uma importância que ultrapassa o mero fornecimento de uma medida segura e válida do nível de conhecimentos e compreensão das crianças. Pelo contrário, o realce foi colocado na medida das capacidades do professor; consequentemente, quando integrada em toda a escola, uma medida da qualidade da educação fornecida pela escola; e depois, quando integrada em todo o país, uma medida da qualidade de todo o sistema educativo. Uma crítica de Gibbs e Fox (1999) consiste exactamente em saber se este último objectivo é atingido, afirmando esse autores que a dispersão dos resultados é mínima e dentro da variação normal de cada um. Assim, a avaliação, em vez de servir como ferramenta para beneficiar as crianças, proporcionando um julgamento quer formativo quer somativo das suas aptidões, tornou-se escrava de uma mentalidade burocrática que procura monitorizar o desempenho do sistema. Poderia argumentar-se que estes dois objectivos não são desligados, mas a realidade é bem diferente.

Problemas semelhantes têm dificultado as tentativas de obter indicadores do performance do Serviço Nacional de Saúde, das companhias ferroviárias privatizadas e de uma série de serviços públicos. É seleccionada uma série de indicadores pela capacidade que eles têm de representar a qualidade do serviço, mas, quando eles são usados como únicos indicadores de qualidade, o seu carácter manipulável destrói a relação entre indicador e indicado. Ao dirigir cada vez mais a atenção para indicadores particulares de desempenho conseguiu-se aumentar o valor do indicador, mas o valor do indicado não foi relativamente afectado. Assim, enquanto as medidas dos resultados escolares das crianças mostram melhorias de ano para ano, a qualidade real da sua educação mantém-se praticamente inalterada.

A lição a extrair é, então, que, ao procurar tornar o importante mensurável, apenas o mensurável se tornou importante. O segundo problema é que, dentro da ciência escolar, os itens da avaliação são normalmente escolhidos por aqueles que foram, ou são ainda, professores de ciências no activo. Tal como se diz que só se ensina aquilo que se consegue ensinar, também a avaliação se baseia frequentemente nos valores normativos do que se julga ser possível avaliar. Daí que a avaliação da compreensão que os alunos fazem dos processos da ciência, ou

das suas práticas sociais, não seja tida em conta porque não há um corpo estabelecido sobre o modo de avaliar esses itens. Na pior das hipóteses, os especialistas em avaliação defenderão simplesmente que é demasiado difícil, demorado e caro avaliar a compreensão de tais aspectos e, na melhor das hipóteses, dirão que desconhecem o modo de o fazer. Por isto, num contexto gerado pela importância da medição do desempenho dos alunos, professores e escolas, a mensagem clara para os professores é que a falta de qualquer tipo de avaliação sobre um dado tópico significa que se trata de um item estranho ao objectivo pretendido e, por isso, irrelevante.

Duas mensagens emergem desta experiência para os autores do currículo de ciências e para os políticos. Primeiro, se um tópico é suficientemente importante para ser incluído no currículo, então também é suficientemente importante para ser avaliado. E, se há actualmente falta de experiência sobre o modo de levar a cabo tal avaliação, então é necessário desenvolver meios que avaliem a compreensão pelos alunos de toda a extensão do conhecimento e desempenho exigidos pelo currículo desejado.



### DESAFIAR OS RESPONSÁVEIS

Quem tem a maior responsabilidade na prática actual são as universidades que vêem o sistema escolar como um fornecedor de estudantes "crus" e "noviços" para os treinar como futuros cientistas. Na sua perspectiva, a educação escolar das ciências deveria ser uma educação intensiva focada nos conceitos fundamentais da ciência.

As tentativas de enfraquecer este objectivo têm enfrentado, historicamente, uma grande resistência e, nalguns casos, têm mesmo levado à recusa por parte das universidades em admitir alunos com qualificações alternativas, ou à definição de qualificações aceitáveis pela instituição. Uma reacção tão forte diminui severamente os limites da mudança e tem constituído, até à data, um obstáculo decisivo que a impede. As alterações ao currículo escolar de ciências

só terão êxito quando a ciência escolar for separada da ciência acadêmica nas universidades, ou, no mínimo, quando for mais fraca a interdependência das duas. O argumento para a mudança tem dois lados, apresentando tanto uma dimensão ética como os próprios interesses da ciência. Primeiro, para a grande maioria dos alunos, a ciência escolar é um fim em si mesma. Contudo, basear o currículo nas necessidades daqueles que irão continuar a ter uma educação científica não se justifica a não ser que se acredite que só a educação de uma elite platônica servirá o bem geral. Numa época em que dependemos todos de peritos especializados, a relação do público com qualquer corpo profissional está baseada no equilíbrio entre o risco e a confiança. O desenvolvimento de uma relação de confiança não depende do conhecimento de um conteúdo, que é esquecido rapidamente quando se sai da escola, mas sim de abrir a "caixa negra" da ciência para que os alunos possam entender o que é fazer ciência, como ela se auto-regula e por que razão se pode confiar nela - reorientando o currículo do conteúdo para a prática. Uma educação desse tipo beneficiaria não só o futuro cidadão leigo, mas também o futuro cientista.

Deveria haver, igualmente, mais opções acadêmicas para aqueles que manifestassem o interesse acadêmico tradicional nas ciências. Uma tal mudança significaria, inevitavelmente, que as universidades se veriam obrigadas a responder com um maior compromisso relativamente aos conceitos fundamentais da educação.

## CONCLUSÕES

Muitos poderão resistir à mudança aqui indicada mas a questão central é saber se o actual status quo é aceitável para a educação científica dos cidadãos do século XXI.

Numa era em que as questões científicas, como a modificação genética de alimentos, o aquecimento global e outras emergem continuamente como dilemas políticos e morais que se colocam à sociedade, o afastamento ou o desencantamento da nossa juventude em relação à ciência poderão aumentar a separação já existente entre ciência e sociedade. Este é um preço que uma sociedade industrial avançada não pode pagar, tanto ao nível do indivíduo, que poderá rejeitar conselhos científicos inequivocamente válidos, como ao nível da sociedade, que poderá impôr limitações à investigação científica com resultados potencialmente benéficos para a humanidade. Mais trágica será a mera rejeição de um corpo de conhecimentos que representa um dos maiores triunfos culturais das sociedades modernas. Como sociedade, temos de nos perguntar se este é um preço que estamos dispostos a pagar.

## REFERÊNCIAS

- Aikenhead, G. (1994). What is STS Science Teaching? In J. Solomon e G. Aikenhead (Eds.), *STS Education: International Perspectives on Reform* (pp. 47-59). New York: Teachers College Press.
- Beaton, A., Martin, M. O., Mullis, I., Gonzalez, E. J., Smith, T. A. e Kelley, D. L. (1996). *Science Achievement in the Middle School Years: IEA's Third International Mathematics and Science Study*. Chestnut Hill, Ma: Boston College.
- Bencze, J. L. (1996). Correlational studies in school science: breaking the science – experiment - certainty connection. *School Science Review* 78(282), 95-101.
- Carraher, T., Carraher, D. e S Schliemann, A. (1985). Mathematics in the streets and in the schools. *British Journal of Developmental Psychology* 3, 22-29.
- Coles, M. (1998). *The Nature of Scientific Work? A study of how science is used in work settings and the implications for education and training programmes*. Unpublished PhD, Institute of Education, London.
- Delia, J. (1977). Constructivism and the study of human communication? *Quarterly Journal of Speech* 41, 66-83.
- Dillon, J., Osborne, J. Fairbrother, R. e Kurina, L. (2000). *A study into the professional views and needs of science teachers in primary e secondary schools in England*. London: King's College.
- Donnelly, J. (1998). The place of the laboratory in secondary science teaching. *International Journal of Science Education* 20(5), 585-96.
- Donnelly, J. (1999). Interpreting differences: the educational aims of teachers of science and history, and their implications. *Journal of Curriculum Studies* 31(1), 17-41.
- Donnelly, J., Buchan, A., Jenkins, E., Laws, P. e Welford, G. (1996). *Investigations by order: Policy, curriculum and science teachers' work under the Education Reform Act*. Nafferton: Studies in Science Education.

- Durant, L. e Bauer. (1997). *Public understanding of science: The 1996 survey*. Comunicação apresentada num seminário da The Royal Society, Dec. 8,1997.
- Eraut, M. (1994). *Developing professional knowledge and competence*. London: Falmer Press.
- Fullan, M. (1991). *The new meaning of educational change*. (2nd ed.). London: Cassell.
- Gibbs, W. W. e Fox, D. (1999, October). The False Crisis in Science Education. *Scientific American* 87-93.
- Hacker, R. J. e Rowe, M. J. (1997). The impact of National Curriculum development on teaching and learning behaviours. *International Journal of Science Education* 19, 997-1004.
- Joyce, B. (Ed.). (1990). *Changing school culture through staff development: 1990 yearbook of the Association for Supervision and Curriculum Development*.
- Koulaidis, V. e Ogborn, J. (1995). Science teachers' philosophical assumptions: how well do we understand them? *International Journal of Science Education* 17(3), 273-282.
- Lakin, S. e Wellington, J. (1994). Who will teach the 'nature of science?': teachers' views of science and their implications for science education. *International Journal of Science Education* 16(2), 175-190.
- Lave, J. (1988). *Cognition in practice: Mind, mathematics and culture in everyday life*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Merton, R. K. (Ed.). (1973). *The sociology of science: Theoretical and empirical investigations*. Chicago: University of Chicago Press.
- Millar, R. e Osborne, J. F. (Eds.). (1998). *Beyond 2000: Science Education for the Future*. London: King's College.
- Norris, S. (1997). Intellectual Independence for Nonscientists and Other Content – Transcendent Goals of Science Education. *Science Education* 81(2), 239-258.
- Norris, S. e Phillips, L. (1994). Interpreting pragmatic meaning when reading popular reports of science. *Journal of Research in Science Teaching* 31(9), 947-967.
- Osborne, J. F. e Collins, S. (2000). *Pupils' and Parents' Views of the School Science Curriculum*. London: King's College.
- Osborne, J. F., Driver, R. e Simon, S. (1996). *Attitudes to Science: A Review of Research and Proposals for Studies to Inform Policy Relating to Uptake of Science*. London: King's College.
- Rowe, M. (1983). Science education. a framework for decision making. *Daedalus* 112, 123-42.
- Seely Brown, J., Collins, A. e Duiguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher* 18, 32-42.
- Shamos, M. H. (1995). *The myth of scientific literacy*. New York; Rutgers University Press.
- Solomon, J. e Aikenhead, G. (Eds.). (1994). *STS Education: International Perspectives on Reform*. New York: Teachers College Press.
- Wason, P. C. e Johnson – Laird, P. N. (1972). *Psychology of reasoning: Structure and content*. London: Batsford.
- Willard, M. H. (1985). The science of values and the values of science – in Cox, M. Sillars e G. Walker (Eds.) *Argument and social practice: The fourth SCA/AFA summer conference on argumentation* (pp. 435-444). Annadale, VA: Speech Communication Association.
- Ziman, J. (1994). The rationale of STS education is in the approach. In J. Solomon e G. Aikenhead, *STS education: International perspectives on reform* (pp. 21-31). New York. Teachers College Press.
- Zimmerman, C., Bizanz, G. L. e Bisanz, J. (1999, March 28-31). *Science at the Supermarket: What's in Print, Experts' Advice, and Students' Need to Know*. Artigo apresentado à National Association for Research in Science Teaching, Boston.