

UMA POLÍTICA DE EDUCAÇÃO EM CIÊNCIA

FÁTIMA TERESA BRAGA BRANQUINHO

TEV
200
PRETO

UMA POLÍTICA DE EDUCAÇÃO EM CIÊNCIA

FÁTIMA TERESA BRAGA BRANQUINHO

ORIENTADOR: JORGE FERREIRA DA SILVA

Dissertação de Mestrado submetida
como requisito parcial para a ob-
tenção do grau de mestre em Educa-
ção.

90

Rio de Janeiro

Fundação Getulio Vargas

Instituto de Estudos Avançados em Educação

Administração de Sistemas Educacionais

1992

AGRADECIMENTOS

A meus pais pelo apoio inestimável.

Ao querido Paulo pelo auxílio valioso, não permitindo que eu desanimasse.

Aos meus filhos Thiago e Paula pela paciência quase infinita.

As minhas filhas Letícia e Cecília (in memorian) pelo legado de amor.

A Jorge Ferreira da Silva cuja orientação segura tornou possível essa orientação.

R E S U M O

A análise de uma experiência educacional iniciada a partir de um convênio entre a UERJ e a FIOCRUZ permitiu a formulação de uma política de educação voltada para a melhoria da formação básica em ciência. A preocupação com o tema justifica-se pelo fato de que as sociedades científicas atuais impõem uma exigência para que seus indivíduos compreendam e participem das discussões que determinam os rumos tomados por essas sociedades: saber ciência.

A cibernética e as ciências de cognição, raízes da última Revolução Científica, cederam o paradigma holográfico para embasar a concepção da educação usada como fundamento para a política formulada.

SUMMARY

The analysis of an educational experience started from a pact between Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) and Fundação Osvaldo Cruz (FIOCRUZ) permitted the formulation of an educational policy toward the improvement of the basic graduation in Sciences.

The worry with the topic is justified due to the nowadays scientific societies establish a requirement to the people understand and participate of the discussions that determine the ways gotten by these societies: to Know Sciences.

The cibernetic and the cognition sciences, roots of the last Scientific Revolution, gave up the holographic paradigm to base the conception of education used as principle to the policy formulated.

S U M Á R I O

Pag.

INTRODUÇÃO

I - FORMAÇÃO BÁSICA EM CIÊNCIA: ASPECTOS DA DISCUSSÃO ATUAL

1. Uma política a ser definida
2. A concepção da Ciência e a cidadania
3. A concepção da Ciência e a escola
4. O medo do erro e a validade da Ciência
5. Algumas considerações

II - A EDUCAÇÃO EM CIÊNCIA E CAPACIDADE DE AUTO-ORGANIZAÇÃO: UMA POSSIBILIDADE DE SOBREVIVÊNCIA

1. A terceira Revolução Científica
2. A Cibernética, o Cérebro e a auto-organização
3. Um modelo holográfico
4. Algumas considerações

III - DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E EDUCAÇÃO: DUAS VERSÕES BRASILEIRAS

1. Ciência e Tecnologia na versão dos cientistas brasileiros em 1985
2. Ciência e Tecnologia na versão dos cientistas brasileiros em 1989
3. Aspectos Relevantes do pensamento da comunidade científica
4. Algumas considerações

IV - PROGRAMA "VOCAÇÃO CIENTÍFICA"

1. Da idéia à implementação
2. A implementação
3. Os desdobramentos
4. O Programa hoje
5. Algumas considerações

V - POLÍTICA DE EDUCAÇÃO EM CIÊNCIA

1. Um modelo de classificação e análise de política
2. A classificação do Programa "Vocação Científica"
3. A análise do Programa "Vocação Científica"
4. Elementos para uma nova política
5. Uma nova política

I N T R O D U Ç Ã O

O trabalho educacional causa a impressão de estar sempre começando. Na verdade a natureza deste comentário é bastante ambígua. Se por um lado indica a impregnação por um sentimento de eternidade que parece entrelaçar o final de uma atividade ao início de outra, como se não houvesse um fim possível para a tarefa, de outro pretende dizer que, lamentavelmente, não existe continuidade nas ações implementadas na área. Em cada gestão, excetuando-se um ou outro órgão, reformulam-se metas e meios, sem que uma política para o setor seja identificada e definida.

Já acreditei que a maior parte dos problemas educacionais originava-se da falta de clareza dos gestores em abraçar firmemente determinada concepção filosófica e orientar sua prática segundo os princípios correspondentes, do início ao fim de sua permanência no plano decisório. Em outras palavras, pensava que conhecer profundamente as correntes do pensamento humano e optar por aquela que melhor explicasse os fenômenos sociais seria a chave para responder as questões "o que fazer?" e "como fazer?" em educação.

Com o correr do tempo, descobri o meu equívoco. Uma escola capaz de contribuir para a formação de cidadãos participantes é a escola plural, em cujo espaço há lugar para todas as correntes, todas as concepções, toda "filosofia", todo resultado da história humana. Mas que, antes de tudo, se define uma linha de ação, uma política. Creio, hoje, que, numa escola nova,

voltada para uma sociedade em que a ciência e a técnica invadiram o dia-a-dia das pessoas, necessita-se de uma nova gestão

A escolha do tema tratado na dissertação nasceu dessa descoberta. Foi necessário, então, buscar subsídios para fundamentar a ligação que existe entre a sociedade, a ciência e a educação, sob a ótica da formulação e implementação da política, na tentativa de responder à seguinte pergunta:

- O que a escola brasileira pode fazer para formar o cidadão do século XXI?

A amplitude do problema exigiu a escolha de uma de suas faces para tornar viável a obtenção da resposta. O ensino de ciências foi o alvo selecionado, em parte por refletir a minha própria história de vida.

Contudo, fui questionada por meu orientador sobre a relevância da discussão acerca do ensino de ciências em um país onde a maior parte da população não sabe ler, escrever e contar. É claro que a crítica foi feita no sentido de me mobilizar ao máximo para reunir argumentos que justificassem a escolha. Fez-se então, preciso explicitar com clareza que, para exercer a cidadania no século XXI, agora é necessário adquirir a consciência do papel social da ciência e a importância para a vida de cada indivíduo dos conhecimentos científicos atuais. Neste sentido, aprender ciência faz parte do processo de alfabetização.

Em quase todos os escritos mais recentes na área de educação, fala-se em exercício pleno da cidadania. Esta disser-

tação não foge a isso. No entanto, sinto-me forçada a explicar em que sentido a expressão é aqui entendida. Objetivamente, exercer a cidadania é participar dos processos de tomada de decisão, mesmo que num primeiro momento isso signifique apenas a possibilidade de acompanhar a discussão que esteja ocorrendo entre os que decidem. Em outras palavras, ser cidadão é, no mínimo, ter condições pessoais de formular e expressar uma opinião acerca de um certo tema de interesse coletivo. Com toda certeza nem este mínimo a escola básica tem proporcionado àqueles que conseguem ter acesso a ela.

Desse modo fica difícil pensar em desenvolvimento científico e tecnológico que não seja obtido por pura importação de meios, máquinas, cérebros ou idéias exógenas. Embora não haja lugar para xenofobia, é preciso pensar em desenvolvimento autônomo, e uma das maneiras de obtê-lo é, sem dúvida, através do processo educacional. Educar para desenvolver ciência e tecnologia, na versão de algum segmento da sociedade pode simplesmente significar formar cientistas. Seria esse o papel da escola? Afinal qual é a relação entre ensino de ciências e o almejo do desenvolvimento científico e tecnológico?

Diante de tal situação, tornou-se importante reunir elementos que justificassem a relação entre desenvolvimento científico e ensino de ciências. Conseqüentemente procurei tentar descobrir como essa preocupação se apresenta nos países onde a ciência e a técnica estão mais avançadas e estabelecer uma relação com o nosso país. A busca resultou na descoberta de que os países chamados do Primeiro Mundo acumularam discussões sobre o tema e identificaram na idéia de "scientific literacy"

uma verdadeira política educacional.

Foi, assim, a partir da discussão sobre "scientific literacy", que se possibilitou, neste caso, distinguir entre ensino de ciências e educação em ciência. A primeira expressão caracterizou-se para mim como algo transmitido ao aluno, enquanto a segunda suscitava a idéia de conquista de conhecimento, a partir do desenvolvimento da capacidade de aprender a aprender.

Como cada uma dessas expressões apóia-se em um paradigma diferente, optei por distingui-las, ao longo da dissertação. A princípio me iludi, supondo que o problema que envolvia a proposta de uma política para educação em ciência, restringia-se à questão de alternativa paradigmática. Contudo, pude constatar, ao final, que era mais que isso. Algumas vezes a expressão educação em ciência apareceu lado a lado da expressão educação para ciência, abandonada mais tarde. De todo modo, verifiquei que o que me interessava e me interessa como educadora era formular uma política de educação científica, na qual o fundamental seja o substantivo e não o adjetivo. A física, a Química e a Biologia, são as ciências particulares chamadas experimentais. Falar de educação em ciência, em geral, significa referir-se ao ensino destas disciplinas. Contudo, o currículo das escolas do 1º e 2º graus contem a Matemática, a História, a Geografia, a Literatura e algumas outras disciplinas que podem servir como ferramenta para construir uma educação em ciência mais ampla. Em outras palavras, a formação básica em ciência deve reunir elementos que permitam aos estudantes formular e buscar soluções para problemas significativos que incluem questões de ordem social, humana, cultural e naturais, propriamente adidas.

partindo de um contexto que torna inseparáveis os respectivos domínios.

Por exemplo, a análise de um texto literário pode suscitar uma relação com o trabalho de pesquisa científica e vice-versa. Poderíamos buscar como algo intrínseco a certos textos, determinada metodologia e concepção de ciência. Além disso, em função das linhas adotadas na análise de um determinado texto literário, seria buscada a similaridade com o próprio trabalho dos cientistas.

É claro que o modo como é visto o desenvolvimento científico e o método experimental determinará a concepção de ciência que vai servir como base para o ensino em sala de aula, oferecendo o enfoque para que se realize, com os alunos, a análise do texto em questão. Poderíamos apresentar vários exemplos de abordagens deste tipo, envolvendo também a Geografia e a História.

Para que o professor saiba como ensinar e o que vai ensinar, parece ser fundamental que ele compreenda como se deu a construção do conhecimento científico e que a ciência não é constituída por um corpo de conhecimentos concluído a ser transmitido de maneira dogmática. Deste modo, a concepção de que a construção da ciência é um processo em constante transformação, é que vai levar a distinção entre o papel do cientista e o do professor de uma determinada ciência e a discussão sobre as possíveis relações entre estes dois papéis.

O cientista observa, analisa, questiona, busca respostas e realiza descobertas. Contudo, o aluno de ciências, na rea-

lidade, confirma observações em vez de observar, memoriza em vez de analisar, responde questões em vez de questionar, aprende a responder no lugar de aprender a aprender ou de buscar melhores respostas.

É necessário que o professor de ciências formule questões sobre a natureza da ciência e de como ela é construída para poder estabelecer a relação entre este procedimento e as atividades da sala de aula. É necessário que o professor reconheça a influência da sociedade na construção da ciência e na utilização deste conhecimento científico, pois a compreensão crítica destes aspectos contribuirá para legitimar a concepção de ciência utilizada por ele, assim como a relação entre a teoria e o experimento em sala de aula.

As ações educativas devem colaborar, portanto, no sentido de desenvolver habilidades, informar conhecimento, mas sobretudo formar posturas. Assim as ações voltadas para educação em ciência devem se preocupar em evidenciar a distinção entre o senso comum e a postura metodológica contida no fazer científico.

Para formular a política, foi necessário um modelo conceitual. Para isso, vali-me do modelo apresentado por E.C. Guba, principalmente pela sua simplicidade e clareza, entre outras razões de escolha.

A política proposta teve como base a análise do Programa "Vocação Científica", resultado de um convênio estabelecido entre a Fundação Oswaldo Cruz e a Universidade do Estado do Rio de Janeiro, do qual participei como integrante do grupo coordenador. A análise realizada, segundo o modelo de Guba confirmou

o que foi apresentado sobre o pensamento dos cientistas acerca da educação científica e embasou a tentativa de responder a questão formulada inicialmente a respeito do que a escola deve fazer para formar o cidadão do século XXI.

A dissertação está dividida em três partes. A primeira tem o objetivo de delinear a ótica através da qual a escola básica deve reconhecer e definir seu papel na educação em ciência. Para isso foram reunidos elementos das discussões acumuladas no Primeiro Mundo sobre ciência e sobre educação em ciência. Nesta primeira parte sugeri a existência da relação entre os paradigmas científicos presentes nas Revoluções Científicas e modelos correspondentes de educação em ciência.

A segunda parte apresenta um resumo da visão educacional dos cientistas, isto é, o modo como os cientistas brasileiros vêem a formação em ciência e a participação deles próprios na educação de novos cientistas. A abordagem desse tema indica a necessidade de reunir maior número de elementos para verificar a suposição de que os cientistas acreditam que a educação em ciência deve servir para "formar cientistas" e não para "popularizar" a ciência - o que significa, aqui, "democratizar" o acesso aos princípios e resultados do trabalho científico. A sociedade, de um modo geral e, por conseguinte, os professores que dela fazem parte, tende a mitificar a ciência e o cientista, tomando-os como paradigmas para sua forma de pensar e agir, assumindo a mesma concepção em ciência defendida pelos cientistas.

Na terceira parte, a análise do Programa "Vocação Científica", exemplo de relação entre cientistas e alunos da escola básica, deixa evidente que a visão de educação em ciência

dos cientistas deixa a desejar, ainda que predominante mesmo entre professores. A análise realizada propiciou a formulação de uma política de educação em ciência que atenda melhor ao modelo de educação em ciência que se objetiva adotar. Em outras palavras, o exame deste Programa, sob a ótica proposta por Guba, forneceu elementos para aperfeiçoar essa experiência educacional, bem como, espero, para fundamentar a ação da escola básica em relação à educação em ciências.

Apesar da imensa satisfação de haver escrito cada linha, confesso que restou a frustração de talvez não ter proposto um programa que atendesse à política recomendada. Essa é a perspectiva de trabalho, porém, que se abre imediatamente, uma vez que, como já disse, o trabalho educacional nos dá a sensação de que estamos sempre começando, entrelaçando o fim de uma tarefa ao início da seguinte.

C A P Í T U L O I:

FORMAÇÃO BÁSICA EM CIÊNCIA: ASPECTOS DA DISCUSSÃO ATUAL

Na introdução foram levantados alguns pontos com o propósito de situar o leitor no contexto do trabalho. Em síntese, pode-se dizer que são três as idéias principais que delimitam e norteiam a dissertação como um todo. A primeira diz respeito a relevância da discussão acerca do ensino de ciências em um país onde a maior parte da população não sabe ler, escrever e contar. A segunda considera a relação entre o ensino de ciências e o desenvolvimento científico e tecnológico. A terceira baseia-se na distinção entre "ensino de ciências" e "educação em ciência" com o objetivo de formular uma política para esta última, adequada ao nosso tempo e comprometida com o nosso futuro.

O capítulo 1 tem como meta apresentar um breve painel de como o problema da educação em ciência tem sido encarado nos países do chamado Primeiro Mundo, ou seja, onde a ciência e a tecnologia estão mais avançadas. Buscar-se-á saber em que sentido ela se apresenta e qual a importância que assume nesses países. Em outras palavras, o objetivo do capítulo é esclarecer de que forma o problema da divusão do conhecimento científico na sociedade é tratado no Primeiro Mundo.

1 - Uma Política a ser Definida

Os governos de vários países desenvolvidos têm implementado projetos de pesquisa que indicam que a ciência é um mistério, mesmo para homens e mulheres com escolaridade e bom nível cultural. Estes projetos demonstram também que pouco ou nada tem sido feito para alterar esse quadro. Esta afirmação é de Graubard⁽¹⁾.

As pesquisas citadas acima forma impulsionadas, basicamente, por dois tipos de interesses:

- compreender a falta de conhecimento acerca da ciência já que pode representar um risco para esses países, impedindo o progresso social e econômico e trazendo, conseqüentemente, largas implicações para a sociedade como um todo;
- identificar que medidas podem ser tomadas para combater ou reduzir esse desconhecimento, isto é, para difundir a ciência na sociedade.

Nos países do Primeiro Mundo, as questões concernentes à difusão do conhecimento básico no seio da sociedade estão sendo tratadas como problemas de "literacy". Não é tarefa fácil traduzir essa expressão para o Português, pois há uma certa diversidade de entendimento quanto ao seu significado, mesmo entre

¹ GRAUBARD, Stephen R. "Nothing to Fear, Much to Do", In: ~~Daedalus~~ 112 Vol. 2, Cambridge, American Academy of Arts and Sciences, Spring, 1983, p. 231.

os autores estrangeiros que se dedicaram ao tema. De um modo geral, há duas definições clássicas. Uma considera que ser "literate" é ser douto, sábio, instruído, e a outra, que considera apenas o ser apto a ler e escrever.

No que se refere ao primeiro significado, permanece a questão proposta há cem anos por Thomas Huxley em *Science and Culture* (1880):

"Podemos considerar instruída a pessoa que possui uma boa formação no estudo tradicional das letras, mas apresenta falhas na área do conhecimento científico?"(1)

Millher⁽²⁾ afirma que Cunold, em 1882, procurou responder a Huxley com o trabalho "Literature and Science". Contudo, Millher indica que a discussão não tinha terminado, havendo sido retomada em 1959, com Snow, em *The Two Cultures*. Em 1962, Leavis respondeu a Snow em "Two Cultures? The Significance of C. P. Snow?". A este debate juntaram-se Trilling, Green, Wollheim e outros, todos sendo em mente a primeira definição, isto é, a que classifica como "literate" o indivíduo instruído, douto, integrando o grupo mais privilegiado e mais restrito das pessoas que tiveram acesso ao conhecimento científico e humanístico.

O segundo significado que "literate" comporta - estar capacitado para ler e escrever em um nível funcional - pode ser

¹ HUXLEY, Thomas H. "Science and Culture", in *Collected Essays*. New York, Appleton, 1898 citado in, MILLER, Jon D. "Scientific Literacy: A conceptual and Empirical Review", *Daedalus* 112 vol. 2, Cambridge, American Academy of Arts and Sciences, Spring, 1983, p. 29.

² MILLER, Jon D. "Scientific Literacy: A conceptual and Empirical Review", *Daedalus* 112 vol. 2, Cambridge, American Academy of Arts and Sciences, Spring, 1983

ampliado para incluir o campo do conhecimento científico, sugerindo que "scientific literacy" refere-se à habilidade de ler, compreender e opinar sobre problemas científicos. Esta segunda definição é mais adequada ao tratamento de problemas educacionais, já que sugere o estabelecimento de uma relação entre o indivíduo e a sociedade, permitindo que esta seja tomada como unidade, não ficando reduzida somente ao indivíduo. Desta forma, o caráter coletivo subjacente às políticas educacionais torna-se mais claro. Por isso, é com este sentido que o conceito será empregado não apenas neste capítulo como em toda a dissertação. A tradução para o português, adotar-se-á a expressão "formação em ciência" ou "embasamento em ciência", mesmo com as reconhecidas limitações.

2 - A Concepção de Ciência e a Cidadania

Segundo Miller, a formação em ciência do público em geral não se tornou matéria de estudo sistemático até 1930, quando Dewey declarou:

"... a responsabilidade da ciência não pode ser cumprida por métodos que estão principalmente preocupados com a auto-perpetuação da ciência especializada, negligenciando a influência que ela exerce sobre um grande número de indivíduos em adotar nas suas decisões, atitudes de compreensão, integridade intelectual, observação e interesse em testar suas opiniões e crenças, que são características da atitude científica."(1)

¹DEWEY, John, "The Supreme Intellectual Obligation", Science Education, 19 (1934): I - 4.

Noll e Hoff contribuíram para o debate, adotando em seus escritos o segundo significado admitido pelo conceito "literate". Noel e Hoff iniciaram após a II Guerra a tarefa de elaborar testes que verificassem o nível do desenvolvimento de uma atitude científica na população.

Com o pós-guerra cresceu o emprego de testes padronizados. Através deles, educadores em ciência e projetistas de testes começaram a focalizar o nível de compreensão de termos científicos básicos, tentando precisar o nível cognitivo de conhecimento científico de vários grupos na população.

Mais ou menos na metade dos anos 60, o National Assessment of Educational Progress (NAEP) dos Estados Unidos realizou os primeiros estudos para medir sistematicamente o conhecimento das normas ou processos da ciência e o conteúdo cognitivo da maior parte das disciplinas. Essas duas dimensões juntas - o entendimento das normas da ciência e o conhecimento da maior parte dos construtos científicos - constituem o significado usual de "formação em ciência", quando aplicada à população em geral.

Para Miller, porém, levando-se em consideração o momento atual, uma nova dimensão deve ser acrescentada: a conscientização do impacto da ciência e tecnologia sobre a sociedade e as escolhas políticas que devem inevitavelmente emergir.

Nos países do Primeiro Mundo, a população em geral passou a tomar conhecimento das políticas públicas na área de ciência e tecnologia de quinze anos para cá. Grupos ecológicos, por exemplo, consideram que é necessário um nível mínimo de

conhecimento científico para que os indivíduos participem de debates sobre a poluição do meio ambiente. Além disso, questões como o efeito estufa, buracos na camada de ozônio, usinas nucleares, desmatamento e biodiversidade entre outras, vêm gerando apreensão na comunidade científica quanto à habilitação do público para entender e fazer um julgamento informado sobre elas.⁽¹⁾

Talvez por todos esses motivos é que a compreensão de políticas científicas públicas por parte da população em geral tenha sido caracterizada por Shen como "formação cívica em ciência". Para Morison, a "formação cívica em ciência" é de tão grande importância, que escreveu:

"a ciência pode, daqui a não muito tempo, apresentar-se como uma atividade independente do resto da sociedade, governada por suas próprias regras e dirigida pela dinâmica interna dos seus próprios processos. Embora muito desses processos tivessem tido efeitos benéficos em vários aspectos, frequentemente impressionaram o homem médio como uma ameaça a sua autonomia. Quase sempre a ciência parece estar impelindo a sociedade como um todo, em direções que ela não compreende completamente e que certamente não escolheu.

A comunidade científica deve redobrar seus esforços para apresentar a ciência - na sala de aula, na imprensa, e através de atividades educacionais (de extensão) de vários tipos - como um processo completamente compreensível, justificável para o homem e controlado por ele."⁽²⁾

¹MILLER, Jon D. "Scientific Literacy: A conceptual and Empirical Review, Daedalus vol. 2, Cambridge, American Academy of Arts and Sciences, Spring, 1983.

²MORISON, Robert S., "Science and Social Attitudes", Science 165, 1969: 150-56.

3 - A Concepção da Ciência e a Escola

A preocupação com a imagem da ciência está evidenciada no artigo de Walberg intitulado "Scientific Literacy and Economic Productivity,"⁽¹⁾, em que relaciona os resultados de uma pesquisa realizada em 1976 pela National Science Foundation (NSF), indicando que:

- entre os jovens americanos de 9, 13 e 17 anos, as ciências eram apontadas como disciplinas prediletas com uma baixíssima frequência;
- os alunos da pré-escola (0 a 6 anos) despendiam pouco mais de 20 minutos em atividades da área de ciências por dia;
- apenas 50% dos alunos, após a décima série, escolhiam cursos que tinham ciências como disciplinas predominantes, embora 85% dos adultos considerem a ciência como matéria essencial para todos os cursos universitários;
- nos últimos 20 anos, o interesse por cursos universitários baseados em ciências ou matérias correlatas, como engenharia, vem caindo de 39% (1965) para 19% (1975) e daí para 15% (1985);
- os professores se consideram mal preparados para ensinar ciências e também que recebem pouco apoio da administração das

¹ WALBERG, Herbert J. "Scientific Literacy and Economic Productivity in International Perspective" In: Daedalus 112 vol 2, Cambridge, American Academy of Arts and Sciences, Spring, 1983.

escolas nesse sentido. Não recebem, por exemplo, assistência adequada para aprender novos métodos para ensinar ciência, obter informações sobre material didático, implementar abordagens questionadoras e usar laboratórios.

Ahlgren e Walberg⁽¹⁾, revêem e reafirmam os resultados obtidos em uma pesquisa realizada por Mead e Metreaux (1957), na qual foram apontados vários aspectos negativos da imagem dos cientistas. Segundo ela, apesar de, na percepção dos estudantes, os cientistas serem inteligentes, dedicados e servirem a humanidade de diferentes modos, os adolescentes também acreditam que o trabalho do cientista é monótono e que este, de certa forma, se aliena dos problemas de seu país e de sua época. Um dos trechos da pesquisa, reproduzido por Walberg, diz:

"O cientista negligencia sua família e não tem outro tipo de interesse, vida social ou passatempo predileto. Aborrece todo mundo, exceto outro cientista, com uma conversa incessante, que ninguém entende. Ninguém quer ser como um cientista ou casar-se com ele."(2)

A preocupação com a imagem da ciência e do cientista está na ordem do dia nos países desenvolvidos. Em 1989, por exemplo, no mês de setembro, a revista Time⁽³⁾, destacou a negligência com que vem sendo tratada a educação em ciência nos EUA. A reportagem esclarece que as indústrias privadas já estão coorde-

¹ AHLGREN and Walberg, "Changing Attitudes Towards Science" In: Nature 245, 1975, p. 187.

² MEAD, Margareth and Rhoda Metreaux, "The Image of Science", Science 126 (1957): 384 citado in, Ibid, p. 13.

³ TIFF, Suzan, "Crisis in The Science Classroom", Time Education, September 18, 1989, p. 46-47.

nando programas de reciclagem para professores visando a elevar o nível do ensino. Com isso, tentam suprir as falhas tanto do sistema federal de fundos para educação em ciência, como a ausência de um currículo nacional.

Com relação ao currículo, Walberg⁽¹⁾ aponta quatro itens que julga essenciais para que seja viável alguma modificação no quadro dos estudos realizados até aqui. São eles:

- acrescentar nos currículos das escolas a História da Ciência, realçando as descobertas de eminentes cientistas. Explicações matemáticas e experimentos de laboratório ganham, dessa maneira, uma nova dimensão para os alunos, que passam a compreender melhor o significado que o conhecimento científico tem para a história da humanidade;
- evidenciar que as diversas visões filosóficas, humanísticas, sociais e artísticas de cada época correspondem a diferentes teorias sobre o mundo físico, ou vice-versa;
- oferecer cursos supervisionados, coordenados ao mesmo tempo por professores e alunos, a fim de garantir o atendimento de diferentes interesses, na escolha de conteúdos e métodos de estudo;
- chamar a atenção para os aspectos artísticos, benéficos, humanitários e práticos da ciência e suas aplicações.

¹ WALBERG, Herbet J. "Scientific Literacy and Economic Productivity in International Perspective" In: Daedalus 112 vol. 2, Cambridge, American Academy of Arts and Sciences, Spring, 1983.

Na antiga URSS, cinco milhões de estudantes de escolas secundárias completavam dois anos de cálculo, cinco de física, quatro de química, e mais de quatro em biologia. Para os soviéticos, o propósito deste currículo era construir a base científica e técnica da economia e prover o exército com um povo tecnicamente orientado.

Da mesma forma, na China, após a Revolução Cultural, foram alterados os currículos relativos à ciência e à matemática, com o objetivo de incrementar o estudo dessas disciplinas com base na realização de experiências práticas relacionadas às teorias científicas. Os líderes chineses consideram a ciência e a tecnologia, juntamente com as outras três modernizações - agricultura, indústria e defesa militar - como as forças chave do desenvolvimento econômico e do progresso socialista.

Como se vê, não obstante as diferenças existentes até mesmo entre os sistemas ideológicos, a imagem da ciência é a mesma entre aqueles que detêm o poder: um instrumento de dominação da natureza, capaz de impulsionar o desenvolvimento econômico e de garantir a supremacia sobre os demais povos. Nesse sentido, vale destacar um pequeno trecho do artigo da Time:

"Aterrisagens na Lua. Chips de computador. Engenharia genética. Coração artificial. As descobertas dos cientistas americanos são conhecidas e admiradas pelo mundo todo. Mas se a supremacia americana na pesquisa e tecnologia vai continuar no século XXI, está longe de ser certo. Trinta e dois anos após o lançamento do Sputnik pelos soviéticos, terminada a frenética corrida para produzir mais e melhores físicos, químicos e engenheiros americanos, o oleoduto científico está secando. A razão para esta crise: a pesquisa científica americana é desperdiçada."

educação científica americana é castradora." (1)

As questões relativas às disputas por maiores áreas de influência de um país sobre o outro perpassam a reportagem, revelando que o déficit na ciência ameaça a competitividade americana junto aos países detentores de uma gigantesca tecnologia, como o Japão, a Coreia do Sul e a Alemanha Ocidental. Uma das causas apontadas para esse gap na competitividade é a falta de um financiamento consistente para a educação em ciência. Depois do Sputnik, os recursos destinados à Fundação Nacional da Ciência (NSF), principal financiadora de pesquisa científica em nível federal nos EUA, passaram de 18 milhões de dólares para 130 milhões. Em 1982, porém, o financiamento para a Divisão de Educação da NSF caiu para zero e o Congresso lutou por reavê-lo sob protestos da Administração Reagan. Ainda hoje, os recursos para a NSF são equiparados aos dos anos 60, quando medidos em dólares.

Contudo, há especialistas que questionam se a principal causa para a crise da educação em ciência é a falta de incentivo financeiro. Um exemplo, o Secretário de Energia da Administração Bush, James D. Watkins, diz que:

"Muitos dos investimentos necessários têm sido feitos. Nós temos a tecnologia. Nós temos os professores, e nós temos as organizações que sabem o que produzir." (2)

¹TIFF, Suzan. "Crisis in The Science Classroom", Time Education, September 18, 1989, p. 46-47.

²MEAD, Margareth and Rhoda Metreaux, "The Image of Science", Science 126 (1957): 384 citado in, Ibid, p. 13.

Certamente, recursos inconstantes são apenas uma das razões pela quais formar novos cientistas americanos está sendo uma tarefa difícil. A imagem do cientista é hoje menos brilhante que nos anos cinquenta e sessenta, quando homens e mulheres em laboratórios eram vistos como heróis nacionais, ajudando os EUA a baterem a URSS na conquista da lua. Hoje, a maior aspiração no país é a de ser banqueiro ou jurista, e não químico ou projetista de foguetes.

Graubard propõe uma questão que pode ser encarada sob a ótica da formulação de política:

"O que, verdadeiramente, pode ser apreendido com a experiência passada? Neste país, onde muito esforço tem sido feito para melhorar a educação científica depois do alarme produzido pelo sucesso soviético no lançamento do Sputnik, o que a totalidade da experiência ensinou? Quais, de fato, as lições apreendidas no passado?"(1)

Contudo, a relação entre a imagem da ciência e a escola pode ser observada sob um ângulo diferente do revelado pelas pesquisas de Walberg, pondo em evidência um outro aspecto da discussão atual acerca da educação em ciência. Esse novo aspecto está relacionado ao entendimento que se tem sobre o que é ciência, a atividade científica e a questão da verdade. Embora a bibliografia pesquisada não apresente explicitamente a ligação que existe entre as diferentes concepções de ciência e de educação em ciência, a leitura permite a reunião de elementos que tornam possível o estabelecimento desta ligação. O item seguinte, tem, por

¹ GRAUBARD, Stephen R. "Nothing to Fear, Much to Do", In: Daedalus 112 Vol. 2, Cambridge, American Academy of Arts and Sciences, Spring, 1983, p. 231.

isso, o objetivo de apresentar a relação entre a imagem da ciência e a escola sob esse novo ângulo, a partir do esclarecimento da ligação entre concepções de ciência e de educação em ciência.

4 - O Medo do Erro e a Validade da Ciência

Pensadores de todas as épocas depararam-se frequentemente com a questão da confiabilidade das propostas que eles próprios defendiam. Como saber de modo efetivo e definitivo a validade de suas teorias? Com base em que idéia, fato ou proposição distinguir a ilusão e o erro da verdade, em seus sistemas teóricos?

Desde a Grécia vários debates se instauraram, todos eles ou a maior parte tendo como pano de fundo a atribuição de peso maior ou menor à observação direta dos fatos pelo sujeito através dos sentidos. Foi na Grécia, sobretudo com Platão e Aristóteles, que a razão ganhou o atributo de causa de todas as realizações. Do mesmo modo como o cosmos teria sido ordenado a partir do caos primitivo sob a direção do plano intelectual de um ser superior, também nas construções humanas passou a ser valorizada a ação racional.

Embora concordassem no geral, havia nuances do pensamento aristotélico que o tornavam diferente do platônico e ainda importantes para que se compreenda como a questão do erro se coloca na ciência tal como é hoje concebida. Aristóteles atribuía uma grande importância ao papel da observação realizada através dos sentidos, o que pode ser verificado, por exemplo, em

suas obras relacionadas ao conhecimento dos sistemas vivos, em que foram lançadas as bases da Biologia. Darwin, referindo-se a Lineu , pai da sistemática, reconhece essa dívida ao dizer que:

"Lineu e Curvier foram os meus dois deuses, apesar de o terem sido de modos diferentes. No entanto, eles não foram senão discípulos no que diz respeito ao velho Aristóteles."(1)

A sistemática é a parte da Biologia dedicada à classificação dos seres vivos. O agrupamento dos seres vivos a partir das semelhanças e diferenças dá-se em função de uma atenta observação, muitas vezes conseguida através de algum tipo de experiência.

Platão, por outro lado, considerava o mundo sensível, que estava ao alcance do homem comum, uma cópia imperfeita do mundo inteligível, esse, sim, considerado real. Embora somente conhecido pelos filósofos, o mundo inteligível representava a unidade de todas as múltiplas representações existentes no mundo sensível. Os sentidos humanos, portanto, tendiam a induzir ao erro, engano e ilusão do conhecimento desta ou daquela coisa, já que esta ilusão nada mais seria que uma das representações possíveis de um objeto real, dado em outro plano.

Mas como seria possível o conhecimento verdadeiro e de que modo ele seria acessível ao filósofo? Platão presumia a transmigração da alma de um corpo a outro e que nessa transmigração ela teria acesso ao mundo real. Todo conhecimento estaria, pois, na alma, que ao ocupar este ou aquele corpo, apenas

¹ROSS, David. Aristóteles, Lisboa, Dom Quixote, 1987. p. 118.

recordaria o já sabido. Tal recordação seria possível somente ao filósofo, através do contato com os objetos do mundo sensível, graças aos instrumentos que detinha, a matemática, em particular.

As concepções platônica e aristotélica da aquisição do conhecimento se fizeram presentes séculos mais tarde nos debates entre os pensadores da Idade Moderna, divididos entre o Racionalismo e o Empirismo:

"Enquanto o racionalismo explicava o conhecimento humano a partir da existência no indivíduo de idéias inatas que se originavam em última análise em Deus, os empiristas pretenderam dar uma explicação do conhecimento a partir da experiência, eliminando assim a noção de idéia inata, considerada obscura e problemática. Para os empiristas, todo o nosso conhecimento provém de nossa percepção do mundo exterior, ou do exame da atividade da nossa própria mente."(1)

A fundamentação da Física, que surgiu em sua plenitude com os trabalhos de Galileu, fez convergir para as discussões acerca do tempo e do espaço a atenção dos adeptos de ambas concepções. Nasceu a ciência moderna, tal como ora a concebemos, fundada na matematização da experiência. Contudo, a nova ciência carecia de sustentação: afinal, o que poderia assegurar que determinado conhecimento científico era verdadeiro? Ou, que condições tornavam possível o conhecimento verdadeiro acerca de determinado objeto?

O problema permaneceu por longo tempo, a despeito do trabalho de Descartes, conhecido como pai do racionalismo moder-

¹MARCONDES, Danilo. "O Empirismo Inglês" In: Curso de Filosofia. Rio de Janeiro, Zahar, 1986, p. 98.

no, ou da obra de Bacon, um dos pioneiros do empirismo nos últimos séculos. O primeiro esmerou-se em produzir um método que assegurasse a aquisição do conhecimento verdadeiro, que não ocorreria ao acaso, numa busca sem rumo, esclarecendo:

"Por método, entendo regras certas e fáceis, graças às quais todos aqueles que as observem corretamente jamais suporão verdadeiro aquilo que é falso, e chegarão, sem fadiga e esforços inúteis, aumentando progressivamente sua ciência, ao conhecimento verdadeiro de tudo o que podem atingir.

Todo o método consiste na ordem e na disposição das coisas para as quais devemos voltar o olhar do espírito, para descobrir alguma verdade. Ora, nós a seguiremos exatamente se reduzirmos, gradualmente, as proposições complicadas e obscuras às mais simples; e se, partindo da intuição das mais simples, tentarmos nos elevar, pelos mesmos degraus, ao conhecimento de todas as outras." (1)

Estavam postas as bases do método dedutivo, que vai dos princípios às conseqüências, fundando-se na intuição, isto é, no conhecimento direto pela via da razão.

O primeiro princípio cartesiano, a primeira certeza foi o conhecido "Penso, logo existo", que poderia ser enunciado também como "Duvido, logo existo". Destaque-se que a dúvida enaltecida por Descartes diferia da dos céticos, pois era tida como parte de seu método, sendo voluntária, provisória. Segundo ele, só se devia aceitar o que podia ser colocado em dúvida, diferentemente dos céticos que não acreditavam na possibilidade do conhecimento humano atingir a verdade. Exatamente por isso, a partir de Descartes (e de Galileu), a matemática passou a

¹DESCARTES. Discours de Laméthode. Paris, Éditions de Clany, s.d.

constituir o modelo e a linguagem básica de todo o conhecimento científico.

Bacon, no entanto, defendia uma ciência baseada em um método experimental, valorizando a observação e a aplicação prática. As leis científicas seriam fundamentalmente resultado de generalizações baseadas na observação da repetição de fenômenos com características constantes. Esse procedimento era a indução, constituindo a lógica indutiva a base da concepção empirista da ciência.

Um dos seguidores de Bacon, Locke, explica bastante bem essa concepção, partindo de uma teoria do conhecimento que compreendia a origem das idéias a partir de um processo de abstração iniciado com a percepção que temos das coisas através dos nossos sentidos.

"1. A idéia é objeto do pensamento. Todo homem tem consciência de que pensa e de que, quando está pensando, sua mente se ocupa de idéias que tem de si. É indubitável que os homens têm em suas mentes várias idéias, que podem ser expressas pelos termos brancura, dureza, doçura, pensamento, movimento, homem, elefante, exército, embriaguez, e outros. Deve-se examinar, então, em primeiro lugar, como ele as apreende. Sei que é aceita pela doutrina segundo a qual os homens têm idéias inatas e caracteres originais impressos em suas mentes desde o início. Já examinei, em linhas gerais, essa opinião, e supondo que o que já disse no livro anterior será muito mais facilmente admitido quando tiver mostrado como o entendimento obtém todas as idéias que possui, e de que modo e graus elas penetram na mente, e para tal farei apelo à observação e experiência de cada um.

2. Todas as idéias provêm da sensação ou da reflexão. Suponhamos, pois, que a mente é, como dissemos, um papel em branco, vazio de todos caracteres, sem quaisquer

idéias. Como vem a ser preenchida? Como lhe vem esse vasto estoque que a ativa e ilimitada fantasia humana pintou nela com uma variedade quase infinita? Como lhe vem todo o material da razão e do conhecimento? A isso respondo com uma palavra: pela experiência. É na experiência que está baseado todo o nosso conhecimento, e é dela que, em última análise, o conhecimento é derivado. Aplicada tanto aos objetos sensíveis externos quanto às operações internas de nossa mente, que são por nós mesmos percebidas e refletidas, nossa observação sempre supre nosso entendimento com todo o material do pensamento. Essas são as duas fontes de nosso conhecimento, das quais jorram todas as idéias que temos ou que podemos naturalmente ter."(1)

O empirismo, levado às últimas consequências por Hume, provocou impacto em duas dimensões da teoria do conhecimento especialmente importantes para a ligação entre as concepções de ciência e educação que se pretende estabelecer neste trabalho. A primeira diz respeito ao princípio da causalidade e à noção da necessidade a ela associada. Para Hume, a causalidade era entendida como fruto do hábito de perceber os fenômenos, a partir da sua repetição constante, e não uma propriedade do real. A segunda atingia a identidade individual, que segundo Hume, não podia ser entendida, como os racionalistas pretendiam, como dotada de uma consciência permanente.

A Passagem do Kant:

"Não há dúvida de que todo o nosso conhecimento começa com a experiência; do contrário, por meio do que a faculdade de conhecimento deveria ser despertada para o exercício senão através de objetos que toquem nos seus sentidos e em parte produzem por si

¹LOCKE, John. Ensino sobre o entendimento humano, Livro III, Cap. 1, In: Curso de Filosofia, Rio de Janeiro, Zahar, 1986.

próprios representações, em parte põem em movimento a atividade do nosso entendimento para compará-las, conectá-las ou separá-las e, desse modo, assimilar a matéria bruta das impressões sensíveis a um conhecimento dos objetos que se chama experiência? Segundo o tempo, portanto, nenhum conhecimento em nós precede a experiência, e todo o conhecimento começa com ela.

Mas, embora todo nosso conhecimento comece com a experiência, nem por isso todo ele se origina, justamente da experiência. Pois poderia bem acontecer que mesmo o nosso conhecimento de experiência seja um composto daquilo que recebemos por impressões sensíveis e daquilo que a nossa própria faculdade de conhecimento (apenas provocada por impressões sensíveis) fornece de si mesma, cujo aditamento não distinguimos daquela matéria-prima antes que um longo exercício nos tenha chamado a atenção para ele e nos tenha tornado aptos a abstrair-lo."

Enquanto a primeira deslocava para o sujeito a responsabilidade na identificação desta ou daquela causa, esvaziando de certa forma a importância para a ocorrência de algum fenômeno, a segunda tornava quase impossível essa identificação. Se a consciência é formada por um conjunto de idéias e se essas se originam da experiência sensível, não é possível a identificação permanente da consciência individual, já que, ao longo do tempo, de acordo com as experiências, o conteúdo da consciência se alteraria. Com isso se alteraria também o quadro de valores que permitia a identificação de determinada causa, que podia, portanto, mudar de um momento para o outro.

Todo esse relativismo trazia implicações para a concepção da aquisição do conhecimento e até mesmo para a confiabilidade que determinada descoberta científica possa inspirar. O empirismo de Hume colocou em questão a própria ciência, isto é,

a própria possibilidade do estabelecimento do conhecimento acerca de algo.

Mas foram Leibniz e Kant que, em diferentes momentos, tentaram uma conciliação entre as duas correntes. Leibniz dizia que os empiristas teriam razão ao afirmar que as idéias surgem do contato com o mundo sensível, mas errariam ao esquecer o papel do espírito. Por isso, completava o pensamento de Licke - "nada há no intelecto que não tenha passado primeiro pelos sentidos" - com o adendo: "a não ser o próprio intelecto" e esclarecia:

"Parece que os sentidos não podem convencer-nos da existência das coisas sensíveis sem o auxílio da razão. Assim sendo, acredito que a consideração da existência vem da reflexão. Também a consideração do poder e da unidade provêm da mesma fonte, sendo de uma natureza completamente diferente que as percepções do prazer e da dor".(1)

Já para Kant:

"Não há dúvida de que todo o nosso conhecimento começa com a experiência; do contrário, por meio do que a faculdade de conhecimento deveria ser despertada para o exercício senão através de objetos que toquem nossos sentidos e em parte produzem por si próprios representações, em parte põem em movimento a atividade do nosso entendimento para compará-las, conectá-las ou separá-las e, desse modo, assimilar a matéria bruta das impressões sensíveis a um conhecimento dos objetos que se chama experiência? Segundo o tempo, portanto, nenhum conhecimento em nós precede a experiência, e todo o conhecimento começa com ela. Mas embora todo o nosso conhecimento comece com a experiência, nem por isso todo ele se

¹ MARCONDES, Danilo. "O Empirismo Inglês" In: Curso de Filosofia. Rio de Janeiro, Zahar, 1986, p. 98.

origina justamente da experiência. Pois poderia bem acontecer que mesmo o nosso conhecimento de experiência seja um composto daquilo que recebemos por impressões e daquilo que a nossa própria faculdade de conhecimento (apenas provocada por impressões sensíveis) fornece a si mesma, cujo aditamento não distinguimos daquela matéria-prima antes que um longo exercício nos tenha chamado a atenção para ela e nos tenha tornado aptos a abstraí-los."(1)

A contribuição de Descartes, Bacon; Locke, Hume, Leibniz e Kant foi importante, pois deu ao debate uma nova dimensão. Com o tempo, com os séculos, a polêmica teve o eixo deslocado da imperiosidade de ser dada razão a um dos lados para a necessidade de fazer da ciência algo de que não fosse possível suspeitar. Com isso, a ciência viria a ganhar a imagem de neutralidade e, conseqüentemente, confiabilidade absoluta. É como se estivesse acima de todas as coisas, no lugar de Deus.

Essa é a base para se afirmar que uma sociedade moderna é científica. Mais do que isso, é uma sociedade científicista, pois atribui àqueles que tem acesso ao conhecimento um lugar privilegiado frente aos demais. Embora seja um equívoco falar em retorno à República de Platão, onde a ciência é tida como real e ideal, fica claro que o cientificismo moderno tem suas raízes no pensamento platônico.

A importância atribuída à ciência atingiu seu clímax no pensamento de Comte, fundador do Positivismo, no século XIX, e alimenta ainda hoje a discussão sobre os critérios de verdade entre os filósofos do Círculo de Viena, que creditam a obtenção

¹KANT, E. Crítica da Razão Pura. Prefácio à primeira edição. In: Textos Seletos, Petrópolis, Vozes, 1974, p. 10.

do conhecimento científico ao mesmo tempo à experimentação e à lógica matemática. Sem conseguir estabelecer a ligação entre os dois modos de conceber o conhecimento, os neo-positivistas ou empiristas lógicos, como são chamados estes últimos pensadores, assumem sua condição híbrida e mantêm aceso o debate acerca da verdade ou do erro em ciência. A esse respeito, Popper diz:

"Os fundadores do assunto, Platão, Aristóteles, Bacon e Descartes, bem como muitos dos seus sucessores, por exemplo, John Stuart Mill, julgavam que existia um método para encontrar a verdade científica"... Afirmo que não existe método científico nenhum"... "Acho que só há um caminho para a Ciência - ou para a filosofia: encontrar um problema, ver a sua beleza e apaixonarmo-nos por ele; casarmo-nos com ele até que a morte nos separe - a não ser que encontremos outro problema ainda mais fascinante, ou a não ser que obtenhamos uma solução. Mas ainda que encontremos uma solução, poderemos descobrir, para nossa satisfação, a existência de toda uma família de encantadores, se bem que também difíceis, problemas-filhos, para cujo bem estaremos trabalhando, com uma finalidade em vista, até o fim de nossos dias."(1)

As análises históricas e filosóficas mais recentes dos processos científicos mostram que a compreensão e o progresso da ciência são vistos como resultante de um conhecimento construído pelas comunidades científicas e não como descrição da realidade refletida através do procedimento de um homem em particular. A consequência disso é que o progresso científico deixa de ser visto como um processo cumulativo pelo, mas é encarado como fruto de revisões entre especialistas⁽²⁾, ou, mais,

¹ROSS, David. Aristóteles, Lisboa, Dom Quixote, 1987, p. 118.

²TAYLOR, C. "Understanding in human science". Review of metaphysics, 34, 1980, p. 39-48.

radicalmente, como mudanças revolucionárias nos paradigmas dominantes provocados por novas abordagens de problemas que não podiam ser tratadas pelas concepções correntes⁽¹⁾. Essa visão traz embutida a idéia do cientista participante, que, além de documentar seu objeto de estudo, molda o através de sua capacidade de interpretação. Esta concepção substitui a de cientista observador e sugere que o conhecimento científico é uma interpretação crítica, admitindo que os sistemas explanatórios em ciência são múltiplos, com estilos de interpretação variável. Na visão de Toulmin:

"a escolha de uma teoria de base ou esquema conceitual - uma escolha feita à luz da experiência, mas nunca imposta por ela - precede a formulação das questões científicas, para as quais qualquer explanação é uma resposta possível."⁽²⁾

Diferentes fatores têm sido propostos como sustentadores da natureza dessas escolhas. Por exemplo, algumas análises enfatizam o contexto histórico-social como delimitador da compreensão interpretativa⁽³⁾ e como uma fonte de seleção e legitimação do que é tomado como problema verdadeiro ou do que pode ser cogitado como possível.⁽⁴⁾ Portanto, a obtenção de conhecimento científico, traz em seu escopo uma dúvida: afinal o que condicio

¹ FEYERABEND, P. Contra o método. Rio de Janeiro, Francisco Alves, 1989.

² TOULMIN, S. E. "The construal of reality: Criticism in modern and post modern science. Critical Inquiry, 9, 1982, p. 110.

³ KNORR-CETINA, K. D. The manufacture of Knowledge. Nova York, Pergammon Press, 1981.

⁴ HAWKINS, Jan. "Tools for Bridging the culture of everyday and scientific thinking." Journal of Research in science teaching. Vol. 24, pp. 291-307 (1987).

na a produção de um conhecimento verdadeiro? Contudo, a maior parte dos cientistas ignora esta questão e toma seus métodos como instrumentos capazes de produzir apenas verdades acerca de realidade.

5. Algumas Considerações

Embora a discussão acerca da verdade e do erro em ciência esteja indicando que o conhecimento científico não é neutro, uma vez que é construído a partir da interpretação crítica sob a influência do contexto histórico-social, a sociedade permanece mitificando o cientista e seu trabalho. Deste modo, todo conhecimento tido como científico é inquestionável, absolutamente confiável e permanece fora do alcance das pessoas.

Isso ocorre porque a maior parte da população não tem acesso nem aos centros de produção de ciência, nem aos meios pelos quais ela é produzida, ficando alijada de todo debate sobre a validação da ciência.

Deste modo, cabe perguntar, qual é a tendência esboçada no pensamento dos autores citados neste capítulo em relação à importância da difusão da ciência? Qual é a proposta genérica que permite uma mudança no panorama delienado pela maior parte das pesquisas desenvolvidas por esses autores? Que esforços têm sido realizados para minimizar ou suprimir a imensa distância existente entre a sociedade e a ciência?

Revelar as falhas ou dúvidas intrínsecas ao desenvolvimento da ciência para a sociedade em geral, colocando o conhecimento científico mais próximo do cidadão comum, é democratizar

essa discussão, a ciência e suas aplicações. Essa conduta contribuirá para que a população adquira um melhor embasamento científico o que viabilizará uma participação mais efetiva na escolha dos caminhos que a sociedade deverá tomar.

É nesse sentido que buscar-se-á formular a porposta de política de educação em ciência ao final desta dissertação, tendo em mente que a concepção que se quer adotar baseia-se na idéia de que os alunos devem aprender a lidar com a dúvida, com o erro. Dúvidas e erros ensejam a busca de soluções, enquanto certezas embotam o potencial criador dos indivíduos. Em outras palavras, a atividade científica pode preparar o aluno para lidar mais facilmente com o erro, entendendo-o como indispensável ao desenvolvimento da capacidade criadora.

C A P Í T U L O I I

EDUCAÇÃO EM CIÊNCIA E CAPACIDADE DE AUTO-ORGANIZAÇÃO: UMA
POSSIBILIDADE DE SOBREVIVÊNCIA

Este capítulo tem como objetivo esboçar algumas características da cibernética a fim de que ela possa servir de base para a elaboração da política de educação em ciência a ser apresentada no final da dissertação.

Os paralelismos revelados pela cibernática entre a máquina, o cérebro humano e a sociedade podem contribuir enormemente para o aprimoramento de instrumentos usados para lidar com sistemas complexos. Assim, idéias emergentes de modernas pesquisas sobre o cérebro podem servir como parâmetro para a elaboração de propostas de educação, bem como ter um grande impacto sobre o projeto de organização do futuro.

O modelo de funcionamento apresentado permitirá destacar as características que condicionam a capacidade de auto-organização do cérebro e o importante papel que deve assumir para a sobrevivência do indivíduo.

O estabelecimento de uma analogia entre a organização do cérebro e da sociedade pretende mostrar que a elaboração da proposta deve contribuir para que a sociedade como um todo possa desenvolver a capacidade de auto-organizar-se frente a sucessivas e intensas mudanças do meio impostas pelo acelerado avanço científico e tecnológico. Deste modo, o desenvolvimento da capacidade de auto-organização será objeto deste capítulo e objetivo a ser perseguido por toda e qualquer ação implementada em nome da política.

1. A Terceira Revolução Científica

De acordo com Ashby, a Cibernética pode estabelecer uma relação entre dois outros ramos quaisquer do conhecimento científico propiciando um crescimento acelerado de ambos. Isso é possível na medida em que ela é dotada de um conjunto de conceitos que possui correspondências em cada ramo. Realmente isso tem-se verificado em vários campos das ciências, de onde é possível retirar alguns exemplos: o cálculo infinitesimal e a astronomia, o cromossomo e a hereditariedade, o vírus e a molécula de proteína. Nenhuma destas partes é capaz de fornecer provas acerca das leis do outro, mas nesse processo de relacionamento podem surgir problemas ou questões que contribuam para fecundar cada um destes ramos.

Ashby vai mais longe e de certa forma sugere que a ciência da primeira metade do século não dava conta da complexidade do sistema social. Atribui isso particularmente ao dogmatismo de seus métodos, em especial à variação de um único fator a cada experimento, o que considera irreal para os sistemas complexos. E diz em uma passagem escrita na década de 50, ainda tão atual:

"No estudo de alguns sistemas, entretanto, a complexidade, não poderia ser de todo evitada. O córtex cerebral do organismo de vida livre, o formigueiro como uma sociedade em funcionamento e o sistema econômico humano eram salientes tanto na sua importância prática como na impossibilidade de serem tratados pelos métodos mais antigos. Destarte, assistimos hoje a psicoses não tratadas, a sociedade em declínio e a sistemas econômicos vacilantes, e o cientista é capaz de fazer pouco mais do que apreciar a plena complexidade do tema que

está estudando. Porém, a ciência nos dias de hoje está dando também os primeiros passos na direção da "complexidade" como um assunto de direito próprio".(1)

O importante é deixar claro que, qualquer que seja a proposta de política de educação em ciência exigirá uma concepção de ciência e, ao mesmo tempo, representará uma peça de um projeto mais amplo de sociedade.

A complexidade típica das sociedades atuais torna-as, sob certos aspectos, equivalentes. Em primeiro lugar é preciso destacar as características internacionais que dominam os diferentes países, condicionado pelo grande avanço tecnológico das áreas pertinentes à comunicação.

Em segundo lugar, está a tendência aparentemente inata do ser humano, e portanto, às sociedades de um modo geral, de dominar umas às outras, de acordo com diferentes graus de pretensa superioridade. Ao longo da história humana, pode-se verificar objetivamente que a superioridade de uma sociedade sobre a outra foi, na maior parte das vezes, conferida por um maior domínio cognitivo e técnico em diferentes áreas, inclusive na área militar.

Finalmente, em terceiro lugar, é preciso colocar uma observação estreitamente vinculada à primeira e à segunda observações: as sociedades tornam-se equivalentes pela necessidade de buscar constantemente a auto-superação tendo em vista a solução de problemas que podem ameaçar a sua sobrevivência.

¹ASHBY, R. Introdução à Cibernética. São Paulo, Editora Perspectiva S.A., 1970.

Este aspecto é fundamental para compreender a ligação entre desenvolvimento científico, resolução de problemas e sobrevivência da espécie humana, sociedades e instituições de modo geral. Aparece no centro das propostas de Piaget e, pode ser observado, em especial, em *Tendencias de la Investigacion en las Ciencias Sociales*, de Jean Piaget e outros. A tese de que o aumento do potencial cognitivo da sociedade permite descrever as linhas do seu desenvolvimento através da capacidade de resolver os seus problemas foi retomada por Habermas em *Para a Reconstrução do Materialismo Histórico*. Neste trabalho, Habermas volta às linhas gerais do pensamento de Piaget e, em certa passagem, diz:

"Em relação à história da técnica, pode-se certamente recuar ainda mais, à história do desenvolvimento... Piaget indicou, para este desenvolvimento cognoscitivo, num plano ontognético, uma SEQUÊNCIA UNIVERSAL DE DESENVOLVIMENTO, desde o pensamento pré-operacional, através do pensamento concreto-operacional, até o pensamento formal-operacional. A história da técnica, provavelmente, liga-se aos grandes impulsos evolutivos da sociedade através da evolução das IMAGENS DO MUNDO; e essa ligação poderia ser explicada, por seu turno, por meio de estruturas formais de pensamento, para cujo enquadramento em termos de lógica de desenvolvimento a psicologia cognoscitiva oferece um modelo ontogenético. Acrescenta adiante: "Essas lógicas de desenvolvimento documentam a sobrevivência e, nessa medida, também, a história interna do espírito." (p. 73). Na página 35 da mesma obra, Habermas relaciona a capacidade de resolução de problemas com a aquisição do patrimônio cognitivo."(1)

É certo que há um hiato temporal na disseminação das conquistas humanas por todo o planeta, pela dificuldade ou

¹HABERMAS, Jürgen. *Para a Reconstrução do Materialismo Histórico*. São Paulo, Ed. Brasiliense, 1983.

impossibilidade de algumas organizações adquirirem determinados níveis de eficiência relacionados à sua capacidade de produzir bens, ao nível de sua rede de comunicação e, de modo geral, à sua capacidade de auto-gerenciamento e de resolução de novos problemas. Diminuir esse hiato torna-se o objetivo mais presente de todas e pode ser e aqui será relacionado diretamente com o processo de educação.

Convém deixar claro que não se trata da educação permanente, como é entendida hoje, mas de uma instrumentalização mais "definitiva" do indivíduo, capaz de torná-lo apto para enfrentar e resolver problemas, sem que o temor dos possíveis erros constitua sempre um obstáculo. A capacidade de uma organização de aprender novos comportamentos está, portanto, diretamente relacionada a essa mesma capacidade de cada um dos indivíduos que a compõem. Se se deseja imprimir em uma organização certa forma mais eficiente para o desempenho de suas funções, é preciso contribuir para que cada indivíduo o faça no mesmo sentido.

Assim, a terceira revolução científica acentua o caráter interdisciplinar do conhecimento humano acerca da realidade, atribuindo ao desenvolvimento cognitivo mais do que à metodologia científica a capacidade de resolver problemas e, portanto, sobreviver.

2. A Cibernética, o Cérebro e a Auto-organização

A questão a ser considerada é a seguinte: como é possível projetar sistemas que sejam capazes de "aprender" de for-

ma análoga à do cérebro humano?⁽¹⁾ Como se disse antes, a Cibernética é uma ciência interdisciplinar relativamente nova, volta da para o estudo da informação, comunicação e controle. O termo se tornou conhecido na década de 40 através do matemático Wiener e sua aplicação metafórica do grego "Kubernetes", ou seja, "governante" ou "piloto". Wiener usou a metáfora para caracterizar os processos de mudança de informações por meio dos quais máquinas e organismos ajustados por comportamentos auto-regulados mantêm estados constantes.

São diversas as origens da Cibernética moderna. Ela emergiu de inúmeros desafios, quando cientistas, matemáticos e especialistas em teoria da comunicação, ciências sociais, medicina e engenharia combinaram suas formações e experiências a fim de criar máquinas com a capacidade adaptativa dos organismos, isto é, capaz de se auto-regularem.

O núcleo desta habilidade de auto-regulação baseia-se no feedback negativo. O feedback negativo pode ser entendido de modo simplificado como o acréscimo levando ao decréscimo, ou o decréscimo levando ao acréscimo. No organismo humano há vários exemplos de regulação por feedback: a produção de estrogênio pelo ovário, por exemplo, é induzida por um hormônio hipofisário denominado folículo estimulante (F S H.). Doses baixas de estrogênio no sangue atuam como um estímulo para que a hipófise produza o hormônio que estimula o folículo, provocando, por parte do ovário, a produção de estrogênio. À medida que o nível de estrogênio sobe no sangue, atingindo determinada concentração, a hipófise para de produzir o hormônio, cessando desse modo o es-

¹MORGAN, "Organizations as Brains". *Imagens of Organizations*. p. 77.

tímulo à produção de mais estrogênio pelo ovário.

- Processo similar ocorre com o termostato de uma geladeira ou com o controle da temperatura do corpo humano: quando a temperatura cai, o cérebro e o sistema nervoso central iniciam uma ação para que os músculos tremam e produzam calor, provocando a subida da temperatura. Ao contrário, quando a temperatura corporal sobe, inicia-se a transpiração e respiração fortes, levando o corpo a funcionar nos limites críticos necessários à sobrevivência.

A Cibernética, pois, leva a uma teoria da comunicação e aprendizagem que enfatiza quatro princípios, segundo os quais o sistema deve ser capaz de:

- sentir, controlar e examinar aspectos significativos do meio ambiente;
- confrontar essas informações com as suas normas de operação, que guiam o comportamento do próprio sistema;
- detectar desvios significativos dessas normas;
- poder corrigir as ações se essas discrepâncias foram detectadas.

Se as quatro condições forem satisfeitas, cria-se um processo ininterrupto de troca de informações entre o sistema e o meio, permitindo que o sistema controle as mudanças e inicie as respostas apropriadas. Desta forma, o sistema opera de uma forma auto-reguladora, "inteligente", embora sua capacidade de "aprender" seja limitada. Isso se dá porque o sistema pode sim-

plesmente manter ações determinadas pelo padrão estabelecido ou pelas normas de operação que o guiam. Consequentemente, quando as respostas às mudanças tornam-se inadequadas, a "inteligência" do sistema sofre um colapso, devido ao processo de feedback manter um padrão de comportamento pouco apropriado.

Tal fato levou os cibernéticos modernos a estabelecerem uma distinção entre os processos de "aprender" e "aprender a aprender". Sistemas simples como o termostato de uma casa com ar condicionado central estão aptos a aprender, no sentido de serem capazes de detectar e corrigir desvios das normas pré-determinadas.

O mesmo tipo de termostato, nos modelos mais antigos, é incapaz de determinar qual a temperatura preferida pelos ocupantes da casa e auto-ajustar-se levando em conta essa informação. Sistemas mais complexos, porém, como computadores avançados e sobretudo o cérebro humano, têm essa capacidade e estão frequentemente aptos a detectar e corrigir erros em relação às normas de operação, e, assim, influenciar os padrões que guiam detalhadamente suas operações. Este é o tipo de habilidade que exige um auto-questionamento das atividades dos sistemas que são capazes de aprender a aprender e de auto-organizar-se.

Conforme foi dito anteriormente, a capacidade de aprendizagem de uma sociedade está relacionada diretamente à capacidade de cada indivíduo que dela faz parte. Esta afirmação traduz o ponto de vista central de Morgan em *Images of Organization*, sobre a passagem do plano individual ao coletivo no que diz respeito à aprendizagem. Parece, contudo, que o problema exige uma investigação mais detalhada. A obra de Piaget é um

testemunho de que o problema é complexo, e a retomada de sua perspectiva por Habermas também não consegue fechar o assunto, como pode ser visto no seguinte trecho:

"Vamos partir do fato de que, no que se refere às estruturas normativas de uma determinada sociedade, podem ser reconstruídos e verificados modelos de desenvolvimento (... pretendo me referir a lógicas de desenvolvimento no sentido de Piaget, que devem satisfazer condições bastantes improváveis). Tais modelos racionalmente reconstruídos representam REGRAS PARA POSSÍVEIS SOLUÇÕES DE PROBLEMAS, ou seja, demarcações meramente formais, e não ainda mecanismos capazes de explicar processos singulares de resolução de problemas ou mesmo a aquisição de capacidades gerais de resolvê-los. Os MECANISMOS DE APRENDIZAGEM deverão ser buscados, antes de mais nada, no plano psicológico. Se se consegue fazê-lo com ajuda da psicologia cognoscitiva do desenvolvimento, tornam-se depois necessárias muitas afirmações empíricas capazes de explicar sociologicamente como processos individuais de aprendizagem entram no patrimônio de saber de uma sociedade, coletivamente acessível. CAPACIDADES DE APRENDIZAGEM ADQUIRIDAS INDIVIDUALMENTE e informações afins devem estar disponíveis de modo latente nas imagens do mundo, antes de poderem ser usadas de modo socialmente eficaz, ou seja, de serem traduzidas em PROCESSOS DE APRENDIZAGEM DA SOCIEDADE." p. 35(1)

Seria possível pensar, então, que, se cada indivíduo aprendesse a aprender isso se tornaria viável para a sociedade como um todo. Sendo assim, identificar as barreiras a tal aprendizagem seria, de algum modo, um caminho para facilitá-la.

Porém, quais são as condições que suscitam no indivíduo a capacidade de criticar a operacionalidade das normas pa-

¹ HABERMAS, Jürgen. Para a Reconstrução do Materialismo Histórico. São Paulo, Brasiliense, 1983.

drão? Não está nos limites deste trabalho buscar soluções para os possíveis obstáculos à aprendizagem intrínsecas à cognição humana. Entretanto, aqueles que dizem respeito aos processos de aprendizagem mais gerais no âmbito de uma organização talvez possam ser explicitadas, em que pesem as diferenças entre as organizações sociais. As principais barreiras à aprendizagem organizacional ocorrem quando as pessoas⁽¹⁾

- não têm a noção de que a organização como um todo realiza, o que lhes impõem estruturas de pensamento fragmentadas. Isto normalmente acontece quando a hierarquia impede o livre fluxo de informações;

- são premiadas pelo sucesso ou punidas pelos erros, o que provoca o surgimento de um mecanismo de dissimulação do erro e leva-as a só se interessarem por problemas com resolução à vista. Deste modo os desafios colocados pelo ambiente não são esgotados na sua importância para a aprendizagem; ou,

- prendem-se a determinados modelos de resolução de problemas, utilizando-os de modo irrefletido em qualquer situação. Isso as afasta da realidade, como faz toda atitude dogmática e definitiva de se prender a esta ou aquela pré-concepção.

Todo processo de aprender a aprender gira em torno das habilidades de permanecer aberto às mudanças do meio ambiente e de propor e testar hipóteses; habilidades essas adquiridas a partir do desenvolvimento de determinadas condições.⁽²⁾ A pri

¹ MORGAN, "Organizations as Brains". Images of Organization. p. 89-90.

² Ibdí, p. 91.

meira diz respeito à aceitação do erro e da incerteza como fatos inevitáveis da vida, principalmente quando se trata de sociedades complexas e em constante mudança. Não se trata de aceitar enganos que poderiam e deveriam ser evitados, mas, sim, de reconhecer erros provenientes de uma situação de incerteza.

A segunda reconhece a importância de explorar diferentes pontos de vista para a análise e solução de problemas complexos. Esta condição ajuda a definir o significado de formular e reformular questões e problemas segundo uma abordagem aberta a experiências e não uma visão fechada conforme fundamentos inquestionados da ação.

A terceira condição é a de planejar ao longo da ação, o que significa uma postura contrária à de impor estruturas rígidas de ação sobre coisas já organizadas. Deste modo é mais difícil à organização falhar drasticamente frente às mudanças que possam ocorrer. É uma visão mais aberta do processo de planejamento, que passa a privilegiar a escolha entre os limites colocados à ação, e não os fins e objetivos.

3. Um Modelo Holográfico

O modo como o cérebro se organiza tem servido de modelo na construção de máquinas inteligentes para neurofisiologistas e cibernéticos de um modo geral, em particular pela grande capacidade de auto-organização que ele apresenta. Isto é, de organizar e reorganizar a si mesmo ao lidar com as contingências com que se defronta. Os neurofisiologistas destacam determina-

das características cerebrais como sendo responsáveis pela manutenção desta capacidade. Entre elas, está a abundante conectividade entre os neurônios (células nervosas), que permite, simultaneamente, receber informações de diferentes tipos num mesmo momento, processar informações em diferentes partes do cérebro e estar consciente do que está acontecendo em qualquer parte. Cada neurônio é tão ou mais complexo que um microcomputador e capaz de estocar grande quantidade de informações.

A capacidade do cérebro parece depender mais desta conectividade do que das diferenças estruturais. A importância da conectividade para a complexidade do funcionamento é também reforçada pela comparação entre os cérebros humanos e os de outros animais. Por exemplo, elefantes têm cérebros maiores que os dos seres humanos, mas cujas partes não são, de modo algum, tão abundantemente ligadas.

Um aspecto interessante desta conectividade repousa no fato de ela possibilitar mais conexões cruzadas e trocas do que podem ser utilizadas em qualquer momento dado. Essa redundância é crucial, devido ao efeito que produz: é como se todo o cérebro estivesse presente em cada parte que o constitui. Isso lhe assegura flexibilidade de operação e dá ao cérebro um caráter holográfico. De acordo com De Gregori:

"Holografia é fotografia ou representação tridimensional, viabilizada pelos cálculos de Dennis Gabor (1974) e facultada pelos raios laser formando os hologramas. Uma de suas aplicações é a tomografia axial computadorizada. Está prometida para breve a televisão tridimensional ... Como nos quadros de referência mas difundidos, em ciências sociais e humanas, são o filosófico-teológico-aristotélico-tomista (cristianismo), o sócio-econômico de Adam Smith (capí

talismo), o sócio-econômico de Marx (socialismo-comunismo), ao apresentarmos um novo quadro de referência como é o HOLÓGRAFO, há que estar redefinido e reclassificando fatos e conceitos do cristianismo, capitalismo e socialismo, assim como qualquer um deles faz com os demais ... HOLÓGRAFO, o quadro de referência em CIBERNÉTICA SOCIAL, é um descritor, representador tridimensional ou global dos fatos".(1)

O caráter holográfico do cérebro, claramente refletido no modelo de alta conectividade, garante também que o sistema funcione ao mesmo tempo de forma generalizada e especializada. Diferentes regiões do cérebro parecem especializadas em diferentes atividades. Assim, pode-se distinguir entre as funções do córtex (o principal planejador, que controla toda atividade não rotineira e, talvez, a memória), o cerebelo (o computador ou piloto automático, que cuida da atividade de rotina), e o cérebro médio (o centro das sensações, odores e emoções), embora sejam interdependentes e capazes de agir em nome de cada um dos outros quando necessário.

Sabe-se, também, que os lados direito e esquerdo do cérebro combinam-se para produzir modos de pensamento, e que a distinção dos dois hemisférios como domínios da criatividade ou da capacidade analítica é acompanhada de mais modelos genéticos de conectividade. Por exemplo, o produtivo cérebro direito está extremamente ligado ao sistema límbico e às emoções. O princípio da conectividade e funções generalizadas é também refletido no modo como os neurônios servem como canais de comunicação e como lugar de atividades específicas ou de memória.

¹ DE GREGORI, Waldemar. "Hológrafo como Quadro de Referência". Cibernética Social. São Paulo, Cortez, 1984

A capacidade de auto-organização cerebral tem levado os estudiosos a verem o cérebro como um sistema que em grande medida tem assumido um importante papel no planejamento de si mesmo no curso da evolução.

A questão da sobrevivência perpassa toda a problemática desenvolvida neste capítulo. Afinal ela é hoje, talvez mais do que no passado, uma questão que aflige o homem, as sociedades e organizações, tendo a dimensão política se superposto à biológica. Provavelmente por isso os cibernéticos observaram tão minuciosamente a regulação que ocorre nos sistemas biológicos e transpuseram a idéia para os sistemas das máquinas inteligentes, que, através do desenvolvimento da informática, invadiu o cotidiano da sociedade.⁽¹⁾

4 - Algumas Considerações

Um dos princípios norteadores desta dissertação, apresentado no capítulo anterior, considera a ciência um elemento da cultura da época e um instrumento capaz de conferir a seus detentores a capacidade de interpretar e intervir de modo mais consistente na sociedade. Em outras palavras, a ciência é capaz de moldar e modificar determinada visão do mundo.

Utilizar o modelo holográfico surgido com a nova visão do mundo engendrada pelas ciências da segunda metade do sé-

¹ASHBY, R. Introdução à Cibernética, São Paulo, Editora Perspectiva S. A., 1970.

culo XX, em especial a cibernática, é o mesmo que reconhecer que cada parte de um sistema deve formar sua individualidade a fim de manter a ordem estratificada do sistema, mas também deve submeter-se às exigências do todo a fim de tornar o sistema viável, isto é, garantir sua sobrevivência. Essas duas tendências são opostas, mas complementares. Num sistema saudável - um indivíduo, uma sociedade ou um ecossistema - existe um equilíbrio entre integração e auto-afirmação. Esse equilíbrio não é estático, mas consiste numa interação dinâmica entre duas tendências complementares, o que torna todo o sistema flexível e aberto à mudança, características que conferem a capacidade de auto-organização.

A primeira e a segunda revoluções científicas trouxeram importantes modificações na maneira de interpretar a realidade. Contudo, foi a partir da terceira revolução científica que surgiu uma nova visão de integração entre o todo e as partes, invocando um sistema que despreza as interpretações convencionais de tempo, espaço e causalidade destacando o caráter múltiplo-interativo dos elementos que o compõem.

Os avanços no campo da Psicologia Cognitiva e da Biologia, no que tange o funcionamento cerebral, vieram ampliar os limites impostos pelo modo de pensar a ciência no início do século XX, acentuando o caráter construtivo, interdisciplinar e holístico do conhecimento. Em outras palavras, a terceira revolução científica, marcada pelo desenvolvimento da microeletrônica e dos sistemas inteligentes veio privilegiar a capacidade humana de "aprender a aprender", minimizando as questões de método frente à necessidade de resolver problemas.

Essa nova visão de ciência permeará e embasará a proposta política de educação em ciência no capítulo V.

C A P Í T U L O I I I

DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E EDUCAÇÃO: DUAS VERSÕES BRASILEIRAS

O presente capítulo está motivado, principalmente, pela preocupação com a "história por fazer" e, conseqüentemente, pela tentativa de buscar a melhor forma de intervir no momento presente. Neste sentido, buscar-se-á investigar, em primeiro lugar, o que os cientistas brasileiros têm proposto para o desenvolvimento científico e tecnológico do país, para em seguida verificar qual é a relação estabelecida entre este desenvolvimento e a educação em ciência. Em outras palavras, o objetivo do capítulo é verificar em que pé está a discussão acerca das relações entre o desenvolvimento científico e a educação: fala-se em formação de recursos humanos para a ciência, isto é, em formar cientistas, ou pensa-se em divulgar mais e melhor esse conhecimento para a população de um modo geral, favorecendo sua inserção na discussão das questões políticas pertinentes ao mundo científico? É relevante para o Brasil uma política para melhor formação de jovens na área de ciência? Por quê? E, existe uma política de educação para ciência no Brasil? Se existe, qual é ela?

As respostas a essas perguntas são importantes na medida que fornecem subsídios para a identificação do contexto no qual a proposta política de educação em ciência apresentada ao final do trabalho está inserida. Não faz sentido elaborar uma proposta de melhoria da formação em ciência se esta proposta não corresponde às necessidades do nosso "aqui-agora", preparando um futuro diferente.

1 - Ciência e Tecnologia na Versão dos Cientistas Brasileiros em 1985

Em Dezembro de 1985, teve lugar em Brasília o primeiro Debate Nacional sobre o Papel da Ciência e Tecnologia no Brasil. A sua realização foi promovida por uma comissão de representantes da Academia Brasileira de Ciência (ABC), da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), da Comissão de Representantes das Sociedades Científicas, do Conselho Nacional do Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e dos Ministérios da Educação (MEC) e da Ciência e Tecnologia (MCT). Foram também convidados observadores das Comissões de Ciência e Tecnologia da Câmara e do Senado.

Os dois maiores objetivos do Debate foram incorporar ao Plano de Ciência e Tecnologia da Nova República as recomendações oriundas do Debate Nacional e disseminar no seio da sociedade a discussão sobre o papel da ciência e da tecnologia no Brasil.

Os participantes do Debate destacaram a função subordinada e instrumental da ciência e da tecnologia a um projeto mais amplo de definição de um modelo societário. As atividades científicas e tecnológicas deveriam, portanto, viabilizar, dentro de seu campo de atuação próprio, as aspirações da nação. Neste sentido, os debates nos vários Estados, que precederam o Debate Nacional, captaram e endossaram a demanda social para utilizar a ciência e tecnologia no sentido da satisfação das necessidades básicas da população brasileira de saúde, alimenta

ção, moradia, transporte, educação, além da expansão dos níveis de emprego e da remuneração do trabalho.

É claro que o objetivo do desenvolvimento da ciência e da tecnologia não deveria apenas atender as demandas sociais imediatas, por suas razões básicas: a primeira, porque a superação dos níveis insatisfatórios de desenvolvimento global provocada pelos efeitos multiplicadores do desenvolvimento científico e tecnológico certamente geraria novas demandas sociais, que poderiam ser percebidas ex ante. Em outras palavras, mudanças tecnológicas afetariam as estruturas sociais e econômicas, representando obstáculos a serem superados e novos objetivos a serem atingidos no próprio processo de desenvolvimento global. A outra razão foi o fato de ser imprescindível incentivar a pesquisa básica, uma vez que é através dela que se torna possível identificar as próprias necessidades sociais.

Deste modo, ciência e tecnologia não seriam apenas instrumentos para atingir o ideal que a não se propunha, mas também parte da concepção deste ideal, na medida em que contribuiriam para identificar objetivos e meios de atingi-los.

O caráter do modelo societário citado pelos participantes do Debate estava estreitamente relacionado com a idéia de formulação de um projeto nacional.⁽¹⁾ Por um lado, as discussões a propósito deste projeto indicavam certo grau de lucidez e amadurecimento político, pois não apenas refletiam a preocupação em não mascarar as diferenças existentes na sociedade brasi

¹ CNPq. DEBATE NACIONAL: Ciência e Tecnologia numa Sociedade Democrática, Brasília, 1985.

leira relativas às classes sociais e às regiões, caracterizadas por interesses divergentes e por diversas formas de exploração econômica e dominação política, como destacavam que a sua definição exige uma discussão política democrática no sentido de confronto de idéias contrárias e mesmo conflitivas. Além do mais, consideravam a inserção do Brasil no rol dos países desenvolvidos dependente da estrutura internacional. Por isso, enfatizavam o atrelamento da ciência e tecnologia ao crescimento econômico, estabelecendo uma relação direta e íntima com o desenvolvimento social e político, e ressaltavam a necessidade de participação da sociedade não somente na definição do projeto nacional e nos projetos de ciência e tecnologia, como também na tomada e implementação das decisões e controle permanente das atividades científicas e tecnológicas e da aplicação de recursos em todos os níveis.

A participação da sociedade levantada pelos debatedores é especialmente relevante nesta dissertação, uma vez que trazia dentro de si caráter democrático pertinente ao processo educacional que defendemos. De certo modo, dadas as características deste século, não há possibilidade de haver sociedade democrática composta por cidadãos ignorantes.

Com relação a isto, os participantes do Debate indicaram alguns caminhos para que tal objetivo deixe de ser uma simples figura de retórica, tornando possível sua consecução. O primeiro seria o aprimoramento de instrumentos para a formação de uma base técnico-científica nacional, com a divulgação para a população em geral dos resultados da ciência e tecnologia. Nesse sentido, um trecho do documento dizia:

"A esse respeito a SBPC já tomou a dianteira com seu amplo programa de difusão científica e, em especial, através de publicações como a Ciência Hoje. É necessário conferir suporte governamental para que se prossiga e amplie programas dessa natureza". (1)

Uma segunda via significativa na direção dos programas de formação científica era concernente ao papel da universidade. Além da ênfase à formação de recursos humanos especializados, através dos programas de pós-graduação, foram levantados outros objetivos, entre os quais:

- tornar socialmente mais transparentes os resultados do trabalho acadêmico, popularizando a pesquisa e criando, a partir do seu reconhecimento social, as bases de sustentação política de uma nova prioridade à ciência tecnologia;
- combater a setorialização do ensino de 3º grau, restaurando a prática interdisciplinar como estratégia de formação de quadros e produção de conhecimento mais adequado ao enfrentamento de problemas nacionais altamente complexos e multifacéticos;
- fortalecer a universidade através da dotação de recursos e do estímulo à definição de prioridades para seu próprio projeto de desenvolvimento, avaliando-lhe sistematicamente o desempenho;
- favorecer a articulação em nível intra-universitário e entre universidades, institutos de pesquisa tecno-

¹ Ibid, p. 12.

lógica e outros centros de investigação, estatais e privados;

- abrir os colegiados acadêmicos e órgãos de consórcios universitários à participação de associações, sindicatos e organizações populares, valendo o mesmo para os órgãos e instituições dedicados ao planejamento, fomento e acompanhamento de projetos científicos e tecnológicos e educacionais.

Os órgãos governamentais de pesquisa científica e tecnológica foram apontados durante o encontro como instrumentos capazes de viabilizar a formação de uma base técnico-científica para a cultura nacional. Conforme o pensamento dos cientistas, o Estado deveria assumir uma importância decisiva não apenas porque se constituía na principal fonte de incentivo à pesquisa em ciência e tecnologia, mas por sua potencial capacidade de favorecer a disseminação social das informações. Para isso seria preciso maior organicidade na articulação entre diferentes órgãos e transparência na sua atuação. O Estado podia também estimular direta ou indiretamente a pesquisa tecnológica realizada nos centros privados, como elemento interveniente na implementação de políticas empresariais.

2. Ciência e Tecnologia na Versão dos Cientistas Brasileiros em 1989.

O Debate Nacional sobre Ciência e Tecnologia de 1985 sublinhou a inexistência de uma política para o setor que favorecesse seu próprio desenvolvimento e promovesse sua articulação com o desenvolvimento econômico e social nacional respeitando as diversidades regionais. Nesse sentido, foi apontada pelos cientistas a necessidade de formulação de uma política que, partindo das observações feitas acima, contivesse diretrizes e estratégicas que objetivassem:

- distinguir ciência básica e ciência aplicada na definição de prioridades;

- articular diferentes instâncias decisórias e implementadoras de ciência e tecnologia, evitando a superposição de objetivos e a dispersão de recursos e privilegiando a complementação entre elas;

- criar mecanismos de divulgação da produção em ciência e tecnologia;

- estimular a participação na elaboração e controle desta política pela sociedade.

O início da NOva República e a promulgação da nova Constituição Federal foram dois momentos de intenso debate sobre os caminhos da ciência e da tecnologia no país e por esse motivo assumiram uma dimensão importante em relação à expressão

são do pensamento da comunidade científica.

Em 1989, ainda, permaneciam em destaque os argumentos que respaldavam os pressupostos da instrumentalidade da ciência e tecnologia no atendimento às necessidades sociais e de desenvolvimento econômico, assim como do imprescindível incentivo à ciência básica. É possível afirmar que a distinção entre a ciência básica e a aplicada se verificava, também em 1989, no queange à definição de prioridades e financiamento de programas nacionais para ciência e tecnologia, a exemplo da discussão ocorrida no Debate Nacional.

Outro ponto em comum foi o destaque para a necessidade de articulação entre diferentes setores visando à racionalização de esforços e recursos no cumprimento dos objetivos nacionais. Um exemplo importante foi o surgimento de quatrocentas empresas da área de informática, as quais abarcavam cinquenta por cento do mercado nacional. Segundo os cientistas, isto se devia não só à reserva de mercado, mas à competência dessas indústrias, que surgiram, em parte, da organização empresarial e, em parte, da articulação do Sistema de Ciência e Tecnologia brasileiro. Essas indústrias nacionais investiram, até 1989, seis a oito por cento do seu faturamento - algo em torno de 150 milhões de dólares por ano - na pesquisa e no desenvolvimento de novos produtos. Reduziram, desse modo, a remessa de seus lucros, pois fazendo reinvestimentos, reverteram seus balanços comerciais.

Para os cientistas, a competitividade da indústria brasileira estava diretamente relacionada com o incentivo dado à

pesquisa científica e à formação de recursos humanos. Na opinião dos cientistas, as universidades, as empresas e o Estado deveriam assumir a responsabilidade pelo incentivo a essas duas áreas.

A questão da competitividade se mantinha estreitamente relacionada à idéia de soberania. Este foi um ponto muito marcante no debate de 1989. De certa forma, isso o distinguia do Debate ocorrido em 1985, que primou pelo destaque à relação entre ciência e tecnologia e democracia, menos discutida em 1989. Esse fato causa uma estranheza, na medida em que justamente nesse momento, com a recente promulgação da nova Carta, deveriam ser pensados mecanismos concretos que permitissem a execução e até a ampliação de algumas das conquistas obtidas no setor.

Contudo, é importante lembrar que no Debate de 1985, a ênfase na divulgação da produção em ciência e tecnologia limitou-se basicamente ao fortalecimento das universidades e à formação de recursos humanos especializados, o que não envolvia a participação da sociedade. Nos moldes apresentados, esta tinha sua atuação restrita à de agente legitimadora das decisões. Assim, o quadro de ignorância quanto aos processos de construção e ampliação deste conhecimento se mantinha. Sua inversão só seria possível mediante a formulação de uma política de educação em ciência capaz de colocar o conhecimento científico ao acesso da cidadania comum.

Mas essa política não foi alvo de discussão neste debate, nem tampouco naquele ocorrido em 1989. Em relação à formação de recursos humanos, o Secretário de Estado de Ciência e

Tecnologia do Rio de Janeiro, José Pelúcio Ferreira, afirmou:

"O Ministério da Educação é parte fundamental do programa de ciência e tecnologia do Brasil. É preciso que esse Ministério e o da Ciência e Tecnologia disponham de recursos suficientes para que a nossa comunidade não se disperse, para que não percamos tantos elementos jovens que estamos formando e frustrando. O programa de ciência e tecnologia só frutificará com a formação continuada de pesquisadores e com o apoio da indústria nacional no desenvolvimento de tecnologia."(1)

A partir dessa observação é possível reafirmar que a preocupação dos cientistas permanecia e talvez permaneça sendo com a formação de mão-de-obra especializada. Não é difícil perceber que isto se coloca bastante distante do ideal de incorporar uma base técnico-científica ao patrimônio cultural nacional, indispensável à participação da sociedade na definição dos rumos da política de ciência e tecnologia. Cabe lembrar que uma política do tipo "scientific literacy" apresenta-se como eficaz na educação de indivíduos verdadeiramente capazes de intervir na sociedade científica de que fazem parte. O desejo de ver democratizado o acesso ao conhecimento científico assim como ao desenvolvimento facultado por ela está presente no encontro de 1989, de um modo menos enfático, expresso por Sala:

"É necessário reconhecer que as inovações tecnológicas, os avanços científicos e as medidas sociais devem ser encaradas como um processo integrado. Um processo onde toda a população participe de modo que todo o país possa ser um amplo usuário do conhecimento científico".(2)

¹ II Seminário Anglo-Brasileiro Ciência, Tecnologia e Educação. Brasília, INEP, 1989, p. 117.

² Ibid, p. 59.

Contudo, até aqui, continua ausente qualquer diretriz, estratégia ou mesmo discussão mais aprofundada do tema que torne possível a concretização desse desejo.

3 - Aspectos Relevantes do Pensamento da Comunidade Científica

Com base em todas essas considerações acerca do pensamento da comunidade científica brasileira no início da Nova República, pode-se afirmar, pelo menos então:

- a instrumentalidade da ciência e tecnologia no atendimento às necessidades sociais e do desenvolvimento econômico, mediante o fortalecimento da democracia;
- a inexistência de uma política brasileira de desenvolvimento científico e tecnológico;
- a necessidade de formulação e implementação de uma política de ciência e tecnologia que, além de considerar a pressuposição expressa no item imediatamente anterior, implicasse:
 - . a articulação de instâncias institucionais diversas, coordenando-as, compatibilizando-as, entre si e garantindo a devida atenção a proposta e demandas em diferentes âmbitos sócio-políticos;
 - . o fim da superposição de objetivos e da dispersão de recursos;
 - . a distinção entre ciência aplicada e tecnologia - mais facilmente direcionadas em função das necessi-

dades sociais nacionais e regionais - e ciência básica;

- . a criação de mecanismos permanentes de divulgação científica, visando gerar na população maior familiaridade com o conteúdo, objetivos, riscos e impactos das atividades e usos da ciência e tecnologia; e
- . um processo interativo e recorrente entre governo e sociedade, por meio de um constante intercâmbio de pontos de vista, que facilitasse o controle social sobre essas atividades.

4 - Algumas Considerações

A comparação entre os dois diferentes momentos de expressão do pensamento da comunidade científica quanto às relações entre ciência, tecnologia, desenvolvimento e educação permite que a comunidade científica e os próprios órgãos do governo relacionados à ciência e à tecnologia, através de seus restringem-na à formação de cientistas. Deste modo mantêm-se distantes do campo educacional propriamente dito. O que não é grave, nessa perspectiva, é que o nível cultural exigido dos integrantes de uma sociedade altamente tecnológica está em constante ampliação. Por exemplo, pessoas perfeitamente inseridas socialmente, consideradas produtivas e com bom nível educacional há cinquenta anos atrás, enfrentariam dificuldades hoje.

Nesse sentido, é ~~pertinente~~ perguntar quais seriam as novas bases para o currículo de modo a levar o aluno a reconhe-

cer o trabalho como uma qualidade humana básica e não apenas favorecer uma boa opção vocacional. A educação em ciência, hoje, contudo, prossegue baseando-se na memorização de conceitos e na repetição de experimentos que contribuem pouco para que o aluno descubra a importância de adquirir conhecimento científico para resolver problemas no seu dia-a-dia. Noutros termos, o conhecimento científico ainda continua fora do alcance do cidadão comum.

Hoje, fala-se muito em crise na educação porque os processos educacionais não estão produzindo os resultados exigidos pela sociedade, isto é, os indivíduos não apresentam padrões de comportamento que correspondam a sociedade que se quer ter.

Falar em crise é o mesmo que falar na obtenção de mais ou inadequados resultados. Ela é portanto decorrência da ausência de normas de ação ou fruto de uma política mal formulada. É preciso ação planejada, consciente e adequada para que sejam definidas e cumpridas as metas do desenvolvimento científico, tecnológico, humano e social que permitirão ao país ser membro de um Mundo, sem ter que esperar pelo terceiro milênio.

É preciso, por isso, que seja formulada uma política educacional que leve em consideração o papel relevante da ciência para a sociedade, a dimensão e o perfil desta sociedade hoje e no futuro próximo. É necessário, portanto, formular uma política de educação em ciência, antes ou juntamente com a devida política de ciência e tecnologia, caracterizada, porém, em termos diferentes ou mais amplos do que os visados habitualmente pelos cientistas.

CAPÍTULO IV

PROGRAMA "VOCAÇÃO CIENTÍFICA" - A EXPERIÊNCIA

Este capítulo objetiva descrever uma experiência realizada no Rio de Janeiro. Toda a descrição está baseada na documentação que se encontra nos arquivos das instituições envolvidas, assim como depoimentos de alunos, professores e pesquisadores.

A experiência, nascida em 1985, resultado de um convênio entre a Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ) e a Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), teve como objetivo geral propiciar o contato entre cientistas e jovens alunos de modo a despertar a vocação pelo trabalho científico e orientar a escolha profissional. Por essa razão foi denominado Programa "Vocação Científica".

A descrição do Programa teve como primeira preocupação tentar recuperar a idéia original e sua implementação, para tornar possível o entendimento do que é o Programa hoje, suas dificuldades, falhas e acertos.

As informações subseqüentes tratam, portanto, de uma rede de instituições, cujos componentes são idéias e ações de pessoas aglutinadas em torno da formulação e implementação de determinada política.

1 - Da Idéia à Implementação

A descrição e, posteriormente, a análise do Programa "Vocação Científica" tenta identificar qual a concepção de ciência e, conseqüentemente, de educação em ciência posta em prática. Ou seja, qual a fonte em que o Programa foi beber, ou bebe, direta ou indiretamente? Será uma experiência de "scientific literacy" ou se aproxima mais da concepção dos cientistas brasileiros apresentada no capítulo anterior?

Segundo o depoimento de Luis Fernando Rocha Ferreira da Silva, Vice-Presidente de Recursos Humanos da Fundação Oswaldo Cruz, um conjunto de fatos, entre os quais alguns recolhidos de sua própria história de vida, levou-o a imaginar que seria importante para jovens alunos de 1º ou 2º grau manter contato com cientistas da FIOCRUZ.

Silva inspirou-se num programa existente nos EUA, em que alguns alunos eram convidados a passar um dia inteiro na companhia de um cientista. Experiências similares poderiam contribuir para "diagnosticar a vocação científica no estudante e iniciar sua formação profissional o mais precocemente possível e deste modo acelerar sua profissionalização". A partir da vivência do dia-a-dia de um pesquisador e de seu trabalho, "o estudante pode descobrir, certificar ou mesmo verificar e corrigir equívocos no rumo de sua escolha profissional". Uma experiência como essa - diz - não deve ter como objetivo influenciar o aluno para que ele venha a ser um cientista, embora, de qualquer forma, "represente a aquisição e o domínio de uma técnica socialmente útil".

Assim, procurou Ivo Barbieri, Reitor da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, com o objetivo de estabelecer as bases de um convênio entre as duas instituições.

O convênio veio a ser firmado em 1985 e desenvolvido pelo Politécnico da Saúde Joaquim Venâncio, unidade da FIOCRUZ e pelo Colégio de Aplicação da UERJ (CAp.).

Em janeiro de 1986 o corpo de profissionais responsável pela implementação do Programa foi definido, sendo integrado por dois professores de Biologia e um de Química do Colégio de Aplicação, uma professora da Faculdade de Educação da UFRJ, uma orientadora educacional ligada ao Politécnico da Saúde Joaquim Venâncio e o Chefe do Departamento de Helminologia do Instituto Oswaldo Cruz. A coordenação do Programa foi composta pelos professores Fernando Miragaya (CAp), Fátima Branquinho (CAp), Jorge Freire (CAp), Neusa (Faculdade de Educação), Ana Maria Amâncio (Politécnico) e pela pesquisadora Delir de Serra Freire (Departamento de Helminologia).

O objetivo original seria, então, viabilizar o contato entre jovens alunos e pesquisadores a fim de despertar o gosto pela ciência e desmitificar a figura do cientista. Com base nesta idéia, a Coordenação deveria definir a liha de ação inicial para que o Programa pudesse sair das salas de reuniões e realizar-se concretamente. Algumas decisões preliminares e iniciais precisavam ser tomadas e implicavam escolhas pelas quais o próprio grupo se responsabilizaria.

O primeiro conjunto de escolhas baseou-se principalmente em informações fornecidas pelos professores do CAp, mais

capacitados para definir, naquele momento, que alunos poderiam participar do Programa de forma a viabilizá-lo e de que modo. Algumas questões presentes no debate e que tiveram que ser respondidas nesse sentido, foram, por exemplo: Os alunos participantes pertenceriam ao 1º ou ao 2º grau? A bagagem de conhecimento já adquirida por eles, no Colégio, sobre ciência e outras disciplinas, seriam um critério relevante para a seleção? Os alunos deveriam pertencer a uma única série ou isso não faria diferença para a experiência? Qual o número ideal de alunos a serem selecionados inicialmente? Como deveria ser realizada a seleção? Qual seria o período de contato entre os alunos e os pesquisadores? Tendo o Colégio de Aplicação regime de horário integral, com que frequência os encontros se dariam neste período? Quanto tempo duraria cada encontro?

A FIOCRUZ fixou em quatro o número de vagas oferecidas aos alunos. As vagas estavam condicionadas ao número de pesquisadores sensibilizados pelo Programa e dispostos a participar da experiência. Todos acreditavam que os resultados positivos a serem atingidos ao longo do tempo fariam com que outros pesquisadores abraçassem a idéia e se integrassem ao Programa.

Os alunos foram selecionados dentro do corpo discente pertencente à 1ª. série do 2º grau, pois foi considerado importante que eles possuíssem certos conhecimentos e um certo grau de maturidade. A seleção foi feita a partir de uma redação escrita após uma visita à Fundação Oswaldo Cruz, através da qual o aluno expressava não só o sentimento despertado nessa ida à FIOCRUZ, como também tentava delinear a sua área de interesse para o desenvolvimento de uma futura pesquisa. Além da redação,

houve uma dupla bateria de perguntas: a primeira, com o objetivo de mapear o grau de conhecimento acerca de conteúdos específicos de ciência que cada um possuía. A segunda bateria foi composta de questões mais subjetivas a respeito das preferências dos alunos por assuntos, mais em nível de interesse e motivações.

Ficou estabelecido o período de um ano para a permanência do aluno no Programa, prevendo-se um encontro semanal com o pesquisador da FIOCRUZ. Ao final do período, os citados questionários seriam reaplicados com o objetivo de avaliar se a experiência havia provocado alguma mudança no comportamento dos alunos.

A implementação do Programa, iniciou-se em abril de 1986, com as características acima e marcado pelo ingresso dos primeiros quatro alunos. Desde essa época, os alunos do CAp foram acompanhados pelos professores de Biologia e Química e por uma orientadora educacional, que mantinha com eles contatos mais frequentes.

Em agosto de 1986, mais sete alunos passaram a participar da experiência. Isso indicava que mais pesquisadores haviam se sensibilizado com o Programa, abrindo as portas de seus laboratórios.

As férias escolares do final de 86 interromperam os encontros entre pesquisadores e alunos, à exceção de poucos, que insistiram em permanecer em suas atividades, segundo combinação direta com seus orientadores.

O grupo coordenador também interrompeu seu trabalho, reiniciando-o em março de 1987, com uma avaliação de 1986. Nes-

ta avaliação de 1986, a FIOCRUZ preocupou-se em diagnosticar se a experiência teria gerado alguma modificação no currículo da escola ou na conduta dos professores da área de ciências.

A Coordenação avaliou que a entrada de novos alunos no mês de abril tornava o processo de seleção problemático, devido ao fato de o ano letivo começar em março. Por isso considerou que o melhor seria verificar que alunos gostariam de permanecer no Programa até julho daquele ano.

A partir de 1987, o período de permanência do aluno no Programa passou a ser de agosto a julho do ano seguinte. Com isso, o Colégio pôde assumir com mais esmero o processo de seleção, buscando envolver outros professores, na seleção, acompanhamento e avaliação do desempenho dos candidatos. O aprimoramento do processo de seleção envolveu também os alunos participantes, que passaram a apresentar exposições na escola sobre as atividades que desenvolviam na FIOCRUZ, a fim de estabelecer contato com os outros alunos e divulgar o Programa no Colégio.

O envolvimento de outros professores e a maior divulgação do Programa, a partir da contribuição dos próprios alunos participantes, foram fatos que refletiram a presença dessa experiência no Colégio, preenchendo em parte algumas das expectativas colocadas pelos membros da Coordenação.

No ano de 1987, a FIOCRUZ facultou a participação no Programa de uma nova escola de 2º grau, o Centro Educacional Anísio Teixeira (CEAT), pertencente à rede particular. Três alunos do CEAT juntaram-se ao segundo grupo selecionado no CAP, composto por sete alunos. O novo grupo iniciou sua permanência no Programa em agosto de 87. Seis alunos do CAP, selecionados

neste segundo conjunto, aguardavam vagas em laboratórios, só conseguidas em março do ano seguinte.

Ao final do segundo semestre de 1987, os alunos do Programa fizeram uma breve exposição para os professores, pais, outros alunos e dirigentes das instituições envolvidas sobre suas atividades. Assim, obteve-se uma visão mais concreta do progresso por eles alcançado. Foi um momento marcante, pela possibilidade aberta para que verificasse como os alunos estavam percebendo o processo da construção do saber científico e como o Programa tinha colaborado para o seu amadurecimento.

Durante as férias escolares de 87-88, repetiu-se o fenômeno do ano anterior: alguns alunos permaneceram executando suas atividades nos laboratórios.

O reinício oficial, em março de 1988, garantiu o ingresso de mais seis alunos do Colégio de Aplicação e a sua permanência no Programa até julho de 1988.

O sucesso da primeira apresentação dos alunos, no final de 1987, estimulou a Coordenação a planejar uma segunda apresentação. Esta foi uma surpresa ainda maior, levando-se em conta que quase metade dos alunos estava no Programa havia apenas três meses. Fazia parte deste grupo uma aluna que apresentara seu trabalho no 31º Concurso "Cientistas de Amanhã"/88, sob a orientação da Dra. Virgínia Shall. O trabalho foi premiado no concurso, assim como no concurso Jovens Cientistas/88.

Durante o período de abril a julho de 1988, o Programa selecionou dezoito alunos: onze do CAP e este do CEAT, para o período de agosto/88-julho/89. Para agosto/89 a julho/90 fo-

ram selecionados finte alunos, sendo dez de cada escola. Durante os anos de 1988 e 1989, alguns alunos também apresentaram suas pesquisas em congressos, seminários e feiras de ciências.

2 - A Implementação

A partir do estabelecimento da coordenação do Programa, composta por dois professores de Biologia e um de Química do CAP, uma orientadora educacional da UERJ e uma da FIOCRUZ, além da pesquisadora do Departamento de Helmintologia, foi possível colocar em prática as idéias iniciais.

Após a seleção, os quatro primeiros estudantes foram encaminhados pela Coordenação para os pesquisadores-orientadores que haviam aberto as portas de seus laboratórios para recebê-los.

Os alunos passaram a conviver com os cientistas em seu trabalho e a ser avaliados desde então, diretamente pelos pesquisadores-orientadores quanto à frequência ao laboratório e desempenho na execução das tarefas. O planejamento dessas tarefas pertencia exclusivamente ao pesquisador, que, em alguns casos, solicitava a opinião do aluno.

Quanto aos membros do grupo coordenador, reuniam-se periodicamente com o objetivo de avaliar a adaptação dos alunos ao Programa e tentar sanar problemas que eventualmente surgissem. Um problema bastante comum foi ainda o desinteresse de um ou outro aluno do grupo selecionado pelas tarefas organizadas

pelo pesquisador. Esses alunos alegavam que o trabalho realizado não preenchia suas expectativas, era enfadonho e sem significado para a vida deles. Outros, embora não pensassem em deixar o Programa, encontravam dificuldades em conciliar as atividades curriculares com as tarefas sugeridas pelo pesquisador-orientador. Na verdade, os alunos que não apresentavam nenhum problema de adaptação eram aqueles que já detinham um perfil bastante bem delineado de jovem cientista, de acordo com o sistema de seleção organizado pela coordenação. Desde essa ocasião até hoje, o Programa não sofreu modificação.

3 - Os Desdobramentos

3.1. Dentro da FIOCRUZ

O segundo ano de funcionamento do "Vocação Científica" trouxe algumas mudanças. Foi formulado o Programa "Avançado", em resposta à solicitação de alunos que ingressaram em 1986 e desejavam permanecer na FIOCRUZ desenvolvendo suas atividades. A permanência seria concedida, a partir do preenchimento de determinadas condições estabelecidas pelo grupo coordenador, incluindo-se entre as principais, que o aluno tivesse optado pela área Biomédica e que o pesquisador-orientador concordasse em acompanhá-lo na elaboração de um plano de trabalho de consecução, no máximo, em 24 meses.

Os alunos classificados fariam jus a uma bolsa de estudos, liberada mediante sucinto relatório mensal de atividades.

Ao longo do tempo, algumas experiências somaram-se às já mencionadas anteriormente, como, por exemplo, a apresentação por parte dos Colégios, de um resumo sobre o rendimento escolar de cada aluno no último ano. Outra exigência foi a elaboração de uma avaliação do grau de interesse do aluno pela área biomédica, obtida através de entrevista. Esses procedimentos tornaram-se necessários para garantir a qualidade do trabalho executado pelos alunos e desestimular a evasão.

3.2. Em outra instituição de pesquisa - Instituto Nacional de Tecnologia

No segundo semestre do ano de 1989, o Instituto Nacional de Tecnologia (INT) firmou convênio com a UERJ, a fim de desenvolver a mesma idéia do "Vocação Científica". Para a concretização deste convênio, houve uma grande contribuição do grupo de alunos atendido pelo Programa de agosto de 87 a julho de 88. Este grupo, muito motivado pelas atividades desenvolvidas, e pelas premiações recebidas por um dos alunos nos concursos "Cientistas de Amanhã" e "Jovem Cientista", decidiu fazer uma exposição de seus trabalhos no INT a fim de sensibilizar outros pesquisadores. Pretendiam os estudantes, disseminar, assim a idéia que estava por trás da experiência, a fim de ampliar o número de alunos beneficiados. Movidos por seu entusiasmo, produziram, também, o primeiro vídeo resumindo as atividades desenvolvidas por eles no Laboratório de Esquistossomose de Departamento de Helminologia da FIOCRUZ.

3.3. Dentro do CAp

Fruto da iniciativa do grupo de alunos acima, foi planejado o projeto "Filhote", como um novo desdobramento do Programa "Vocação Científica". O objetivo do "Filhote" era proporcionar a alunos do CAp que não integrassem o "Vocação" a oportunidade de vivenciar o processo de construção da ciência, desenvolvendo linhas de pesquisa a partir dos projetos dos alunos do "Vocação". No "Filhote" os pesquisadores-orientadores seriam os alunos do Programa. A falta de recursos materiais do Colégio, infelizmente, agiu como fator limitante dessa experiência.

De acordo com o depoimento de vários alunos, experiência vivida por eles no interior dos laboratórios da FIOCRUZ não devia restringir-se a um número tão pequeno de alunos. O grande desenvolvimento trazido pela experiência, não só na área cognitiva, como também na afetiva, devia irradiar-se a outros jovens. Mas, conforme alguns pesquisadores, o Programa era e deve ser realmente um programa de elite, que só pode ser realizado para poucos alunos, possuidores de características especiais.

4 - O Programa Hoje

Com o objetivo de lançar a semente do "Vocação Científica" em outras instituições de ensino, a fim de produzir os desdobramentos já descritos ou outros, a FIOCRUZ decidiu ampliar o número de escolas atendidas pelo Programa. Assim, a partir de 1990, além do CAp e do CEAT, passaram a fazer parte do

convênio, o Colégio de Aplicação da Universidade Federal do Rio de Janeiro, o Colégio Pedro II, o Colégio São Vicente de Paula e o Colégio Metodista Bennett. Embora o número de vagas oferecidas pela FIOCRUZ tenha aumentado de 20 para 33, as escolas antigas tiveram reduzido o número de vagas que lhes cabia, passando a distribuição a ser a seguinte:

	Nº de alunos em 1990	Nº de alunos em 1991
CEAT	07	06
CAP UERJ	06	07
CAP UFRJ	05	07
BENNETT	03	07
S. VICENTE	06	Não participou da seleção
PEDRO II	04	06

Distribuição de vagas ocorreu de acordo com critérios estabelecidos pela FIOCRUZ. Em 1990, a FIOCRUZ determinou que as duas escolas antigas teriam direito a cinco vagas e, as novas, receram três. As vagas restantes seriam destinadas pela FIOCRUZ aos candidatos selecionados por ela, independente da escola a que pertencessem.

Em 1991, adotou-se o mesmo sistema, desta vez com todas as escolas tendo direito a quatro vagas. O Colégio São Vicente de Paula não participou, em decorrência da grave das escolas particulares, permitindo esse fato que suas vagas fossem redistribuídas.

O novo procedimento para o preenchimento das vagas implicou mudanças no processo de seleção dos alunos. A FIOCRUZ passou a exigir das escolas uma lista de dez candidatos, a partir da qual ela realizaria a seleção.

Desta maneira, para aumentar a chance de conquistar o maior número de vagas possível, além das estabelecidas a priori, cada escola tornou o mais rigoroso possível o processo de seleção dos dez nomes. Para integrar a lista com dez nomes, agora os candidatos:

- assistem à apresentação final dos alunos integrantes do Programa, no ano anterior;
- elaboram uma redação sobre a apresentação, na qual devem expressar parte de suas expectativas com relação ao "Vocação Científica";
- são entrevistados, respondendo às seguintes questões:
 - . quais os seus próprios objetivos em participar do Programa?
 - . qual a disponibilidade de tempo para participar?
 - . como conciliarão as atividades que já desempenham com as que desejam desempenhar?
 - . se têm ou não o apoio da família para participar?
 - . como avaliam o seu rendimento escolar?
 - . qual o nível de interesse em participar do Programa?

- . o que os motivou a participar?
- . qual o nível de informação que têm do Programa?
- são analisados pelos professores da série a que pertencem.

Todas essas etapas têm como fim a seleção dos dez alunos que demonstrem possuir maior objetividade, capacidade de atenção e de observação, e interesse no Programa, sem fantasias, isto é, que não expressem uma expectativa idealizada acerca do "Vocação Científica".

A lista é enviada à FIOCRUZ. Junto com ela segue um relatório com o rendimento escolar dos alunos, os seus procedimentos no processo de seleção, a opinião dos professores e o parecer final do professor coordenador do Programa no Colégio.

Concluída a parte do processo de seleção que cabe à escola, desenrola-se a segunda etapa da seleção, de responsabilidade da FIOCRUZ. Nesta etapa, os dez alunos de cada escola:

- fazem uma visita orientada à FIOCRUZ, acompanhada por pessoas que integram a equipe de seleção;
- elaboram uma redação com relação à visita e reforçam seus objetivos quanto à participação no Programa;
- respondem a um teste sobre conhecimentos gerais;
- respondem a uma sondagem de interesse;
- assinalam uma lista de laboratórios oferecidos, por ordem de preferência, onde gostaria de desenvolver suas pesquisas.

Com base em todo esse material, a FIOCRUZ realiza a seleção final, distribuindo os alunos pelos laboratórios que oferecem vagas.

Além disso, as escolas se responsabilizam pelo acompanhamento dos alunos, de modo a evitar que se desliguem do Programa, sob pena de terem o número de vagas reduzido caso isso ocorra. O acompanhamento é feito informal, mas sistematicamente, com o objetivo de apoiar o aluno frente aos problemas e dificuldades que possam surgir. A partir do aumento do rigor de seleção aliás, não houve mais nenhuma desistência por parte dos alunos quanto à participação no Programa.

A FIOCRUZ os avalia mensalmente, a partir do relatório apresentado pelos pesquisadores, e anualmente, com base no seu relatório de atividades desenvolvidas e na apresentação final. A apresentação final é pública e marca o início de um novo processo de seleção.

Com relação à seleção para o Programa "Avançado", também ocorreram algumas modificações, mais relativas aos prazos que aos critérios de seleção. No sistema original, o aluno tinha três meses para apresentar o projeto, iniciando a sua conseção praticamente no final do ano letivo. Com isso, realizava a maior parte da pesquisa no ano seguinte, coincidindo com a realização da programação para o Vestibular. Agora, o aluno tem até 30 de julho para apresentar o projeto, recebendo o resultado sobre sua aprovação no final de agosto. Isso faz com que ele inicie a elaboração do trabalho praticamente seis meses antes.

Atualmente são oferecidas cinco vagas para cada escola participante.

5 - Algumas Considerações

O Programa descrito neste capítulo é um exemplo de ação estruturada ao longo do tempo. Todas as modificações surgidas foram fruto de avaliações, e, evidentemente, corresponderam a uma determinada visão de ciência e educação em ciência.

Não é tarefa difícil identificar a visão de ciência que perpassa toda a experiência. O confronto com as idéias dos cientistas brasileiros sobre formação em ciência indica a fonte em que o Programa foi beber, direta ou indiretamente.

Nossos cientistas, como a maior parte dos cientistas, trazem impressa em sua formação a concepção cartesiana de um universo que funciona como uma máquina composta por partes especializadas em determinadas tarefas e com funções bem definidas. Cada um desses cientistas especializa-se no conhecimento de uma parte desse universo-máquina, acreditando que seu objeto de estudo existe "em-si" e que o método científico (hipotético, dedutivo, analítico) é o único capaz de produzir conhecimento verdadeiro sobre a realidade.

A supervalorização do método científico e a crença de que o objeto é algo claro, perfeito no sentido de acabado e livre das interações com o meio e com o observador engendram determinada concepção de educação em ciência que tem como fundamento que o conhecimento científico é próprio de uma elite. Esta concepção está muito distante daquela que deveria servir de base para ações pedagógicas, uma vez que a escola deve preocupar-se em facilitar a formação básica de todos. Portanto, a concepção de ciência mais vulgarizada hoje e presente também entre

os professores cobre com um véu a concepção de educação em ciência que deveria orientar a escola. Em outras palavras, se a escola não tiver clareza dos objetivos que persegue em relação à formação apropriada ao nosso século e à visão de ciência que perpassa suas ações, todo trabalho pedagógico realizado facilitará a formação de dois grupos: um, pequeno, que dominará os instrumentos do pensamento da sociedade contemporânea e outro, bem maior, alijado de participar dos rumos dessa sociedade.

A existência desse paradoxo indica que a escola não está dando conta dos problemas relativos ao conhecimento. Escapa do âmbito de suas discussões questionar, criticar e definir o que é produzir e difundir ciência.

Deste modo o Programa "Vocação Científica" torna-se expressão de um grave questionamento: por que a concepção de educação em ciência dos cientistas se impõe frente à concepção da escola? Quais as condições que tornariam possível para cada escola escolher uma linha de ação do tipo "scientific literacy"?

Esta dissertação indica a existência de uma concepção de ciência mais atual, que por si mesma inspira um outro tipo de ação educacional. No capítulo seguinte serão estabelecidas com mais detalhes as relações entre as concepções de ciência e de educação em ciência que viabilizarão a análise do Programa e a formulação de um proposta de política de educação em ciência.

C A P Í T U L O V

POLÍTICA DE EDUCAÇÃO EM CIÊNCIA

O objetivo deste capítulo é examinar o Programa "Vocação Científica" como uma política. A partir desta caracterização, propõe-se formular uma nova política, que atenda melhor à concepção de educação em ciência. Em outras palavras, o exame deste Programa deverá fornecer elementos para aperfeiçoar essa experiência educacional, bem como, espera-se, para fundamentar a ação no nível das escolas básicas em relação à educação em ciência.

1 - Um Modelo de Classificação e Análise de Políticas

O termo política não é entendido de um modo unívorme, sendo até mesmo raramente definido em monografias, artigos e livros de política. De um modo geral, cada autor parece considerar que seus leitores sabem o que o termo significa. A variação de compreensão advinda de inúmeras significações provoca, evidentemente, problemas na comunicação, permeia e, o que é pior, delimita a análise de uma política concreta a ser examinada.

O uso que a faz do termo política é múltiplo. Fala-se, por exemplo, em política exterior e interior, política de determinado Ministério de Estado, Política acadêmica, política do álcool, etc, tornando-se praticamente impossível encontrar a unidade dessas diversas aplicações. Contudo as diferentes acepções assumidas não são incoerentes e se justificam, primeiramente, pelo fato de que o termo política é traduzido do inglês por duas palavras que possuem cada uma significado preciso. São elas "policy" e "politics".

Para os anglo-saxões a expressão "policy" significa uma concepção, um programa de ação ou uma ação propriamente dita, de um indivíduo, grupo de governo. Quando alguém faz referência à política do álcool, tem o objetivo de apresentar um programa de ação aplicado ao problema relativo ao excedente de falta da produção desse combustível. Quando alguém se refere à política implementada por determinado Ministério de Estado visa explicitar a concepção que este ministro tem sobre os interesses do país, quais objetivos que irá priorizar e métodos utilizados para tal. O termo política aplicado no sentido de "policy"

designa o programa, método de ação ou ação propriamente dita de um indivíduo ou grupo, relativo a um problema ou à totalidade dos problemas de uma coletividade.

O outro sentido do termo política, isto é, "politics" em inglês, se aplica ao domínio dentro do qual estão em oposição as políticas diversas (no sentido de "policy"). A política - domínio é um lugar onde efetivamente estão reunidos aqueles indivíduos ou grupos que possuem cada um a sua política (no sentido de "policy"), isto é, seus objetivos, programas e métodos.

O segundo equívoco provocado pela multiplicidade de sentidos do termo política é que a palavra pode ora designar a realidade e ora a consciência que se tem dessa realidade. Pode-se falar em política tanto para indicar um conflito entre partes como o conhecimento desse conflito. Este equívoco, realidade e consciência da realidade é o mesmo que ocorre com a palavra "história". História pode designar a sucessão de sociedades ou épocas e o conhecimento que se tem dessa sucessão. Nos dois casos a origem do equívoco é o mesmo: a consciência da realidade é parte da própria realidade.

O terceiro equívoco resulta do fato que o termo política pode se referir, ao mesmo tempo a uma parte ou setor particular do conjunto social ou ao próprio conjunto social, observado sob um certo ponto de vista.

Deste modo, a concepção de política adotada por um autor impõe o tipo de questões que podem ser indagadas, o tipo de dados que serão coletados, as fontes a serem consultadas para a sua obtenção e a metodologia para proceder à análise. Ela impõe até mesmo os resultados a decorrer da política. A escolha

da definição delinea, portanto, o que a análise da política vai produzir. Por exemplo, uma análise que se apóie na definição de política como uma afirmação de intenções ou objetivos resultará em recomendações ou prioridades de objetivos.

De acordo com Guba⁽¹⁾, há pelo menos oito definições de política, que podem ser agrupadas em três níveis:

a) política como intenção (inclui as definições de 1 a 4 descritas adiante): reúne as políticas localizadas no plano de declaração ou da afirmação, e ocorre no domínio dos legisladores ou organizadores políticos. De um modo geral são formuladas distante do ponto de ação;

b) política como implementação (inclui as definições 5, 6 e 7): reúne as políticas no plano de ação, isto é, os procedimentos ou atividades desenvolvidos no processo de implementação da política. Ficam, pois, no campo dos implementadores. Pode-se dizer, por este motivo, que as definições de política aqui enquadradas têm a sua formulação próxima do ponto de ação. Apenas no caso da definição 7, segundo a qual todos os níveis do sistema político são capazes de formular a política, o conceito de proximidade em relação ao ponto de ação deixa de ser relevante;

c) política como experiência (inclui apenas a definição 8): reúne as políticas no plano da clientela, dos beneficiários, dos sujeitos da política. Este nível é o dos beneficiários

¹ GUBA, Egon G. "The effect of Definitions of Policy on the Nature and Outcomes of Policy Analysis. Educational Leadership, October 1984, 42 (2)

da política, ou seja, daqueles que a requerem. Assim sendo, a formulação de política é colocada no próprio ponto de ação, já que a política, nesta definição, é construída pelos beneficiários no decorrer da ação.

São as seguintes as oito definições incluídas na tipologia de Guba:

1. Política é uma afirmação de intenções ou objetivos;
2. Política é um conjunto de decisões acumuladas por uma administração, regulando, controlando, promovendo e influenciando matérias dentro de sua esfera de autoridade;
3. Política é um modelo para ações arbitrárias;
4. Política é uma estratégia empreendida para revolver ou minorar um problema;
5. Política é um procedimento sancionado formalmente através de decisões impostas e, informalmente, através de expectativas, aspirações ou conceitos sacramentados com o transcorrer do tempo;
6. Política é uma norma de conduta caracterizada pela constância e regularidade no padrão de ação (hábitos) relativo a determinada área de implementação;
7. Política é o resultado de um sistema político, ou seja, o produto de todas as ações, decisões e procedimentos das pessoas que tomam parte em cada ponto do círculo político, desde o estabelecimento de suas bases até o impacto final;
8. Política é o resultado de um sistema gerador e implementador de política, a partir da vivência dos próprios bene

ficiários, isto é, daqueles a quem a política se dirige.

O quadro a seguir resume o modelo de Guba e vai servir de apoio para a caracterização do Programa "Vocação Científica" como política e para a proposição de uma linha de ação para educação em ciência.

O trabalho de Guba, como vimos, constitui uma revisão de como o termo política está sendo empregado hoje pelos diferentes autores de artigos e livros de política. A partir da elaboração de uma tipologia que cobre o espectro das diversas definições encontradas, Guba lança luz nas discussões sobre política, ampliando a possibilidade de entendimento nesta área do conhecimento e da ação humana. Deste modo, a caracterização e análise de determinada política, deve ser precedida pela identificação da definição que está sendo tomada como referência. Contudo, a escolha do nível dá definição para classificar a política precisa ser entendida como apenas o primeiro passo para proceder a sua análise. Concluí-la implica a escolha de um paradigma de investigação.

Ainda de acordo com o pensamento de Guba⁽¹⁾, são dois os paradigmas de investigação: o positivista e o construtivista. No paradigma positivista, afirma-se uma ontologia realista, com base na hipótese de que há uma realidade objetiva, regida por leis própria, e independente do interesse de qualquer pessoa possa ter por ela. O paradigma construtivista, porém, apóia-se em uma ontologia relativista, baseando-se na hipótese de toda

¹ GUBA, Egon G. "Perspectivas sobre a Política Pública". Revisão de Estudos Políticos, agosto, 1985, vol. 5, nº 1.

QUADRO 1: OITO DEFINIÇÕES DE POLÍTICA: UMA CLASSIFICAÇÃO

TIPOS DE POLÍTICA	DECISORES	DEFINIÇÕES	PROXIMIDADE DO PONTO DE AÇÃO	APRESENTAÇÃO
POLÍTICA COMO INTENÇÃO	Legisladores ou organizadores políticos	1.Objetivos ou intenções	Distante	Conjunto de fins
		2.Decisões acumuladas	Intermediário	Regras
		3.Modelos para ação arbitrária	Intermediário	Modelos
		4.Estratégias para soluções de problemas	Intermediário	Conjunto de táticas
POLÍTICA COMO IMPLEMENTAÇÃO	Implementadores políticos, agentes que dão prosseguimento aos programas de ação política, administradores Todos os acima mencionados	5.Procedimentos sancionados	Próximo	Expectativas
		6.Normas de conduta	Próximo	Normas
		7.Resultado de um sistema de criação política	—	Efeitos
POLÍTICA COMO EXPERIMENTAÇÃO	Clientes, beneficiários da política	8.Resultado da experiência	Interior	Vivências

a realidade é construída. De acordo com este paradigma, não existem, assim, leis gerais ou universais verdadeiras para todas as situações. Uma ação ou comportamento notado em qualquer contexto é determinada somente dentro dele. Em consequência desta forma de pensar a realidade, a idéia de "causa e efeito" torna-se sem sentido, já que todos os elementos de um contexto estão continuamente sendo moldados, em forma mútua e simultânea.

Para fins da análise política implementada pelo Programa "Vocação Científica", elegeu-se o paradigma construtivista. Cabe perguntar, por isso, quais foram as razões que levaram a escolha deste paradigma de investigação e não de outro.

Para responder a pergunta, torna-se necessário rever, mesmo que resumidamente, o que foi tratado nos capítulos 1 e 2, uma vez que nesses capítulos foram apresentadas as concepções de ciência e de educação em ciência que correspondem aos diferentes paradigmas. A elaboração desses dois capítulos foi guiada objetivo mais geral de reunir elementos que subsidiassem a análise do Programa "Vocação Científica" e que, ao mesmo tempo, justificassem a formulação de uma nova proposta de política.

Em síntese, no capítulo 1, chegou-se à conclusão que a ciência é um acervo do conhecimento acerca da realidade, validado pelos cientistas de uma época, e pela sociedade de um modo geral. Mostrou-se que, ao longo da História, ocorreram mudanças de paradigma, representadas pelas Revoluções Científicas que geraram as diferentes concepções de ciência que são conhecidas hoje.

No capítulo 2, buscou-se estabelecer uma relação entre as diferentes concepções de ciência e concepções de educação.

visando adotar uma dessas concepções como base para formular uma política de educação em ciência. A concepção de educação em ciência adotada corresponde à concepção de ciência que considera que o conhecimento da realidade é construído de acordo com a interação mútua e simultânea dos elementos de um contexto. Assim, de acordo com essa concepção, o conceito de causalidade altera-se, cedendo lugar à compreensão de que podem ocorrer mudanças a partir da ação de um ou mais elementos simultaneamente.

Transferindo-se essa visão de ciência para a educação, tem-se, em linhas gerais, que todo indivíduo é capaz de agir, influenciando o contexto de que é parte. Contudo, para que sua ação reflita uma participação da consciência cada vez maior, isto é, que seja o menos aleatória possível, faz-se necessário que ele conheça e domine os elementos componentes do contexto, reconhecendo-se como parte do todo. Em outras palavras: que esteja consciente de que é capaz de agir e age no sentido de colaborar com a construção da realidade.

Assim, não é possível conduzir a análise pretendida e chegar a uma nova proposta a partir de um paradigma de investigação baseado numa ontologia realística e numa epistemologia objetiva. A alternativa mais apropriada é optar pelo paradigma de investigação construtivista, baseado numa ontologia relativista, que não presume haver leis gerais ou universais verdadeiras para todas as situações, e que reconhece a interação entre todos os elementos em jogo. Este paradigma corresponde melhor à visão de ciência e de educação em ciência mais adequada à terceira Revolução Científica.

Outro argumento que justifica a escolha do paradigma construtivista é que políticas são inventadas por pessoas, não existindo prontas na natureza, sendo, no sentido pleno do termo, socialmente construídas.

Finalmente, a adesão ao paradigma positivista presumiria a retirada dos grupos-algo do direito de participar de decisões políticas geralmente esses grupos não determinam o que vai entrar no processo analítico, nem que questões terão que ser respondidas ou como terão de ser respondidas. O analista atua sozinho, decidindo quais as questões mais relevantes, a metodologia científica para solucioná-las e a política preferida. Desse modo, a análise e proposição quase sempre se empobrecem, reforçando a idéia de que a produção de conhecimento e capacidade de previsão advinda do ato de conhecer são privilégios de poucos.

Em geral, o paradigma positivista é eleito para orientar análises, principalmente porque o analista atua só, indicando questões importantes, empregando o método científico para resolvê-las e apresentando as soluções. Se, por um lado, a análise torna-se menos rica, de outro reforça-se a existência de uma elite dotada de melhores qualidades e condições para dizer aos demais o que fazer. A escolha do paradigma positivista esconde em sua base um modelo de educação em ciência.

A razão para essa escolha tem raízes na história da ciência, principalmente no modo como é elaborada e utilizada. Isso pode ser constatado a partir da observação da correspondência que existe entre os paradigmas científicos, os paradigmas positivista e construtivista e os modelos de educação em ciência.

A forma assumida pelo conhecimento na Modernidade, época de origem da ciência tal como a conhecemos hoje, pode ser delineada por um conjunto de características já esboçadas no capítulo 1. Essa caracterização implica, em poucas palavras, admitir o método científico calcado na experimentação e matematização como base para a formulação de uma linguagem encarada como única e universal.

Com o projeto de uma linguagem formal com validade universal pretendeu-se tornar possível a investigação e representação da natureza, dos fenômenos naturais e da realidade em geral, incluindo os domínios dos fenômenos humanos e sociais.

Muito se discutiu e se tem discutido acerca dos critérios que permitem considerar determinados conhecimentos como objetivos e "verdadeiros". Mas o principal é que não se pode considerar que exista "a" ciência: existem teorias particulares das ciências particulares. E isto se reflete no plano da epistemologia, devendo-se admitir que não pode existir uma concepção absoluta e acabada do conhecimento e da ciência, mas sim um processo de descoberta e organização progressivo e aberto.

No presente capítulo, apresenta-se um fio condutor ou um esboço que mostra a necessidade de educação em ciência.

A primeira concepção de ciência teve origem no contexto da primeira Revolução Científica e pode ser identificada por uma dimensão cartesiana, no sentido de considerar a ciência como um fim e uma verdade em si mesma. A primeira Revolução apresentou a ciência ao homem do século XVI como uma ferramenta ideal para interpretar a natureza com o rigor quase divino: aliava-se pela primeira vez a experimentação à matemática.

A matematização dos fenômenos ganhou vestimenta nova com Descartes. Para ele, o universo material era uma máquina. A natureza funcionava de acordo com leis mecânicas e tudo no mundo material pode ser explicado em função da organização e do movimento de suas partes. Toda a elaboração da ciência mecanicista dos séculos XVIII a XIX, incluindo a grande síntese de Newton, nada mais foi que o desenvolvimento da idéia cartesiana. Descartes deu ao pensamento científico sua estrutura geral: a concepção da natureza como uma máquina perfeita, governada por leis matemáticas exatas.

Em Biologia, a concepção cartesiana dos organismos vivos como se fossem máquinas, constituídas de partes separadas, é a base da estrutura conceitual dominante. Ainda hoje há a crença de que todos os aspectos dos organismos vivos podem ser entendidos se reduzidos aos seus menores constituintes e se estudando os mecanismos através dos quais eles interagem. Embora a abordagem reducionista tenha sido extremamente bem sucedida no campo biológico, culminando na compreensão da natureza química dos genes, nas unidades básicas da hereditariedade, e na revelação do código genético, ela tem, sérias limitações. Weiss observou:

"Podemos afirmar definitivamente ... com base em investigações estritamente empíricas, que a pura e simples inversão de nossa anterior dissecação analítica do universo, procedendo-se à reunião de todas as suas peças, seja na realidade ou apenas em nossa mente, não pode levar a uma explicação completa do comportamento nem sequer do mais elementar sistema vivo"(1)

¹DUBOS, René. Man, medicine and environment, Praeger, Nova York, 1968.

A segunda concepção originou-se no início do século XX, como fruto da segunda Revolução Científica, muito ampla para ser aqui descrita, mesmo que em linhas gerais. Mas pode-se dizer que o surgimento da Teoria da Relatividade, da mecânica quântica, das novas geometrias não euclidianas e da lógica matemática relacional constituem elementos importantes desta Revolução do início do corrente século.

Deste modo, a investigação experimental dos átomos, no início do século, provocou resultados sensacionais e totalmente inesperados. Ao invés de partículas diversas, sólidas, como eram consideradas pela teoria então consagrada, concluiu-se que os átomos consistem em vastas regiões de espaço onde partículas extremamente pequenas se movimentam. Essas unidades sub-atômicas da matéria são entidades muito abstratas e têm um aspecto dual. Um elétron, por exemplo, não é uma partícula nem uma onda, mas pode apresentar aspectos de partícula em algumas situações e aspectos de onda em outras. Enquanto age como partícula, é capaz de desenvolver sua natureza ondulatória às custas de sua natureza de partícula, e vive-versa, sofrendo, assim, transformações contínuas de partícula para onda e de onda para partícula. Isso significa que nem os elétrons nem qualquer outro objeto "atômico" possuem propriedades intrínsecas, independentes do seu meio ambiente. As propriedades que apresenta - semelhante a partícula e semelhante a onda - depende da situação experimental, isto é, do aparelho com que o elétron é forçado a interagir. Deste modo o universo deixa de ser visto como uma máquina, composta de uma infinidade de objetos, para ser descrito como um todo dinâmico, indivisível, cujas partes estão estreitamente relacionadas.

A segunda Revolução Científica proporcionou uma visão menos dogmática do conhecimento científico, muito difundido por teóricos como Popper, Kuhn e Bachelard. De acordo com a nova tendência, as teorias científicas perderam o caráter de irrefutáveis e a cientificidade passou a levar em consideração o papel do erro e dos obstáculos para o avanço e a correção das teorias, assim como os limites dentro dos quais o procedimento científico pode ser considerado válido ou não.

O progressivo aumento do acervo científico gerou uma ruptura gradual com relação ao pensamento humanístico e à arte, como destaca Show. Neste sentido é que se pode afirmar que o projeto de uma "linguagem única e universal", que serviria como instrumento para representar as teorias científicas atuais, não obstante as divergências entre os genitores e seus progenitores, fica progressivamente mais distante do cotidiano do homem.

A dissociação entre a ciência e a filosofia ou entre a ciência e a arte atribui finalidades a estes diferentes conjuntos de conhecimentos que acabam por limitar a própria racionalidade dos sistemas sociais modernos, emprestando-lhes padrões rígidos de eficiência que, aparentemente, subvalorizam as questões de ordem ética. Isso significa dizer que a técnica pode se sobrepor à prática, sendo colocadas sobre os ombros de alguns poucos indivíduos a oportunidade e a responsabilidade pelas decisões ligadas ao desenvolvimento da sociedade. Aos demais, fica reservada apenas a possibilidade da omissão, com o alibi da falta de instrução ou da inadequação dos conhecimentos que possuam frente aos padrões de eficiência proclamados.

Pode-se estabelecer uma relação entre as diferentes concepções quanto à natureza do conhecimento científico e às concepções de educação em ciência que fundamentam diferentes propostas de política em educação.

Em síntese, foram esboçadas basicamente duas concepções da natureza do conhecimento e da ciência, às quais, correspondem concepções específicas de educação em ciência. A primeira concepção do conhecimento é cartesiana e mecanicista, podendo ser chamada positivista. Se, por um lado, esta concepção mostrou-se extremamente bem sucedida em termos do desenvolvimento da Física clássica e da tecnologia, por outro tem apresentado algumas consequências adversas para a educação. Entre essas consequências estão:

- o culto ao conteúdo;
- a supervalorização do método científico;
- a mistificação da ciência;
- a crença na neutralidade do conhecimento científico.

A segunda concepção do conhecimento, que pode ser designada construtivista, supera a primeira e leva a uma nova concepção de educação em ciência, que:

- admite a possibilidade do indivíduo comum construir conhecimento;

- considera a dúvida e o erro elementos-chaves para o desenvolvimento do potencial criativo;

- reconhece que há vários caminhos ou métodos para a construção do conhecimento científico;

- valoriza a formulação de problemas mais do que da identificação de fatos.

Todas essas características possibilitam ao estudante desenvolver uma visão menos fragmentada do mundo. Em outras palavras, o estímulo à formulação de problemas e a desvalorização da repetição de respostas e certezas prontas evidenciam o caráter interdisciplinar do conhecimento assumido nesta segunda concepção de educação em ciência.

Por trás da concepção construtivista de educação em ciência defendida neste capítulo, há alguns pressupostos básicos que a tornam possível. Entre eles podem ser citados, por enquanto, a admissão:

- do caráter científico e tecnológico predominante na sociedade contemporânea;

- da sobrevivência como diretamente proporcional ao preparo para a execução das funções sociais necessárias a esta sociedade;

- da cidadania como expressão da intervenção de cada indivíduo nos caminhos tomados pela sociedade;

- do conhecimento como instrumento que possibilita o exercício da cidadania.

Em poucas palavras, não é difícil aproximar a primeira concepção do conhecimento científico, identificada como cartesiana, com um tipo de educação voltada para a apreensão do maior volume possível de informações científicas, na maior parte das vezes de caráter descritivo e meramente intelectual, sem

a menor pretensão de conferir ao indivíduo, na prática, a possibilidade de elaboração de uma análise sobre o seu tempo e lugar, e de reconstrução e redescoberta no domínio do aprendizado científico.

Realmente, a educação desvinculada da vida cotidiana dificilmente estimula o desenvolvimento do potencial criador, a resolução de problemas através do conhecimento científico disponível ou o gosto pela problematização, assim como o interesse pela pesquisa de novos procedimentos de ação, próprios da espécie humana.

Ao contrário, a segunda concepção do conhecimento científico, relacionada à segunda Revolução Científica e motivada pelas descobertas do início do século XX, valoriza o erro e o obstáculo e revela o caráter dinâmico, histórico e progressivo das teorias, entendendo-as como algo mutável e inacabado, dependendo sempre da ampliação das condições e limites que as tornam possíveis e dotadas de objetividade. A possibilidade de refutação dos conhecimentos científicos existentes e a observação dos procedimentos padrão que permitem realizar a refutação, assim como a própria refutação, que deve ser acompanhada de um procedimento crítico, suscitam a dúvida metódica e a problematização, as quais funcionam como mola propulsora da descoberta de novos conhecimentos e da busca de novos procedimentos para sua obtenção.

Fomentar a dúvida metódica e a problematização no âmbito da educação em ciência é estimular a capacidade de análise e de crítica indispensável ao homem, visto assim como construtor e não como uma simples peça do sistema no qual esteja inse-

rido. A relação entre o indivíduo e a sociedade tende, aqui, a modificar-se, no sentido de ampliar a extensão do "aqui-agora" para o "amanhã", intensificando o comprometimento do homem com a direção tomada pela sociedade.

Neste sentido, este trabalho não pretende formular uma proposta de política da educação em ciência que apresente como um dos possíveis resultados o aumento do número de indivíduos possuidores de um conjunto de conhecimentos capaz de transformá-los em cidadãos eruditos. Não trata realmente disto.

Existe, sim, a pretensão de elaborar uma proposta que reconheça a ciência e a técnica como conquistas humanas de grande significado e, ao mesmo tempo, promova a difusão de sua dimensão prática, facultando a instrumentalização do cidadão comum para agir nos diferentes níveis de tomada de decisão da sociedade. Somente a identificação do conhecimento técnico-científico com situações que fazem parte do seu dia-a-dia poderá dotar de sentido essa instrumentalização. Fora isso, permanecerá a formação de autômatos repetidores de determinados "conteúdos", sem entender ou desencantados com o sistema social e impotentes para fomentar qualquer tipo de mudança ou, mesmo, contribuir na solução de novos problemas.

O mundo desenvolvido vive hoje, final do século XX, a terceira Revolução Científica, marcada, sobretudo, pelo rápido desenvolvimento da Cibernética, isto é, pela ciência do controle e da comunicação e pela consolidação progressiva das chamadas ciências da cognição.⁽¹⁾ A Cibernética e as ciências da

¹ LE MOIGNE, Jean-Louis. *Intelligence des Mécanismes, Mécanismes de L'intelligence*. Foundations Diderot. Fayard. 1987.

cognição, preocupam-se com o aprimoramento de um método capaz de dar conta dos sistemas "inteligentes" e complexos.

Nesta perspectiva, as coisas em si perdem o seu lugar de protagonistas oficiais das ciências para que estes passem a ter como objeto de estudo o que é processado, feito ou realizado por ou com estas coisas. Noutras palavras, a tendência científica é, agora, deixar de ter como alvo o objeto em si e examinar suas relações dentro de determinado contexto.

Portanto, atualmente, os interesses se voltam para a determinação de quais são os possíveis comportamentos, que o "objeto" é capaz de produzir. De fato, a coordenação, regulação e controle são atualmente o tema por excelência da cientificidade. Nesse sentido é que a teoria da informação vem desempenhar um papel essencial, já que se caracteriza por lidar sempre com um conjunto de possibilidades analisadas segundo as dimensões há pouco indicadas.

Mas, acima de tudo, as ciências da cognição, com a sua proposta interdisciplinar, que incorpora as contribuições essenciais da Cibernética, realiza estes novos interesses no âmbito de fronteira mais amplas.

É bem verdade que essa concepção da ciência ainda não serve como fundamento para nenhuma concepção global de educação em ciência no Brasil. Até agora não foi possível difundir na maioria das escolas sequer o modelo relacionado com a segunda Revolução Científica; vivemos uma tradição tão intocada que as mais novas contribuições científicas estão muito distantes de serem incorporadas pela escola. Contudo, não há necessidade de se repetir o caminho trilhado pelos países do Pri

meiro Mundo, a fim de conquistar melhores patamares de desenvolvimento. Por isso, a proposta de política a ser apresentada atenderá aos pressupostos fundados sobre a concepção dos trabalhos teóricos da terceira Revolução Científica.

De qualquer forma caracterizamos claramente que, tendo em vista que uma "revolução científica" realiza uma crítica a determinada tradição, é preciso esclarecer quanto a qual tradição científica e, portanto, da educação em ciência, será elaborada a crítica. Neste caso, sera tomada como base a nova concepção de ciência, contida na terceira Revolução.

Uma prospecção cuidadosa feita através da história das ciências pode revelar as diferentes correntes e respectivos pensadores que compõem a tradição científica. Contudo, isto transcende os objetivos do presente trabalho. Por ora é suficiente distinguir o que há de novo frente à tradição, respeitando-a e tentando delimitar a sua inserção na realidade atual.

2 - A Classificação do Programa "Vocação Científica"

A definição de política adotada no momento da análise, como já foi dito, determina o tipo de questões que são indagadas, o tipo de dados considerados relevantes, as fontes desses dados consultados, o seu tratamento e, finalmente, os produtos da análise da política.

No caso do Programa "Vocação Científica", a pergunta que orientou, aqui, a descrição e análise foi: Quais são as intenções ou objetivos gerais do Programa? Tal pergunta foi formu

lada com base na escolha da definição 1 como guia. Contudo, que motivos levaram à escolha desta definição e não de qualquer das outras apresentadas na conceituação proposta por Guba?

Em primeiro lugar, foi preciso decidir que nível será o mais adequado para enquadrar a política em estudo: se no nível da intenção, implementação ou experiência. De acordo com Guba, o primeiro nível reúne políticas declaratórias ou afirmativas, no domínio dos legisladores ou organizadores políticos. O segundo reúne políticas de ação, tratando das atividades desenvolvidas no processo de implementação da política, e está no campo dos agentes que levam a cabo programas específicos. O último nível diz respeito às políticas que estão no plano dos beneficiários, ou seja, dos que constituem os próprios determinadores da política.

No programa "Vocação Científica", a política em discussão encontra-se no nível da intenção e só secundariamente no nível da ação. Em outras palavras, na prática o que se pode captar da ação implementada é o conflito de intenções que permeia a relação das instituições envolvidas. A FIOCRUZ e as escolas conveniadas possuem concepções de ciência diferentes e, portanto, discordam quanto às concepções de educação em ciência. Se há diferentes concepções de ciência, o que se quer alcançar através do Programa também diferirá. A questão é, portanto, de intenção educacional, sendo a implementação decorrente da intenção. Deste modo, as políticas de implementação tornam-se secundárias. Já que as próprias escolas não têm clareza quanto às suas intenções, prevalece a intenção da FIOCRUZ, que faz a educação em ciência coerente com os princípios dos cientistas que

a integram.

Em segundo lugar, não se trata de classificar a política na definição 2, 3 ou 4, da proposta de Guba, embora todas façam parte do nível da política como intenção, pois a política examinada não se apresenta como um conjunto de regras, modelos ou táticas e, sim, como um conjunto de fins.

Assim, para responder a questão originalmente formulada sobre o objetivo do Programa, foram coletados e registrados os seguintes dados sobre a participação dos alunos:

- frequência aos laboratórios da FIOCRUZ;
- cumprimento ou não das tarefas exigidas;
- dedicação na consecução das tarefas;
- alteração do nível de exigência quanto à diversidade das tarefas propostas;
- confecção do relatório final;
- apresentação do trabalho realizado, ao final da permanência no Programa, a colegas, pesquisadores da FIOCRUZ e professores das escolas conveniadas.

Todos esses dados, apresentados no capítulo anterior, revelam direta ou indiretamente a intenção ou objetivo do Programa. Eles expressam uma alteração no comportamento dos estudantes, de certo modo exigida pelos pesquisadores da FIOCRUZ.

Como menciona o referido capítulo, a fonte de dados foi principalmente a observação direta da experiência, os relatórios apresentados pelos pesquisadores que recebiam os estudantes em seus laboratórios, as fichas de controle do desempenho

dos alunos elaboradas pelos implementadores da experiência (professores representantes das escolas conveniadas e da FIOCRUZ) e alguns documentos que tramitaram entre as instituições conveniadas.

O tratamento dado às informações obtidas consistiu, basicamente, na análise das observações feitas a partir dos relatórios, fichas e documentos. Tal análise propiciou a identificação de suas políticas. A primeira formulada pelas instituições envolvidas, no início do Programa, designada formulação A. A segunda foi identificada a partir do exame mais demorado dos dados, designada formulação B. Essa denota que a visão da FIOCRUZ acerca do comportamento final dos alunos acabou se sobrepondo à política original formulada em conjunto.

Ambas estão enunciadas a seguir, lado a lado, com o intuito de facilitar a comparação:

A	B
<p>Através de um convênio com escolas do 2º grau públicas e privadas e facultando a seus alunos o acesso ao trabalho científico desenvolvido por pesquisadores, a Fundação Oswaldo Cruz desenvolverá um programa no sentido de orientar a escola profissional dos alunos.</p>	<p>Através de um convênio com escolas do 2º grau públicas e privadas, e facultando a seus alunos o acesso ao trabalho científico desenvolvido por pesquisadores, a Fundação Oswaldo Cruz desenvolverá um programa no sentido de incentivar a formação de jovens cientistas.</p>

Tanto a política A quanto a política B expressam objetivos que definem um padrão de comportamento bastante determina

do. Em outras palavras, em A está implícito que o aluno fará uma escolha pela área científica, uma vez que as tarefas exigidas e avaliadas durante o Programa o dirigirão para tal. As escolas, por não terem clareza sobre o papel que a educação em ciência deve representar, deixaram-se levar, desde o início, pela visão de educação tal como entendida pelos cientistas, expressa com nitidez na formulação B.

Assim, pode-se afirmar que as escolas terminam guiadas pela mesma visão de ciência dos pesquisadores. Esta concepção está fundamentada no paradigma positivista, isto é, na visão cartesiana da realidade já discutida na seção anterior. Assim, a segunda formulação é que corresponde à ação realmente implementada durante o desenvolvimento do Programa, faltando, portanto, uma formulação C, nova, que expresse a concepção de educação em ciência tal como entendida pelos educadores, mais de acordo com as intenções das escolas. Não será fundamental que, além de aprender determinadas técnicas e conteúdos, os indivíduos aprendam a aprender e que a educação em ciência seja efetivamente educação e não ensino do que quer que seja de ciências, tornando-se mais aptos para reorganizar-se diante dos possíveis obstáculos para contribuir positivamente para a construção da democracia?

3 - A Análise do Programa "Vocação Científica"

No capítulo anterior, item 1, estão relacionados os documentos disponíveis sobre o Programa que foram utilizados

para consulta. Os questionários, fichas de avaliação, registros de observações feitas diretamente a partir do acompanhamento dos alunos participantes e de contatos com pesquisadores foram reunidos às informações mais significativas, a fim de não cansar o leitor com repetições exaustivas. As considerações finais, resultantes da análise dos documentos citados, estão relacionadas abaixo.

De acordo com os documentos de participação em congressos, feiras de ciência, seminários e relatórios os alunos participantes tornam-se jovens cientistas. Esse comportamento é atingido com mais rapidez por aqueles que estagiam com pesquisadores que exigem que o aluno participe de algum experimento em andamento ou desenvolva uma pesquisa a partir de um problema formulado pelo próprio aluno. Em consequência, esses alunos adquirem uma visão desmistificada da ciência, pois passam a considerar que são capazes de produzir conhecimento. Em geral, esses alunos passam a responder por seus atos com maior grau de responsabilidade, pois são forçados a tomar decisões, assumir escolhas e dar ciência das tarefas realizadas, através de relatórios, aos pesquisadores. Desmistificam a figura do cientista e a própria ciência, uma vez que vivenciam o cotidiano de um laboratório e se aproximam dos pesquisadores. Passam a compreender melhor a relação que existe entre estudar e trabalhar, pois se fazem mais frequentes as oportunidades de aplicar o que aprendem. Definem-se profissionalmente das Ciências Biológicas ou delas se afastam definitivamente para procurar outras áreas do conhecimento.

Por sua vez, os pesquisadores-orientadores não consi-

deram a tarefa pedagógica como parte da sua conduta. Crêem que, ao orientar os jovens estudantes, abrem mão de certo tempo de seu trabalho. Contudo, reconhecem eventualmente seu papel de tutores de novos cientistas, identificando em seu passado o quanto representaram os orientadores, que na maioria dos casos facultaram-lhes a entrada na vida profissional. Deste modo estimulam a formação profissional dos alunos mais que a ampliação de sua capacidade de escolha profissional.

De um modo geral, não desenvolvem um trabalho homogêneo com os alunos participantes, orientando cada um de acordo com suas características como pesquisadores-orientadores.

A Coordenação reconhece a necessidade de reavaliação constante do Programa, como fator primordial para o seu desenvolvimento, organizando reuniões periódicas. Essas reavaliações constantes fizeram com que fosse modificado o processo de seleção dos alunos participantes. A FIOCRUZ tornou-se cada vez mais exigente, recrutando alguns alunos cada vez melhores. Essa conduta ensejou a redução do número de alunos que abandonavam o Programa antes do término. Os implementadores criaram também Subprograma "Avançado", para atender aos alunos que descobriram o gosto pela pesquisa científica.

A falta de clareza das escolas sobre como o Programa poderia contribuir para a educação em ciências de todos os seus alunos e não só de uns poucos, aliado ao medo de ter reduzido o número de estudantes no convênio, levou as escolas a cederem cada vez mais à visão de ciência e de educação em ciência da FIOCRUZ. Em outras palavras, foram os cientistas que determinaram o rumo que o Programa tomou. Foi, portanto, a visão educa-

cional dos cientistas que prevaleceu frente, à visão dos educadores. Sendo assim, os alunos não estão sendo preparados para resolver problemas ou reconhecer as implicações sociais da ciência. Permanecem desconhecendo fatos científicos, não compreendem de modo mais amplo métodos e procedimentos da investigação científica e continuam incapazes de elaborar uma crítica à natureza do conhecimento, isto é, aos critérios de verdade.

Uma das idéias defendidas neste trabalho aponta para a necessidade de dar aos estudantes a compreensão e experiência das atuais práticas dos cientistas e de se incorporar à educação as implicações de uma crítica à natureza do conhecimento. Nesse sentido, como parte da aprendizagem da ciência nas escolas, professores e estudantes precisariam tomar consciência de que há uma busca por soluções para os problemas de seleção e justificação do conhecimento, explorando práticas de pesquisa que vevelem a ciência como um caminho de abordagem e entendimento dos fenômenos que ocorrem a sua volta. Esse procedimento tem o objetivo de estender o aprendizado das ciências para além da aquisição dos fatos contidos nos livros.⁽¹⁾

Com o passar do tempo, a FIOCRUZ foi ampliando o número de escolas conveniadas sem, no entanto, ampliar o número de vagas em seus laboratórios na mesma proporção. Diminuiu, portanto, o número de alunos para cada escola participante. Hoje, cada instituição conveniada garante em maior ou menor grau algum tipo de apoio a seus implementadores e busca contagiar o restan

¹ HAWKINS, Ja. "Tools for Bridging the cultures of everyday and scientific thinking". Journal of Research in science teaching. Vol. 24, pp. 291-307 (1987).

te da instituição, chamando a atenção para a importância do Programa em andamento. Promove eventos, por exemplo, que dão oportunidade de contato com os alunos participantes, mas sem alterar, até aqui, sua forma de ministrar as ciências ou de valorizar a interação dos alunos com a produção do conhecimento.

Em síntese, as evidências mostram que a experiência educacional, mais que promover uma orientação vocacional dos alunos, (formulação A), leva-os a optar pela pesquisa científica, (formulação B). As evidências disso estão no exame de seleção que indica alunos que revelam gosto e tendência para o trabalho científico. Por outro lado, os pesquisadores-orientadores estimulam o desenvolvimento do aluno com as características próprias dos cientistas, o que se verifica através das tarefas sugeridas e do comportamento apresentado pelos alunos.

Ao mesmo tempo, não se conseguiu até agora que a experiência fosse irradiada para dentro das escolas, de modo a ensejar mudanças educacionais, visto que os responsáveis pelo andamento do Programa não alcançaram até aqui desenvolver atividades dentro das escolas que permitissem mudanças no currículo das ciências ou que orientassem a escolha profissional, baseadas na experiência em curso.

Por outro lado, as instituições envolvidas ainda não estreitaram os laços estabelecidos entre elas, a ponto de o convênio representar a formação de uma rede interinstitucional. O número de escolas participantes aumentou, mas cada uma permanece realizando um trabalho isolado da outra, sem aproveitar os resultados da experiência vivida por elas.

Mais uma vez, essas evidências sugerem que a política ca se verificou, na prática, conforme a formulação abaixo:

"Através de um convênio com escolas de 2º grau públicas e privadas, e facultando a seus alunos o acesso ao trabalho científico desenvolvido por pesquisadores, a Fundação Oswaldo Cruz desenvolverá um programa no sentido de incentivar a formação de jovens cientistas."

As modificações gradativas que o processo de seleção dos alunos participantes sofreu, levando à escolha dos alunos com características cada vez mais próprias dos cientistas, reflete o conflito de intenções. Em outras palavras, o objetivo de orientar a escolha profissional pode ter desaparecido à medida que os alunos selecionados já apresentavam tendência e gosto pela pesquisa científica.

Porém, cabe perguntar, porque o processo de seleção dos alunos transformou-se num processo de seleção de futuros cientistas? A razão principal reside no fato de ter prevalecido o ponto de vista do cientista, que é diferente do da escola: ele quer descobrir os indivíduos excepcionais, para trabalhá-los numa ótica de ciência. E a escola se desviou da ação de difundir o conhecimento de ciência necessário para qualquer homem nos dias de hoje, apesar de ciente de que apenas alguns vão ser cientistas. A FIOCRUZ vem implementando um treinamento numa não é educação. Por sua vez, a escola abdicou de seu papel na medida que continua alimentando uma tradição de educação em ciência positivista.

A análise do Programa aponta para o fato de que houve, portanto, a superposição de três fatores: concepções de ciência,

papel institucional e papel dos indivíduos. Deste modo, o que ganhou o restante da escola com o Programa? A quase totalidade dos alunos continua a ler a ciência que está nos livros didáticos, participando, no máximo, de experiências no laboratório das próprias escolas, que geralmente reproduzem um ou outro conceito científico, sem, contudo, ser colocados frente a frente com a necessidade de resolução de problemas, embotando, assim, sua capacidade criadora. Se não houve transformação na escola, o Programa vai continuar sendo apenas um acréscimo e não um fator de mudança educacional.

Embora o "Vocação Científica" não tenha contribuído para a consciëntização de um número suficiente de jovens sobre o papel e importância da ciência, nem tenha oferecido contato com outros campos da ciência além do biológico, pode ajudar e fornecer fundamentos para que, no futuro, se desenvolva uma ação mais categórica no sentido de uma melhoria na formação básica em ciência.

Não se trata, portanto, de negar a importância do Programa, ou, em outras palavras, de impedir a um jovem a vivência do cotidiano de um laboratório. Para o cientista, só é cientista aquele que faz o que ele faz, e como ele aprendeu com outro cientista. Contudo, o educador não deve estar preocupado com esta reprodução, mas com a alteração da realidade. Afinal, para alcançar o seu objetivo, fazendo valer suas intenções educacionais, o que a escola pode fazer?

Uma resposta a esse problema, vai exigir que se combine a idéia de "scientific literacy", apresentada no início, com a concepção de educação em ciência discutida no capítulo 3, e a

análise do Programa "Vocação Científica", para formular uma alternativa institucional de política de educação em ciência.

4 - Elementos para a Nova Política

O problema que a escola enfrenta atualmente no campo da educação em ciência é tentar superar, de um lado, imensas lacunas na formação dos indivíduos quanto ao conhecimento científico necessário e indispensável para sua sobrevivência e, de outro, a questão da supervalorização e mitificação da ciência. Na verdade, o problema é socializar o conhecimento sobre a importância da ciência, mas não a sua supervalorização.

Esse talvez seja uma drama bem brasileiro: quando se implementa uma ação em determinada área, geralmente ela se dirige para a exceção, não para as pessoas em geral isto é, por conseguinte, o drama do educador. A escola, como um todo, como instituição, deve, portanto, admitir que conta com o campo aberto pela FIOCRUZ para alguns indivíduos, mas é da sua responsabilidade trabalhar visando a facultar todos os brasileiros o acesso ao corpo de conhecimento de ciência que lhes seja necessário.

Por que não tentar cotidianizar o conhecimento científico para todos os alunos, através de mudanças de currículos, métodos e visão de ciência? Por que continuar lendo livros didáticos apresentando ou fazendo experiências superficiais, se a partir de experimentos simples, seria possível ensinar a capacidade de problematização? Por que não estimular a capacidade de problematizar, o que já seria bastante, e também ampliar

possibilidade de aplicar o que se aprende, resolvendo problemas que aumentariam de complexidade paulatinamente?

Em princípio poderia pensar-se em difundir o Programa, buscando ampliar o número de alunos envolvidos através do aumento dos cientistas engajados. É óbvio, no entanto, que os agentes da ação estão pré-definidos, não sendo realmente possível envolver outros, tendo-se que aceitar a boa vontade e intenção dos agentes existentes. Recorde-se, por outro lado, que os cientistas brasileiros são formados dentro de uma visão cartesiana do conhecimento e vai ser necessário um tempo muito longo até que ocorra alguma mudança na sua formação. Enquanto as limitações da abordagem cartesiana não forem discutidas com mais empenho pelos cientistas, os estudantes não serão encorajados a desenvolver conceitos integrativos e as instituições de pesquisa continuarão dirigindo-se quase exclusivamente para a solução de problemas formulados no âmbito dos conceitos cartesianos.

Num país como o Brasil, pode parecer deslocada, à primeira vista, uma discussão sobre a compreensão da natureza do conhecimento e a educação em ciência. Isto porque a maior parte da população sequer tem acesso a condições mínimas de sobrevivência, quanto mais à escola, embora esta, para alguns, ainda represente a possibilidade de ascender na pirâmide social. Na sociedade brasileira coexistem a miséria e o que há de mais avançado em termos de informática, por exemplo. Contudo, no geral, a população não tem conhecimento disso e não se beneficia com os resultados advindos do processo científico e tecnológico.

Hoje ainda há um grande número de pessoas que tem medo de andar de metrô, que não gostam de usar o elevador, que não

discam telefone, que têm dificuldade de manusear a máquina de operações bancárias. Ao mesmo tempo, sabe-se que a tragédia do césio, em Goiânia, foi resultado de mera incapacidade de ler o símbolo da radioatividade. a poluição da água por mercúrio ocorre pela ignorância dos efeitos provocados pelo metal, a relação entre desmatamento e mudança de clima do planeta não é reconhecida pela maior parte da sociedade, que continua alheia às consequências desses fenômenos. Até que ponto as queimadas e a poluição provocada pelas indústrias e automóveis contribuem para a ocorrência do efeito "estufa"? Em que a geladeira ou um recipiente de aerosol podem comprometer a camada de ozônio que protege a Terra? Ou, ainda, por que a camada de ozônio deve ser preservada? Algumas dessas perguntas não têm resposta para a grande maioria dos indivíduos. De fato, nem mesmo as fazem.

Neste ponto é preciso voltar ao início da dissertação, quando apresentamos o significado de "scientific literacy" e perguntar qual a relação com o que está sendo discutido e proposto aqui. A idéia de "literacy" é importante, pois representa, em síntese, aquele mínimo que torna a pessoa letrada para compreender os fenômenos do mundo, numa época em que a ciência está presente na maior parte das ações da vida diária. Sendo assim, o papel da escola é facilitar o entendimento daquele que chega até ela de que a ciência é importante na e para a vida moderna, sem cair numa visão mítica e mistificadora.

Tal é a tarefa do educador, Mas como a escola vai realizá-la? Ela pode fazê-la em parte por intermédio daqueles indiretamente ligados à ciência. A escola, entretanto, não está procedendo assim, levando a perguntar: e o Programa está? Além de

não estar, já provou que não será capaz de contribuir nessa direção. Os professores, porém, ainda não se deram conta disso ao tomar conhecimento da experiência. Consequentemente, as escolas não se modificaram em nada. com a maior parte das pessoas ficando maravilhadas com o grande sucesso e resultados alcançados pelos alunos escolhidos para viver a experiência.

Ao contrário do que ocorre na escola, onde os professores não escolhem seus alunos tendo que contribuir para a formação de todos, o Programareflete uma escolha mútua: o aluno opta a priori pela ciência e o cientista, pelo aluno especialmente interessado.

Embora pareça paradoxal, o ponto de vista aqui esboçado admite que cabe à ciência uma parcela de responsabilidade por despertar e promover o amadurecimento da sociedade para o exame de seus problemas e questões mais prementes. Afinal, a ciência é um caminho humano de abordagem e entendimento da realidade. Mas qual ou quais as condições que tornam essa intervenção possível?

A educação formal pode representar uma das vias através da qual uma mudança se processe no âmbito social. A difusão do conhecimento; o acesso à informação e a dinâmica imposta pelo debate que virtualmente se instala numa instituição de ensino podem provocar alterações no modo de pensar das pessoas, tornando-as mais preparadas para resolver problemas que surgem no seu dia-a-dia. É neste sentido que a interligação entre ciência e sociedade está posta, tendo-se como termo médio a educação do indivíduo em ciência.

Nos países do Primeiro Mundo, tem sido dispensada uma atenção considerável aos problemas relativos à aquisição do conhecimento científico. A aprendizagem de ciências entre crianças, jovens e adultos implica, nesses lugares, a transcendência do conhecimento acumulado de fatos científicos ou dos processos e métodos de sua produção, mas, principalmente, a consciência de seu significado, importância e utilidade. Por isso, essa aprendizagem é objetivamente de "scientific literacy" e envolve estar apto a ler, escrever, pensar e opinar em ciências. Mas como incentivar a conquista deste padrão de comportamento na sociedade brasileira?

O levantamento bibliográfico possibilitou afirmar que pesquisas realizadas por diferentes estudiosos apontam os materiais curriculares em primeiro lugar e as atividades instrucionais em segundo como os dois caminhos mais seguros para a conquista daquele comportamento.⁽¹⁾ Mitmam e seus colaboradores fixaram suas pesquisas no estudo de uma terceira variável: o desenvolvimento pelos professores de uma contextualização significativa da ciência. Seus trabalhos demonstraram que poucos professores conseguem desempenhar com sucesso essa atividade, ou porque não concordam com ela, ou porque não estão preparados, ou porque não dispõem de tempo para trabalhar com os alunos as implicações sociais da ciência.⁽²⁾ Em outras palavras, favore-

¹HOFF, "A Test for Scientific Attitude" Daedalus, 112, Vol. 2, Cambridge, American Academy of Arts and Sciences, Spring, 1983.

²MITMAN, Alexis L. "Instruction Addressing the components of Scientific Literacy and Its Relation to Student Outcomes" American Educational Research Journal. Winter 1987, Vol. 24, nº 4, p. 611-633.

cer a contextualização significativa do conhecimento científico é evidenciar a presença da ciência no cotidiano, identificando-a como parte da cultura e, portanto, desmistificando-a.

Entre os fatores que concorrem para reforçar o mito no qual está envolta a ciência, estão o desconhecimento dos fatos científicos, a falta de compreensão dos métodos e procedimentos da investigação científica, a dificuldade de acesso às implicações de uma crítica à natureza do conhecimento, isto, é aos critérios de verdade.

Os estudantes precisam expandir suas visões de ciência e incluir, além das questões de fato - o que é a verdade acerca disso? -, as questões de conjuntura - "o que podemos fazer disso?". A partir daí, o problema da natureza do conhecimento pode ser levado para dentro da sala de aula.

Não é possível pensar educação em ciência sem trazer para dentro dela a discussão sobre a compreensão do conhecimento científico. Será neste contexto mais amplo que se poderá admitir que o desenvolvimento da competência científica nos estudantes não pode ser encarado como um simples problema de instrução em novos conceitos. Será, mais do que isso, um problema de engajamento num complexo processo de mudança de noções espontâneas sobre os fenômenos empíricos, para os padrões do pensamento e fala da comunidade científica.⁽¹⁾

O aprendizado em ciência é um processo de socialização numa comunidade que possui problemas típicos, formas padroniza-

¹VIGOTSKY, L. Pensamento e Linguagem. São Paulo. Martins Fontes, 1989.

das de explanação desses problemas, assim como métodos e discursos dotados de código próprio. É um complexo processo sócio-cultural que não é suficientemente captado nas práticas tradicionais de ensino de ciências.

Existe um crescente reconhecimento de que a criança constrói ativamente o conhecimento através de interações entre o ambiente sócio-cultural e o físico, talvez muito influenciado pelo trabalho de Piaget. Algumas versões da visão construtivista do desenvolvimento enfatizam a natureza do conhecimento construído em determinadas circunstâncias e domínios e a influência da cultura.⁽¹⁾ Nas escolas, quer os professores admitam ou não, os estudantes são aprendizes ativos que têm na sua bagagem anterior a interpretação que fazem dos conjuntos de conceitos novos apresentados. O entendimento é um fenômeno extremamente complexo, envolvendo fatos, estratégias e condições de aplicação do conhecimento. É possível que, ao descrever o estado desse entendimento como um modelo ou sistema teórico coerente, possa captar-se essa complexidade. Talvez por isso a novíssima literatura sobre a razão científica tenha se direcionado para a congnição individual.⁽²⁾

Certo é que o profundo entendimento não nasce simplesmente da aquisição de novas informações, mas do abandono ou reconfiguração de outra maneira de conceber certo fenômeno.⁽³⁾ No contexto das descobertas matemáticas, Lakatos destacou que as

¹VIGOTSKY, L. Pensamento e Linguagem. São Paulo. Martins Fontes, 1989.

²FURTH, Hans. Piaget e o Conhecimento. Rio de Janeiro, Forense, 1974.

³HAMKINS, Jan. "Tools for Bridging the cultures of everyday and scientific thinking." Journal of Research in science teaching. Vol. 24, pp. 291-307 (1987).

contradições provocam o desenvolvimento dos conceitos, e que quando o conflito nasce do julgamento contraditório da própria criança, então ocorre uma mudança conceitual progressiva.⁽¹⁾ No trabalho que realizou sobre o desenvolvimento dos conceitos, Vigotsky defende a idéia de que a criança cria uma série de hipóteses consecutivas, compara-as com os fatos reais, rejeitando as falsas e substituindo-as por outras novas, sucessivamente.⁽²⁾

Os alunos, todavia, têm sido formados para adquirirem certezas a partir da explanação de respostas pelo professor. Deles são cobradas certezas e se as demonstrarem são aprovadas ao final do período letivo, sem terem exercitado a dúvida ou o erro, matrizes da capacidade criadora. Contudo, sabe-se que o estímulo à criação parte do incentivo fornecido pelo professor à elaboração de perguntas por parte do aluno ou a orientação advinda de um erro e não da explanação de respostas encontradas pelo próprio professor.

Portanto, a discussão de uma proposta de educação em ciência que objetive possibilitar o exercício da cidadania nas tecno-científicas atuais não pode prescindir das duas dimensões aqui colocadas:

- a dimensão sócio-cultural, que
- . dá significado ao conhecimento científico adquiri

¹ LAKATOS, I, Proofs and refutations: The logic of mathematical discovery. Cambridge University Press. 1976.

² VIGOTSKY, L. Pensamento e Linguagem. São Paulo. Martins Fontes, 1989.

do pelo estudante;⁽¹⁾

age como uma lente para o pesquisador, que não pode abstrair-se das idéias predominantes de seu tempo - fruto da tradição, interesses, marcas históricas, falibilidade, finitude - na interpretação que faz de seus objetos de estudo;⁽²⁾

- a dimensão fornecida pelos estudos cognitivos, que procura desvendar a interação das pré-concepções dos estudantes, com a educação científica forma.⁽³⁾

Não obstante a ênfase dada à necessidade da participação social na elaboração, execução e avaliação da política científica, no Programa Vocação Científica não houve a formulação de uma proposta educacional com o objetivo de esclarecer e orientar os estudantes neste setor.

O exame do relatório do Debate Naciobal, no que concerne especificamente à relação entre ciência, tecnologia e educação, a fim de diminuir o gap existente entre o Brasil e os países desenvolvidos registrava que, em 1985, contávamos com 30 mil cientistas para 130 milhões de habitantes, contra 30 mil para cada milhão nos países desenvolvidos. O documento diz ainda que:

¹ MITMAN, Alexis L. "Instruction Addressing the components of Scientific Literacy and Its Relation to Student Outcomes" American Educational Research Journal. Winter 1987, Vo. 24, nº 6, p. 611-633

² HAWKINS, Jan. "Tools for Bridging the cultures of everyday and scientific thinking". Journal of Research in science teaching. Vol. 24, pp. 291-307 (1987)

³ WALBERG, Herbet J. "Scientific Literacy and Economic Productivity in International Perspective" In: Daedalus 12, Vol. 2, Cambridge, American Academy of Arts and Sciences, Spring, 1983.

"Não sairemos do fundo do poço sem restabelecermos, em sua totalidade, as relações entre a universidade e a sociedade, simplesmente porque é cada vez mais inviável continuar a pagar alta tecnologia com café ou soja. Devemos buscar a construção de uma universidade de ensino, pesquisa e extensão, que ofereça uma contribuição muito mais ampla ao desenvolvimento regional." (1)

Os cientistas reconhecem a necessidade de participação da sociedade, mas não a identificam com a popularização da ciência em níveis básicos da educação. Então, pergunta-se: Será suficiente a divulgação da produção em ciência e tecnologia através de periódicos especializados, ou o fortalecimento das Universidades e a popularização de sua produção, para que a população passe a influir nas tomadas de decisão e não apenas as aceite? Até que ponto se tem discutido a democratização das decisões em ciências e tecnologia, se esta discussão é posta nos termos de uma relação estatística entre o número de cientistas por milhão de habitantes?

O pensamento da comunidade científica com relação à ciência e tecnologia, desenvolvimento nacional e educação, voltam a ser examinados em outro documento em 1989, num painel similar ao Debate Nacional de 1985, ocorrido em novembro de 1988, intitulado "Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Nacional". Este painel tinha o objetivo de orerecer subsídios aos parlamentares no momento em que discutiam a proposta do Executivo para o Orçamento Geral da União para 1989, logo após a promulgação da nova Constituição. Ao discutir o orçamento para Ciência e Tecnologia,

¹ CNPq, Debate Nacional: Ciência e Tecnologia numa Sociedade Democrática, Brasília, 1985.

o Congresso Nacional estaria estabelecendo algumas linhas mestras da Política Científica e Tecnológica para o país. De certa forma, a expectativa era de que as dimensões alcançadas pelo Congresso Nacional expressassem e traduzissem o que a Constituição Brasileira estabelece no seu capítulo sobre a ciência e tecnologia, mas especificamente no artigo 218 e seus parágrafos e no artigo 219:

"Art. 218. O Estado promoverá e incentivará o desenvolvimento científico, a pesquisa e a capacitação tecnológica.

§ 1º. A pesquisa científica básica receberá tratamento prioritário do Estado, tendo em vista o bem público e o progresso das ciências.

§ 2º. A pesquisa tecnológica voltar-se-á preponderantemente para a solução dos problemas brasileiros e para o desenvolvimento do sistema produtivo nacional e regional.

§ 3º. O Estado apoiará a formação de recursos humanos nas áreas de ciências, pesquisa e tecnologia, e concederá aos que delas se ocupem meios e condições especiais de trabalho.

§ 4º. A lei apoiará e estimulará as empresas que invistam em pesquisa, criação de tecnologia adequada ao País, formação e aperfeiçoamento de seus recursos humanos e que pratiquem sistemas de remuneração que assegurem ao empregado, desvinculada do salário, participação nos ganhos econômicos resultantes da produtividade de seu trabalho.

§ 5º. É facultado aos Estados e ao Distrito Federal vincular parcela de sua receita orçamentária a entidades públicas de fomento ao ensino e à pesquisa científica e tecnológica.

Art. 219. O mercado interno integra o patrimônio nacional e será incentivado de modo a viabilizar o desenvolvimento cultural e sócio-econômico, o bem-estar da população e a autonomia tecnológica do País nos termos da lei federal."

O texto constitucional contempla alguns pontos levantados pelos cientistas no Debate de 1985. Porém, o painel de 1988 veio acrescentar novos elementos, uma vez que os pesquisadores discorreram não só sobre o que se faz em nome da ciência, por meio dela, ou visando seu desenvolvimento, como sobre sua utilização e responsabilidade social.

Contudo, em termos das organizações sociais, a questão da regulação e da sobrevivência exige a composição e a análise de um quadro de valores morais e espirituais, enfim, de uma ética, pela qual os indivíduos reconheçam o sentido de suas ações. É neste contexto que a presente dissertação pretende apontar os mecanismos democráticos como catalizadores da sobrevivência dos sistemas sociais, e, portanto, do processo de auto-organização, privilegiando a superação dos limites que se colocam à sua realização e não à sua conquista como algo em si, um fim ou objetivo. Falar em democracia no campo da educação é o mesmo que dizer da imperiosidade de tornar o conhecimento científico acessível a toda a sociedade.

O fenômeno holográfico foi citado páginas atrás, no sentido de enfatizar que, apesar de cada placa de holografia conter o todo, a visão tridimensional só é alcançada com a junção de todas as placas holográficas. Transpor esse raciocínio para o campo educacional é dizer que a intenção da escola deve ser fazer com que cada aluno entenda o que é, como se faz e os limites da ciência, sem necessariamente ter que vir a ser um cientista. Deste modo, a educação pode confirmar-se como mais um elemento a garantir a sobrevivência da sociedade como um todo, principalmente quando se pensa em termos do século XXI.

quando a ciência terá invadido completamente o cotidiano das pessoas.

5 - Uma Nova Política

Afinal qual é a diferença entre a política examinada e a política que se quer propor?

O ensino de ciências no Brasil tem deixado muito a desejar até mesmo nos grandes centros urbanos, que, teoricamente, convivem e usufruem mais frequentemente dos avanços científicos e técnicos. Este ensino mantém, com raríssimas exceções, o caráter livresco, sendo totalmente inútil para a maioria das pessoas, que se vêem cada vez mais distantes da ciência de seu tempo.

No sentido de minimizar essa enorme distância, colocando o conhecimento científico ao acesso dos cidadãos, é que se pretende chegar a uma nova proposta de política. A idéia defendida aqui é a de que não é possível pensar em cidadania, e, conseqüentemente, em democracia no século XXI sem que cada indivíduo disponha de possibilidade ou tenha adquirido a capacidade de manipular o conhecimento científico que impulsiona a vida diária no planeta.. Não basta conhecer: é preciso ter a capacidade de aplicar o que se aprende e aprender em cima do aprendido.

Por isso, no capítulo 2, foi defendida a idéia de que o ensino hoje deveria capacitar o aluno a "aprender a aprender", e não, simplesmente, levá-lo a entender isto ou aquilo. Em ou-

tras palavras, o que vai importar no futuro próximo é a garantia da capacidade de enfrentar as mudanças do meio, auto-organizando-se.

Tal idéia acompanha inteiramente o que foi explicado anteriormente sobre o funcionamento do cérebro humano (capítulo 2), que serve de paradigma hoje para muitos trabalhos científicos de ponta. De acordo com Ashby, paralelismos revelados pela Cibernética entre a máquina, o cérebro humano e a sociedade podem contribuir enormemente para o aprimoramento de instrumentos usados para lidar com sistemas complexos. Assim, idéias emergentes de modernas pesquisas sobre o cérebro podem servir como parâmetro para a elaboração de propostas de reeducação, bem como ter um grande impacto sobre o projeto e organizações do futuro. Retornando ao explicado no capítulo 1, a cada concepção de Ciência corresponde a uma concepção de educação. O que se pretende ao enunciar uma nova proposta de política é superar a concepção de educação científica ligada à ciência do século XIX, lançando-a para o fim do século XX, no qual o conhecimento científico passa a ser encarado como algo construído.

Já não é tão importante "descobrir as leis que regem a natureza". O homem passou a acreditar que o conhecimento da natureza se altera de acordo com o seu ponto de vista e aposta mais e mais na sua capacidade de interação com ela e de construção desse conhecimento. Passa a valer mais saber lidar com a informação do que a informação "em si", que na verdade é algo que não existe. A informação é uma miragem que a concepção anterior de ciência fez questão de impingir à sociedade, fazendo a apologia da neutralidade tornado-a cada vez mais propriedade de um pequeno grupo.

O trabalho de Morgan citado no capítulo 2 toma o funcionamento do cérebro como modelo de sistema capaz de auto-organizar-se. Para isso o sistema deve conter em cada parte as características do todo, manter alta conectividade entre suas partes, assim como redundância de funções, e dispor de partes especializadas, mas, simultaneamente, capazes de generalizações.

Neste sentido, é que a proposta educacional mais adequada a este momento é criar condições para que se implemente uma ação que corresponda ao objetivo esboçado pela idéia de "scientific literacy". Em outras palavras, a intenção não é formar cientistas, e sim ter uma educação em ciência que contribua para a sobrevivência de cada indivíduo no mundo de hoje. Isso é o mesmo que dizer que a política a ser colocada em prática pela escola deve dar ao aluno a consciência do papel social da ciência e a importância para cada um de conhecer a ciência que existe hoje. O caráter holográfico presente na estrutura cerebral e que permite a auto-organização, transposto para o campo educacional, representa a capacidade de entender o todo e agir no sentido de garantir a sobrevivência na sociedade científica atual. Mas é claro que isso não deve levar à supervalorização do conhecimento científico, pois, se este trouxe imensos benefícios, também contribuiu para fomentar comportamentos prepotentes, arrogantes, perigosos e prejudiciais à humanidade.

A política proposta é, ainda, portanto, uma política em intenção, de acordo com a tipologia de Guba. A política de melhoria de formação na área de ciências deve ter como objetivo principal tornar os jovens mais conscientes do seu tempo e assim capacitá-los a interferir nos rumos da sociedade de que

fazem parte. Como já foi dito em outra parte desta dissertação, não é possível ser cidadão no século XXI sem possuir uma formação em ciência que, acima de tudo, habilite a pensar. Pensar, aqui, significa lidar com situações novas, aplicando conhecimentos adquiridos, superando erros e obstáculos, planejando o futuro, organizando-se e contribuindo para a organização social.

A falta de clareza das escolas quanto à sua própria concepção de educação em ciência fez com que a intenção e a ação da FIOCRUZ (formulação B) subordinasse e de certa forma efetivamente cancelasse a política formulada em conjunto pelas instituições conveniadas (formulação A). Na verdade as escolas precisam estar firmes no interesse do conhecimento a ciência necessária para qualquer homem nos dias de hoje, cientes de que apenas alguns desses indivíduos vão ser cientistas. Nesse sentido é que uma nova política (formulação C), mais abrangente, para a educação em ciência promovida pelas escolas é proposto a seguir:

Através de uma ação pedagógica que valorize a capacidade de "aprender a aprender" e propicie a contextualização significativa da ciência, a escola deverá reunir condições para que os estudantes possam usar, pensar e opinar em ciências, tornando-se aptos para compreender a si mesmos como parte integrante do todo e intervir nos rumos da sociedade.

O programa que porá em ação esta política transcende o âmbito deste trabalho. Para formulá-lo será necessário especificar condições de implantação que, evidentemente, só estão parcialmente disponíveis por agora.

VI - CONCLUSÃO

Apresenta-se aqui um esquema sucinto que possa indicar as principais conclusões da dissertação. Os resultados globais do trabalho permitem dividir as conclusões em dois grupos:

- O primeiro diz respeito àquilo que foi sistematizado com a pesquisa;

- O segundo se refere aos problemas que merecem uma dedicação no futuro próximo, devido à sua relevância para a educação em ciência.

Como ficará claro a seguir, os dois grupos possuem ligação entre si. A conclusão deve se caracterizar também pela capacidade de formular questões significativas no âmbito do assunto investigado. Por isso, há preocupações em delimitar aquele conjunto de questões que se encontram ainda em aberto, apesar do esforço realizado para esclarecê-las.

Sobre os conhecimentos sistematizados

A análise do Programa "Vocação Científica" propiciou a adequação e aplicação de um modelo de análise de política ao estudo de experiências educacionais em andamento. O modelo desenvolvido por Guba, escolhido pela sua simplicidade e objetividade, inclui oito definições de política, classificadas em três níveis: intenção, implementação e experimentação. A caracterização e análise da experiência educacional fundamenta-se na identificação da definição tomada como referência e na consequente escolha do paradigma de investigação: positivista ou construtivista.

Apesar das dificuldades encontradas, foi explicitada, em seguida, a relação que existe entre as concepções de ciência e de educação em ciência. Sabe-se que ao longo da história do pensamento, mudanças de paradigma foram impostas pelas chamadas Revoluções Científicas. Essas revoluções geraram as diferentes concepções de ciências conhecidas hoje. Na verdade o que os cientistas e pensadores de um modo geral pretendem é chegar a uma visão e a um entendimento cada vez maior da realidade através da ótica e métodos fornecidos pela ciência.

Apesar das sucessivas concepções de ciência não darem conta da complexidade dos sistemas naturais e sociais, permeiam e influenciam concepções de educação. Deste modo, a primeira Revolução Científica impregnou o pensamento humano do desejo de descobrir o funcionamento de organismos e organizações, então encarados como máquinas regidas pela lei de causa e efeito. E, no campo da educação, correspondentemente, produziu-se o predomínio da aquisição de conteúdos e informações científicas, tomadas como certezas e verdades absolutas e fundamentando-se no paradigma positivista.

A segunda Revolução Científica ampliou as possibilidades de leitura do mundo facultadas pela ciência, à medida em que foi trocada a rigidez dos princípios da causalidade pelo princípio da múltipla interação entre os elementos de um sistema. No campo da educação, tal mudança deveria ter implicado a vigência do paradigma construtivista. Contudo, a modificação não ocorreu. Na verdade, até os dias de hoje, à exceção da física, poucas foram as ciências particulares que se apropriaram dessa nova visão de mundo, daí decorrendo a dificuldade da

transposição do novo paradigma para a educação.

Nesta dissertação foi estabelecida como hipótese sobre a concepção de ciência que deve fundamentar a concepção de educação em ciência, que esta fique subordinada e se desenvolva através da construção de uma política, com base na posição de que a História da Ciência deve ocupar como meio para analisar, criticamente, a construção do pensamento científico e como estratégia para realizar possíveis abordagens interdisciplinares nos estudos dos conteúdos do 1º, 2º e 3º graus.

Por essa razão é que a percepção sobre a importância da problematização e sobre a necessidade de busca das possíveis relações entre os conteúdos que se ensinam e a vivência do cotidiano empreendida pelo aluno.

Sobre os problemas que merecem investigação posterior

Não há dúvida quanto à importância de um estudo detalhando sobre as concepções dos cientistas sobre a educação em ciência. Não foi possível, entretanto, aprofundar o estudo devido a uma série de impedimentos práticos, entre os quais a dificuldade de acesso a fontes bibliográficas sobre o assunto. A abordagem deste assunto mais tarde objetivará embasar a hipótese de que os cientistas acreditam que a educação em ciência deve servir para "formar cientistas" e não para "popularizar a ciência" (o que significa, aqui, "democratizar" o acesso aos princípios e resultados do trabalho científico).

O caso singular do Programa "Vocação Científica" deixou margem a dúvidas quanto à abrangência do modelo proposto para a análise de experiências educacionais em andamento. Considera-se relevante, por isso, que se aprofunde a discussão sobre este ponto.

O esboço elaborado sobre as relações entre as concepções de ciência e de educação em ciência poderá, igualmente, ser aperfeiçoado, porque oferecerá contribuições para a discussão sobre outros pontos pertinentes ao tema, não abordados com a clareza e dimensão devidas, por exemplo, a educação nas Ciências Sociais.

Com todo o anterior, fica evidente, e assim esta dissertação é encerrada, que se considera fundamental a inserção da História da Ciência nos diversos níveis do ensino, como estratégia para implementar, de modo efetivo, o modelo antes proposto. Esta idéia pode ser conciliável com a valorização da problematização e com a busca de possíveis relações entre os conteúdos ensinados e a vivência dos alunos.

BIBLIOGRAFIA

- ARRANCHES, Sérgio. "As Ciências Sociais e o Estado". *Revista Informativo e Bibliográfico de Ciências Sociais*. Rio de Janeiro, Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ciências Humanas, nº 13, 1º semestre 1982, p. 37-48.
- AHLGREN and Walberg, "Changing Attitudes Towards Science". *Natura* 245, 1973, p. 187.
- ARON, Raymond. "Sociologie des Sociétés Industrielles". Les Cours de Sorbonne. Paris. Centre de Documentation Universitaire. s.d.
- ASHBY, R. Introdução à Cibernética. São Paulo, Editora Perspectiva S.A., 1970.
- Constituição Federal - artigos 218 e 219.
- DEBATE NACIONAL: CIÊNCIA E TECNOLOGIA NUMA SOCIEDADE DEMOCRÁTICA, Brasília, CNPq, 1985.
- DESCARTES. Discours de Laméthode. Paris, Éditions de Cluny.s.d.
- DEWEY, John, "The Supreme Intellectual Obligation", Science Education. In, MILLER, Jon D. "Scientific Literacy: A conceptual and Empirical Review", *Daedalus* 112 vol. 2, Cambridge, American Academy of Arts and Sciences, Spring, 1983.
- FEYERABEND, P. Contra o método. Rio de Janeiro, Francisco Alves, 1989.
- FURTH, Hans. Piaget e o conhecimento. Rio de Janeiro. Forense, 1974.

GRAUBARD, Stephen R. "Nothing to Fear, Much to Do", In: Daedalus 112 vol. 2, Cambridge, American Academy of Arts and Sciences, Spring, 1983, p. 231.

HAWKINS, Jan. "Tools for Bridging the cultures of everyday and scientific thinking." Journal of research in science teaching. Vol. 24, pp. 291-307 (1987).

HOFF, "A Test for Scientific Attitude" and Noel, "Measuring The Scientific Attitude" citado in Ibid, p. 31.

HUXLEY, Thomas H. "Science and Culture", in Collected Essays New York, Appleton, 1898 citado in, MILLER, Jon D. "Scientific Literacy: A conceptual and Empirical Review", Daedalus 112 vol.2, Cambridge, American Academy of Arts and Sciences, Spring, 1983, p. 29.

KANT, E, Critique de la Raison Pure. Introduction (2^o Éditions). Paris. Presses Universitaires de France, 9^a Édition, 1^o trimestre, 1980.

KNORR-CETINA, K. D. The manufacture of Knowledge. Nova York, Pergammon Press, 1981.

KUJAWSKI, Gilberto de Mello. A Crise do Século XX. Rio de Janeiro, Editora Ática, 1988, p. 198.

LAKATOS, I. Proofs and refutations: The logic of mathematical discovery. Cambridge, Cambridge University Press. 1976.

LEIBINIZ, G. Novos ensaios sobre o entendimento humano. In: Os pensadores. Tradução Luiz João Baraúna. São Paulo, Abril cultural, 1980, p. 285.

- LE MOIGNE, Jean-Louis. *Intelligence des Mécanismes, Mécanismes de L'intelligence*. Fondations Diderot, Fayard, 1987.
- LOCKE, John. *Ensino sobre o entendimento humano*, Livro II, Cap. 1, In: *Curso de Filosofia*, Rio de Janeiro. Zahar. 1986. p. 100.
- MARCONDES, Danilo. "O Empirismo Ingles" In: *Curso de Filosofia*. Rio de Janeiro, Zahar, 1986, p. 98.
- MEAD, Margareth and Rhoda Metreaux, "The Image of Science", *Science* 126 (1957): 384
- MILLER, Jon D. "Scientific Literacy: A conceptual and Empirical Review, *Daedalus* 112 vol. 2, Cambridge, American Academy of Arts and Sciences, Spring, 1983.
- MITMAN, Alexis L. "Intruccion Addressing the components of Scientific Literacy and Its Relation to Student Outcomes" *American Educational Research Journal*. Winter 1987, Vo. 24, nº 4, p. 611-633.
- MORGAN, "Organizations as Brains". *Images of Organization*.
- MORISON, Robert S., "Science and Social Attitudes". *Science* 165, 1969, p. 150-56.
- POPPER, Karl. *O Realismo e o Objetivo da Ciência*. Lisboa, Dom Quixote, 1987, p. 42.
- ROSS, David. *Aristóteles*, Lisboa, Dom Quixote, 1987, p. 118.
- SUCUPIRA, Newton. "Educação, Ciência e Tecnologia". *Forum Educacional*. Rio de Janeiro, Fundação Getulio Vargas, 6(1):3-21, jan./mar. 1982.

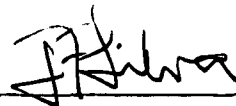
- TAYLOR, C. "Understanding in human science". Review of Metaphysics, 34, 1980, p. 39-48.
- TIFF, Suzan. "Crisis in The Science Classroom", Time Education, September 18. 1989. p. 46-47.
- TOULMIN, S. E. "The construal of reality: Criticism in modern and post modern science. Critical Inquiry, 9, 1982, p. 110.
- VIGOTSKY, L. A. Formação Social da Mente. São Paulo, Martins Fontes, 1989.
- VIGOTSKY, L. Pensamento e Linguagem. São Paulo. Martins Fontes, 1989.
- WALBERG, Herbet J. "Scientific Literacy and Economic Productivity in International Perspective" In: Daedalus 112 vol. 2, Cambridge, American Academy of Arts and Sciences, Spring, 1983.

Dissertação apresentada aos Srs.:

Nome dos

Componentes da

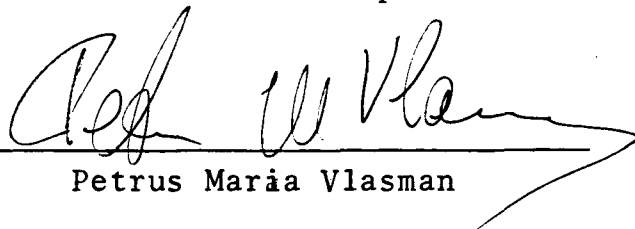
Banca Examinadora



Jorge Ferreira da Silva
(Orientador)



Newton Sucupira



Petrus Maria Vlasman

Visto e permitida a impressão

Rio de Janeiro, 07 / 07 / 1992



Newton Sucupira
Coordenador Geral do IESAE