

# 1

Juan Ignacio Pozo  
Miguel Ángel Gómez Crespo

A aprendizagem e o ensino de ciências:  
do conhecimento cotidiano ao conhecimento  
científico, Artmed, 2009.

## POR QUE OS ALUNOS NÃO APRENDEM A CIÊNCIA QUE LHE É ENSINADA?

Uma deliciosa sátira de Harold Benjamin, intitulada "O currículo dentes-de-sabre", publicada em 1939, nos faz voltar às primeiras disciplinas do currículo: formar os jovens na arte de capturar peixes, caçar cavalos lanudos com garrote e assustar com fogo os tigres dentes-de-sabre. A questão era: o que aconteceria com estas veneráveis disciplinas quando alguém inventasse a vara de pescar, os cavalos lanudos mudassem para terras mais altas e fossem substituídos por antílopes, mais velozes, e os tigres morressem e seu lugar fosse ocupado por alguns ursos? Elas não deveriam ser aposentadas ou substituídas por estudos mais pertinentes?

"Não seja tolo" disseram os sábios anciãos, mostrando seus sorrisos mais benevolentes. "Não ensinamos a capturar peixes com a finalidade de capturar peixes: ensinamos para desenvolver uma agilidade geral que nunca poderá ser obtida com uma mera instrução. Não ensinamos a caçar cavalos com garrote para caçar cavalos: ensinamos para desenvolver uma força geral no aprendizado, que ele nunca iria obter de uma coisa tão prosaica e especializada como caçar antílopes com rede. Não ensinamos a assustar tigres com a finalidade de assustar tigres: ensinamos com o propósito de dar essa nobre coragem que se aplica a todos os níveis da

vida e que nunca poderia surgir de uma atividade tão básica como matar ursos." Todos os radicais ficaram sem palavras diante desta declaração; todos exceto o mais radical de todos. Estava perplexo, é verdade, mas era tão radical que ainda fez um último protesto. "Mas, mas contudo", sugeriu, "você devem admitir que os tempos mudaram. Vocês não poderiam dignar-se a experimentar estas outras atividades mais modernas? Afinal de contas, talvez elas tenham algum valor educativo." Até os companheiros radicais desse homem pensaram que ele tinha ido longe demais. Os sábios anciãos estavam indignados. O sorriso sumiu de seus rostos. "Se você tivesse alguma educação", disseram em tom grave, "saberia que a essência da verdadeira educação é a atemporalidade. É algo que permanece mesmo quando mudam as condições, como uma rocha firmemente afincada no meio de uma tumultuosa torrente. É preciso saber que há verdades eternas e que o currículo dentes-de-sabre é uma delas!".

Guy Claxton,  
*Educar mentes curiosas*

### A CRISE DA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA

Espalha-se entre os professores de ciências, especialmente nos anos finais do

Copiadora

PÁG. \_\_\_\_\_

FOLHAS \_\_\_\_\_

DATA \_\_\_\_\_

ensino fundamental e do ensino médio, uma crescente sensação de desassossego, de frustração, ao comprovar o limitado sucesso de seus esforços docentes. Aparentemente, os alunos aprendem cada vez menos e têm menos interesse pelo que aprendem. Essa crise da educação científica, que se manifesta não só nas salas de aula, mas também nos resultados da pesquisa em didática das ciências, da qual falaremos em breve, é atribuída por muitos às mudanças educacionais introduzidas nos últimos anos nos currículos de ciências, no marco geral da Reforma Educativa.<sup>6</sup> Contudo, as causas parecem mais profundas e remotas. De fato, em certo sentido esta crise não é nova, uma vez que faz parte, inclusive, das nossas próprias origens, dos nossos mitos. Assim, segundo narra o *Gênese*, após criar pacientemente o céu e a terra e todo seu cortejo, a luz e as trevas e todas as criaturas que neles habitam, incluídos o homem e a mulher, Deus advertiu Adão e Eva dos perigos de ir à árvore da ciência do bem e do mal, dos riscos de tentar compreender o porquê desse céu e dessa terra, dessa luz e dessas trevas em que habitavam; mas eles não o escutaram e, em vez da suposta maçã, na verdade o que provaram foi o fruto amargo do conhecimento, que está na origem de nossa expulsão do Paraíso, que é, de fato, nosso verdadeiro pecado original, pelo qual fomos expulsos daquele mundo prazeroso e devemos vagar por este outro mundo, nem sempre tão prazeroso, no qual, entre outras coisas, abundam os alunos que resistem tenazmente, talvez por medo do pecado e de suas dores eternas, a comer da frondosa árvore da ciência, que com tanto esforço seus professores, tentadoramente, oferecem.

Será por medo do pecado ou por outras razões mais mundanas que tentaremos ir desentranhando nas próximas páginas, mas a verdade é que os alunos se mantêm muito afastados da tentação da árvore da ciência, e quando provam seus suculentos frutos não parecem desfrutar muito deles. Assim é percebido e vivenciado por muitos professores de ciências em seu trabalho cotidiano, e é isso que mostram inúmeras pesquisas: a maioria dos alunos não aprendem a ciência que lhes é ensinada. Alguns dados e exemplos incluídos no Quadro 1.1 bastarão para ilustrar isso.

Qualquer professor pode encontrar exemplos dessas ideias em seu trabalho cotidiano, se utilizar as tarefas de avaliação adequadas. Embora tradicionalmente tenham sido recolhidos apenas como exemplos divertidos ou chocantes, besteiras conceituais dignas das correspondentes antologias, parece – segundo indicam pesquisas recentes, que analisaremos em detalhe no Capítulo 4 – que é necessário considerar esses exemplos com muita seriedade se queremos melhorar a educação científica. Não se tratam de respostas anedóticas e casuais dadas por alunos especialmente distraídos ou descuidados. Mais do que respostas excepcionais são, em muitos casos, a regra, a forma como os alunos habitualmente entendem os fenômenos científicos. Mas também se tratam, com frequência, de concepções muito persistentes, que praticamente não se modificam após muitos anos de instrução científica. Por exemplo, em uma pesquisa recente comprovamos as dificuldades trazidas pela concepção descontínua da matéria, a ideia de que ela está constituída por partículas que interagem entre si, separadas por um espaço vazio. Como esperávamos, a partir de estudos anteriores (Pozo, Gómez Crespo e Sanz, 1993; Stavy, 1995), apenas entre 10 e 30% das respostas dos alunos adolescentes de diferentes séries assumem a ideia de vazio entre as

<sup>6</sup> N. de R.T. Em 1990, a Espanha promulgou a LOGSE (Lei de Ordenação Geral do Sistema Educativo), promovendo uma profunda reforma na educação desse país.

**QUADRO 1.1****Algumas dificuldades que os alunos encontram na compreensão de conceitos da Área de Ciências da Natureza****Geologia**

– Considerar que a formação de uma rocha e um fóssil que aparece em sua superfície não são processos sincronizados. Para muitos alunos, a rocha existia antes do fóssil (Pedrinaci, 1996).

– O relevo terrestre e as montanhas são vistos como estruturas muito estáveis, que mudam pouco ou muito pouco, exceto pela erosão (Pedrinaci, 1996).

**Biologia**

– Para muitos alunos, a adaptação biológica é baseada na ideia de os organismos efetuarem conscientemente mudanças físicas como resposta a mudanças ambientais, de tal maneira que o mecanismo evolutivo seria baseado em uma mistura de necessidade, uso e falta de uso (De Manuel e Grau, 1996).

– Alguns alunos pensam que o tamanho dos organismos é determinado pelo tamanho de suas células (De Manuel e Grau, 1996).

**Física**

– O movimento implica uma causa e, quando necessário, esta causa está localizada dentro do corpo como força interna que vai se consumindo até que o objeto pare (Varela, 1996).

– O termo energia é interpretado como sinônimo de combustível, como algo que se materializa, que está armazenado e pode ser consumido e desaparecer (Hernández e Montero, 1990).

**Química**

– O modelo corpuscular da matéria é muito pouco utilizado para explicar suas propriedades e, quando se utiliza, são atribuídas às partículas propriedades do mundo macroscópico (Gómez Crespo, 1996).

– Em muitas ocasiões não se diferencia mudança física de mudança química e podem aparecer interpretações do processo de dissolução em termos de reações, e estas podem ser interpretadas como se fossem uma dissolução ou uma mudança de estado (Gómez Crespo, 1996).

Pozo e Gómez Crespo, 1997b

partículas. Mas acontece que, entre os alunos universitários dos últimos anos de química, apenas 15% das respostas aceitam a concepção descontínua (Pozo e Gómez Crespo, 1997a). De fato, essas dificuldades de compreensão podem chegar a ocorrer inclusive entre os próprios professores de ciências e, com alguma frequência, nos livros didáticos que os alunos estudam (por exemplo, Bacas, 1997).

No Capítulo 4, vamos estudar em detalhe essas dificuldades conceituais na aprendizagem da ciência e tentaremos compreender melhor suas causas e possíveis soluções a partir dos recentes estudos em psicologia cognitiva da aprendizagem. Mas os alunos não encontram somente dificuldades conceituais; também enfrentam problemas no uso de estratégias de raciocínio e solução de problemas próprios do

trabalho científico. O Quadro 1.2 resume algumas das dificuldades mais comuns no domínio daquilo que podemos chamar de conteúdos *procedimentais* do currículo de ciências, o que eles precisam aprender a fazer com seus conhecimentos científicos.

Muitas vezes, os alunos não conseguem adquirir as habilidades necessárias, seja para elaborar um gráfico a partir de alguns dados ou para observar corretamente através de um microscópio, mas outras vezes o problema é que eles sabem fazer as coisas, mas não entendem o que estão fazendo e, portanto, não conseguem explicá-las nem aplicá-las em novas situações. Esse é um déficit muito comum. Mesmo quando os professores acreditam que seus alunos aprenderam algo – e de fato comprovam esse aprendizado por meio de uma avaliação –, o que foi aprendido

**QUADRO 1.2****Algumas dificuldades na aprendizagem de procedimentos no caso dos problemas quantitativos**

1. **Fraca generalização dos procedimentos adquiridos para outros contextos novos.** Assim que o formato ou o conteúdo conceitual do problema muda, os alunos sentem-se incapazes de aplicar a essa nova situação os algoritmos aprendidos. O verdadeiro problema dos alunos é saber de que trata o problema (da regra de três, do equilíbrio químico, etc.).
2. **O fraco significado do resultado obtido para os alunos.** De modo geral, aparecem sobrepostos dois problemas, o de ciência e o de matemática, de maneira que muitas vezes este mascara aquele. Os alunos limitam-se a encontrar a "fórmula" matemática e chegar a um resultado numérico, esquecendo o problema de ciência. Aplicam cegamente um algoritmo ou um modelo de "problema", sem compreender o que estão fazendo.
3. **Fraca controle metacognitivo alcançado pelos alunos sobre seus próprios processos de solução.** O trabalho fica reduzido à identificação do tipo de exercício e a seguir de forma algorítmica os passos que já foram seguidos em outros exercícios similares na busca da solução "correta" (normalmente única). O aluno olha somente para o processo algorítmico, está interessado apenas no resultado (que é o que geralmente é avaliado). Assim, a técnica impõe-se sobre a estratégia e o problema passa a ser um simples exercício rotineiro.
4. **O fraco interesse que esses problemas despertam nos alunos,** quando são utilizados de forma massiva e descontextualizada, diminuindo a motivação dos alunos para o aprendizado da ciência.

Pozo e Gomez Crespo, 1996.

se dilui ou se torna difuso rapidamente quando se trata de aplicar esse conhecimento a um problema ou situação nova, ou assim que se pede ao aluno uma explicação sobre o que ele está fazendo.

Essas dificuldades tornam-se evidentes principalmente na resolução de problemas, que os alunos tendem a enfrentar de um modo repetitivo, como simples exercícios rotineiros, em vez de encará-los como tarefas abertas que exigem reflexão e tomada de decisões (Caballer e Oñorbe, 1997; Pozo e Gómez Crespo, 1994). No Capítulo 3, vamos analisar em detalhe essas dificuldades de aprendizagem e suas possíveis soluções, mas não há dúvida de que boa parte delas é consequência das próprias práticas escolares de solução de problemas, que tendem a estar mais centradas em tarefas rotineiras ou delimitadas, com escasso significado científico ("qual será a velocidade alcançada aos 43 segundos por um projétil que, partindo do repouso, está submetido a uma aceleração constante de  $2m/s^2$ ?"), do que em verda-

deiros problemas com conteúdo científico ("por que os dias são mais longos no verão do que no inverno?").

Essa perda de sentido do conhecimento científico não só limita sua utilidade ou aplicabilidade por parte dos alunos, mas também seu interesse ou relevância. De fato, como consequência do ensino recebido os alunos adotam atitudes inadequadas ou mesmo incompatíveis com os próprios fins da ciência, que se traduzem sobretudo em uma falta de motivação ou interesse pela aprendizagem desta disciplina, além de uma escassa valorização de seus saberes, uma vez que, como mostravam Giordan e De Vecchi (1987), muitas vezes tendem a acreditar em formas de conhecimento (como a astrologia ou a quiromancia) que são muito pouco compatíveis com o discurso científico. O Quadro 1.3 resume alguns dos problemas comportamentais que os alunos tendem a mostrar que, no mínimo, desviam-se daqueles que caberia esperar de uma instrução científica adequada.

**QUADRO 1.3****Algumas atitudes e crenças inadequadas mantidas pelos alunos com respeito a natureza da ciência e sua aprendizagem**

- Aprender ciência consiste em repetir da melhor maneira possível aquilo que o professor explica durante a aula.
- Para aprender ciência é melhor não tentar encontrar suas próprias respostas, mas aceitar o que o professor e o livro didático dizem, porque isso está baseado no conhecimento científico.
- O conhecimento científico é inútil para trabalhar no laboratório, para pesquisar e para inventar coisas novas, mas não serve praticamente para nada na vida cotidiana.
- A ciência proporciona um conhecimento verdadeiro e aceito por todos.
- Quando sobre o mesmo fato há duas teorias, e porque uma delas é falsa a ciência varacaba demonstrando qual delas é a verdadeira.
- O conhecimento científico é sempre neutro e objetivo.
- Os cientistas são pessoas muito inteligentes, mas um pouco estranhas, e vivem trancados em seus laboratórios.
- O conhecimento científico está na origem de todos os descobrimentos tecnológicos e varacaba substituindo todas as outras formas do saber.
- O conhecimento científico sempre traz consigo uma melhoria na forma de vida das pessoas.

Além dessa falta de interesse, os alunos tendem a assumir atitudes inadequadas com respeito ao trabalho científico, assumindo posições passivas, esperando respostas em vez de dá-las, e muito menos são capazes de fazer eles mesmos as perguntas; também tendem a conceber os experimentos como “demonstrações” e não como pesquisas; a assumir que o trabalho intelectual é uma atividade individual e não de cooperação e busca conjunta; a considerar a ciência como um conhecimento neutro, desligado de suas repercussões sociais; a assumir a superioridade do conhecimento científico com respeito a outras formas de saber culturalmente mais “primitivas”, etc.

Essa imagem da ciência, que na verdade não corresponde ao que os cientistas realmente fazem, apesar de estar também muito presente nos meios de comunicação social – um cientista é sempre alguém vestido com um avental branco manipulando aparelhos em um laboratório –, é mantida e reforçada por meio da atividade cotidiana na sala de aula, mesmo que isso nem sempre seja feito de maneira explícita. No próximo capítulo, vamos analisar com

mais detalhes como podemos interpretar esta defasagem entre as atitudes supostamente buscadas e as obtidas nos alunos, com especial ênfase no eterno problema da motivação ou, para ser exatos, da falta de motivação dos alunos pela aprendizagem da ciência. De qualquer modo, a aprendizagem de atitudes é muito mais relevante e complexa do que com frequência se admite (ver, por exemplo, Koballa, 1995; Simpson et al., 1994).

Portanto, a educação científica também deveria promover e modificar certas atitudes nos alunos, algo que normalmente não consegue, em parte porque os professores de ciências não costumam considerar que a educação em atitudes faça parte de seus objetivos e conteúdos essenciais – apesar de, paradoxalmente, as atitudes dos alunos nas salas de aula geralmente serem um dos elementos mais incômodos e agressivos para o trabalho de muitos professores.

De fato, a deterioração do clima educacional nas salas de aula e nas escolas, especialmente nos anos finais do ensino fundamental e do ensino médio, e o desajuste crescente entre as metas dos profes-

sores e as dos alunos são alguns dos sintomas mais presentes e inquietantes desta *crise da educação científica*, cujos riscos mais visíveis acabamos de esboçar. Talvez os alunos nunca tenham entendido muito bem o processo de dissolução ou o princípio de conservação da energia, e, talvez, nunca tenham sido capazes de fazer uma pesquisa, mas pelo menos tentavam e faziam um esforço maior para fingir que estavam aprendendo. Essa deterioração da educação científica se traduz, também, em uma suposta queda dos níveis de aprendizagem dos alunos, em uma considerável desorientação entre os professores diante da multiplicação das demandas educacionais que precisam enfrentar (novas disciplinas, novos métodos, alunos diversificados, etc.) e, em geral, uma defasagem crescente entre as demandas formativas dos alunos, especialmente a partir da adolescência, e a oferta educacional que recebem.

Com as coisas dessa forma, não é de se estranhar que âmbitos acadêmicos, profissionais e até políticos peçam *um retorno ao básico*, aos conteúdos e formatos tradicionais da educação científica, *ao currículo dentes-de-sabre*, como uma espécie de reflexo condicionado diante da confusa ameaça composta pelos ingredientes que acabamos de descrever, vagamente associados aos ares de mudança e à Reforma Educacional e suas novas propostas curriculares de orientação *construtivista*. É compreensível que nesta situação de perplexidade se pretenda recorrer a fórmulas conhecidas, a formatos educacionais amplamente utilizados, e que, sem dúvida, durante décadas cumpriram de forma mais ou menos adequada sua função social. Contudo, a saudade do passado não deve impedir que percebamos as enormes mudanças culturais que estão ocorrendo e que tornam inviável um retorno – ou a permanência – desses formatos educacionais tradicionais. Um dos problemas de defender o “retorno ao básico” é que

ainda não fomos a lugar algum do qual tenhamos que voltar. As dificuldades que os professores de ciências vivem cotidianamente nas salas de aula quase nunca são consequência da aplicação de novas propostas curriculares com uma orientação construtivista, senão que, na maior parte dos casos, ocorrem devido à tentativa de manter um tipo de educação científica que em seus conteúdos, em suas atividades de aprendizagem, em seus critérios de avaliação e, sobretudo, em suas metas está muito próxima dessa tradição à qual, supostamente, se quer voltar.

Do nosso ponto de vista (argumentado com mais detalhe em Pozo, 1997b), o problema é justamente que o currículo de ciências praticamente não mudou, enquanto a sociedade à qual vai dirigido esse ensino da ciência e as demandas formativas dos alunos mudaram. O desajuste entre a ciência que é ensinada (em seus formatos, conteúdos, metas, etc.) e os próprios alunos é cada vez maior, refletindo uma autêntica crise na *cultura educacional*, que requer adotar não apenas novos métodos, mas, sobretudo, novas metas, uma nova cultura educacional que, de forma vaga e imprecisa, podemos vincular ao chamado *construtivismo*. Não vamos analisar aqui as diversas formas de conceber a construção do conhecimento, o que elas têm em comum e o que as diferencia, dado que há fontes recentes nas quais essa análise é feita de maneira detalhada (Carretero, 1993; Coll, 1996; Monereo, 1995; Pozo, 1996b; Rodrigo e Arnay, 1997). Contudo, tentaremos sim justificar como este enfoque é bastante mais adequado do que os formatos tradicionais para a forma como o conhecimento científico é elaborado na própria evolução das disciplinas, é aprendido do ponto de vista psicológico e é distribuído e divulgado na nova sociedade da informação e do conhecimento, no limiar do século XXI. A nova cultura da aprendizagem que se abre neste horizonte do

século XXI é dificilmente compatível com formatos escolares e metas educacionais que praticamente não mudaram desde que as instituições escolares foram constituídas no século XIX.

### **A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO COMO NOVA CULTURA EDUCACIONAL**

A ideia básica do chamado enfoque construtivista é que aprender e ensinar, longe de serem meros processos de repetição e acumulação de conhecimentos, implicam transformar a mente de quem aprende, que deve *reconstruir* em nível pessoal os produtos e processos culturais com o fim de se apropriar deles. Essa ideia não é, evidentemente, nova, uma vez que, de fato, tem uma longa história cultural e filosófica (Pozo, 1996a). Porém, devido às mudanças ocorridas na forma de produzir, organizar e distribuir os conhecimentos em nossa sociedade, entre eles os científicos, é novidade sim a necessidade de estender essa forma de aprender e ensinar para quase todos os âmbitos formativos e, é claro, para o ensino das ciências. As razões deste impulso construtivista podem ser encontradas em diversos níveis de análise que pressionam na mesma direção, embora com notáveis diferenças. Encontramos uma primeira explicação para isso no nível *epistemológico*, estudando como se gera ou elabora o conhecimento científico.

#### **A elaboração do conhecimento científico**

Durante muito tempo se concebeu que o conhecimento científico surgia de “escutar a voz da Natureza da maneira adequada”, segundo disse Claxton (1991). Tudo o que era preciso fazer para descobrir uma Lei ou um Princípio era observar e coletar dados da maneira adequada e

deles surgiria, inevitavelmente, a verdade científica. Essa imagem da ciência como um processo de descobrimento de leis cuidadosamente enterradas sob a aparência da realidade ainda continua, em grande medida, vigente nos meios de comunicação e, inclusive, nas salas aula. De fato, ainda se continua ensinando que o conhecimento científico é baseado na aplicação rigorosa do “método científico”, que deve começar pela observação dos fatos, do qual devem ser extraídas as leis e os princípios.

Essa concepção *positivista*, segundo a qual a ciência é uma coleção de fatos objetivos governados por leis que podem ser extraídas diretamente observando esses fatos com uma metodologia adequada, foi superada – entre os filósofos e historiadores da ciência, mas não necessariamente nas salas de aula, como veremos no Capítulo 8 – por novas concepções epistemológicas, segundo as quais o conhecimento científico nunca se extrai da realidade, mas vem da mente dos cientistas, que elaboram modelos e teorias na tentativa de dar sentido a essa realidade. Superada a “glaciação positivista”, hoje parece ser um fato assumido que a ciência não é um discurso sobre “o real”, mas um processo socialmente definido de elaboração de modelos para interpretar a realidade. As teorias científicas não são saberes absolutos ou positivos, mas aproximações relativas, construções sociais que, longe de “descobrir” a estrutura do mundo ou da natureza, constroem ou modelam essa estrutura. Não é a voz cristalina da Natureza o que um cientista escuta quando faz uma experiência; o que ele escuta é o diálogo entre sua teoria e a parte da realidade interrogada por meio de certos métodos ou instrumentos. No melhor dos casos, escutamos o eco da realidade, mas nunca podemos escutar diretamente a voz da Natureza.

Da mesma maneira, os conceitos e as leis que compõem as teorias científicas *não estão* na realidade, senão que são

parte dessas mesmas teorias. Vladimir Nabokov ironizava sobre a fé realista, segundo a qual se “a alizarina existiu no carvão sem que soubéssemos, as coisas devem existir independentemente de nossos conhecimentos”. A ideia de que os átomos, os fótons ou a energia estão aí, fora de nós, *existem realmente* e estão esperando que alguém os descubra, é frontalmente oposta aos pressupostos epistemológicos do construtivismo. Porém, apesar disso, é implícita ou explicitamente assumida por muitos professores e, evidentemente, por quase todos os alunos. Isso os leva a confundir os modelos com a realidade que eles representam, atribuindo, por exemplo, propriedades macroscópicas às partículas microscópicas constituintes da matéria, transformando a energia em uma substância e a força em um movimento perceptível, como veremos em detalhe na Parte II do livro (Capítulos 6 e 7).

Nem sequer o velho “clichê” da ciência empírica, dedicada a descobrir as leis que governam a natureza por meio da realização de experimentos, é verdadeiro hoje em dia. Boa parte da ciência de ponta, de fronteira, é baseada, cada vez mais, no paradigma da *simulação*, mais do que no experimento em si, o que supõe uma importante revolução na forma de fazer ciência e de concebê-la (Wagensberg, 1993). A astrofísica, mas também as ciências cognitivas, não “descobrem” como são as coisas indagando na realidade, senão que *constroem* modelos e, a partir deles, simulam certos fenômenos, comprovando seu grau de ajuste ao que conhecemos da realidade. Aprender ciência deve ser, portanto, um exercício de comparar e diferenciar modelos, não de adquirir saberes absolutos e verdadeiros. A chamada mudança conceitual, necessária para que o aluno progrida dos seus conhecimentos intuitivos aos científicos, requer pensar nos – e não só com os – diversos modelos e teorias a partir dos quais é possível

interpretar a realidade, como veremos no Capítulo 5.

Por outro lado, a ciência é um processo e não apenas um produto acumulado em forma de teorias ou modelos, e é necessário levar para os alunos esse caráter dinâmico e perecedouro dos saberes científicos (Duchsl, 1994), conseguindo que percebam sua transitoriedade e sua natureza histórica e cultural, que compreendam as relações entre o desenvolvimento da ciência, a produção tecnológica e a organização social, entendendo, portanto, o compromisso da ciência com a sociedade, em vez da neutralidade e *objetividade* do suposto saber positivo da ciência. Ensinar ciências não deve ter como meta apresentar aos alunos os produtos da ciência como saberes acabados, definitivos (a matéria é descontínua, a energia não se consome, mas se conserva, é a Terra que gira em volta do Sol e não o contrário), nos quais, como assinala ironicamente Claxton (1991), eles devem crer com fé cega, uma vez que se abrirem bem os olhos todos os indícios disponíveis indicam justamente o contrário: a matéria é contínua, o Sol é que gira, a energia (assim como a paciência do aluno) se gasta... Pelo contrário, a ciência deve ser ensinada como um saber histórico e provisório, tentando fazer com que os alunos participem, de algum modo, no processo de elaboração do conhecimento científico, com suas dúvidas e incertezas, e isso também requer deles uma forma de abordar o aprendizado como um processo construtivo, de busca de significados e de interpretação, em vez de reduzir a aprendizagem a um processo repetitivo ou de reprodução de conhecimentos *pré-cozidos*, prontos para o consumo.

### **A aprendizagem como processo construtivo**

De fato, esses pressupostos epistemológicos e a concepção da ciência como



processo de construção de modelos e teorias também exigem, no plano *psicológico*, adotar um enfoque construtivista no ensino das ciências. Superada, aqui também, a glaciação condutista, paralela à anterior, não é mais possível conceber a aprendizagem como uma atividade apenas de reprodução ou cumulativa. Nosso sistema cognitivo possui características muito específicas que condicionam nossa forma de aprender (Pozo, 1996a). Frente a outras espécies, que dispõem, em um alto grau, de condutas geneticamente programadas para se adaptar a ambientes muito estáveis, os seres humanos precisam se adaptar a condições muito mais variáveis e imprevisíveis, em grande medida devido à própria intervenção da cultura, e, portanto, precisam dispor de mecanismos de adaptação mais flexíveis, que não podem estar pré-programados. Em resumo, nós precisamos de processos de aprendizagem muito potentes.

A prolongada imaturidade da espécie humana permite que nos adaptemos lentamente às demandas culturais (Bruner, 1972, 1997), graças ao efeito amplificador dos processos de aprendizagem sobre nosso sistema cognitivo, que de fato tem uma arquitetura surpreendentemente limitada. Assim, diferentemente, por exemplo, do computador em que escrevemos estas linhas, nós, as pessoas, temos uma capacidade de trabalho simultâneo muito limitada, ou *memória de trabalho*, dado que podemos absorver ou ativar muito pouca informação ao mesmo tempo. Caso tenha dúvidas, o leitor pode tentar realizar uma fácil operação de multiplicação com o único apoio de seus recursos cognitivos, por exemplo, multiplicar 27 vezes 14. Perceberá que está surpreendentemente limitado, não devido à complexidade da operação (com a ajuda de lápis e papel é muito simples), mas devido à escassa capacidade de processamento simultâneo da mente humana, que

nos permite estar atentos a muito poucas coisas *novas* de cada vez. Essa capacidade limitada pode, contudo, ser notavelmente ampliada por meio do aprendizado, que nos permite reconhecer situações que já havíamos enfrentado antes ou automatizar conhecimentos e habilidades, reservando essas escassas capacidades para o que há de realmente novo em uma situação (para mais detalhes dos processos envolvidos, ver Pozo, 1996a).

Além da memória de trabalho muito limitada, há outra diferença essencial entre o funcionamento cognitivo humano e o de um computador no que se refere ao aprendizado. Nossa memória permanente não é nunca uma reprodução fiel do mundo, nossas recordações não são cópias do passado, mas reconstruções desse passado a partir do presente. Assim, a recuperação do que aprendemos tem um caráter *dinâmico e construtivo*: diferentemente de um computador, somos muito limitados na recuperação de informação literal, mas muito dotados para a interpretação dessa informação. Se o leitor tentar lembrar literalmente a frase que acaba de ler, provavelmente isso lhe será impossível, mas queremos pensar que não terá problemas para lembrar seu significado, interpretando o que acaba de ler em suas próprias palavras, que certamente não serão exatamente iguais às de outro leitor e, é claro, não serão uma *cópia literal* do texto que acabou de ler.

Na verdade, o aprendizado e o esquecimento não são processos opostos. Um sistema cognitivo que faz cópias literais de toda a informação, como um computador, é um sistema que não esquece e, portanto, que também não é capaz de aprender. De fato, com suas limitações na memória de trabalho e na recuperação literal da informação, o sistema humano de aprendizado e memória é o dispositivo de aprendizagem mais complexo que conhecemos. Os computadores conseguem superar o rendimento humano em

muitas tarefas, mas é difícil imaginar um computador que aprenda *tão bem* quanto um aluno – embora, talvez, muitos professores assumam, quando ensinam, que seus alunos aprendem *tão mal* quanto um computador, uma vez que, paradoxalmente, a aprendizagem escolar tende a exigir dos alunos aquilo para o que eles estão menos dotados: repetir ou reproduzir as coisas com exatidão. Aprender não é fazer *fotocópias* mentais do mundo, assim como ensinar não é enviar um fax para a mente do aluno, esperando que ela reproduza uma cópia no dia da prova, para que o professor a compare com o original enviado por ele anteriormente. Esta é, talvez, a tese central do construtivismo psicológico, o que todo modelo ou postura baseada nesse enfoque tem em comum: o conhecimento nunca é uma cópia da realidade que representa. Mas existem muitas formas diferentes de interpretar os processos psicológicos envolvidos nessa construção e, portanto, longe de ser um modelo único, existem diferentes alternativas teóricas que compartilham esses pressupostos comuns, com implicações bem diferenciadas para o currículo de ciências (uma análise de diferentes teorias cognitivas de aprendizagem pode ser encontrada em Pozo, 1989). Essas formas diferentes de conceber a aprendizagem não são, realmente, incompatíveis ou contraditórias; elas estão relacionadas com as diferentes metas da educação, que mudam não só devido a novas colocações epistemológicas ou psicológicas, mas principalmente pelo aparecimento de novas demandas educacionais e por mudanças na organização e distribuição social do conhecimento.

### **As novas demandas educacionais na sociedade da informação e do conhecimento**

Há outras razões ainda mais importantes do que as mencionadas até agora

para exigir esta mudança *cultural* na forma de aprender e ensinar. Um sistema educacional, mediante o estabelecimento dos conteúdos das diferentes disciplinas que compõem o currículo, tem como função formativa essencial fazer com que os futuros cidadãos interiorizem, assimilem a cultura em que vivem, em um sentido amplo, compartilhando as produções artísticas, científicas, técnicas, etc. próprias dessa cultura e compreendendo seu sentido histórico, mas, também, desenvolvendo as capacidades necessárias para acessar esses produtos culturais, desfrutar deles e, na medida do possível, renová-los. Mas essa formação cultural ocorre no marco de uma *cultura da aprendizagem*, que evolui com a própria sociedade.

As formas de aprender e ensinar são uma parte da cultura que todos devemos aprender e sofrem modificações com a própria evolução da educação e dos conhecimentos que devem ser ensinados. A primeira forma regrada de aprendizagem, a primeira escola historicamente conhecida, as “casas de tabuinhas” aparecidas na Suméria há uns 5 mil anos, estava vinculada ao ensino do primeiro sistema de lectoescritura conhecido, e daí surge a primeira metáfora cultural do aprendizado, que ainda perdura entre nós (“aprender é escrever em uma tábula rasa”, as tabuinhas de cera virgem nas quais os sumérios escreviam). Desde então, cada revolução cultural nas tecnologias da informação e, como consequência disso, na organização e distribuição social do saber trouxe consigo uma revolução paralela na cultura da aprendizagem, a mais recente das quais ainda não terminou: as novas tecnologias da informação, unidas a outras mudanças sociais e culturais, estão abrindo espaço para uma nova cultura da aprendizagem, que transcende o marco da cultura impressa e deve condicionar os fins sociais da educação e, especialmente, as metas dos anos finais dos ensinos fundamental e médio.

De modo resumido, poderíamos caracterizar esta nova cultura de aprendizagem que se aproxima por três traços essenciais: estamos diante da sociedade da informação, do conhecimento múltiplo e do aprendizado contínuo (Pozo, 1996a). Na *sociedade da informação* a escola não é mais a primeira fonte – às vezes, sequer é a principal – de conhecimento para os alunos em muitos domínios. Atualmente, são muito poucos os “furos” informativos reservados à escola. Os alunos, como todos nós, são bombardeados por diversas fontes que chegam, inclusive, a produzir uma saturação informativa; nem sequer precisam procurar pela informação: é ela que, em formatos quase sempre mais ágeis e atraentes do que os utilizados na escola, procura por eles. Consequentemente, quando os alunos vão estudar a extinção dos dinossauros, os movimentos dos planetas ou a circulação do sangue no corpo humano, geralmente já possuem informação proveniente do cinema, da televisão ou de outros meios de comunicação, mas é uma informação superficial, fragmentada e, às vezes, deformada. Os alunos da educação científica precisam não tanto de mais informação (embora possam precisar também disso), mas sobretudo de capacidade para organizá-la e interpretá-la, para lhe dar sentido. E, de maneira muito especial, como futuros cidadãos, mais do que tudo, vão precisar de capacidade para buscar, selecionar e interpretar a informação. A escola não pode mais proporcionar toda a informação relevante, porque esta é muito mais móvel e flexível do que a própria escola; o que ela pode fazer é formar os alunos para que possam ter acesso a ela e dar-lhe sentido, proporcionando capacidades de aprendizagem que permitam uma assimilação crítica da informação.

Até certo ponto – como consequência dessa multiplicação informativa, mas

também de mudanças culturais mais profundas –, vivemos também em uma *sociedade de conhecimento múltiplo e descentralizado*. Acompanhando as reflexões de Ceruti (1991), a evolução do conhecimento científico segue um processo de descentralização progressiva dos nossos saberes. Ela começa com Copérnico, que nos faz perder o centro do Universo, continua com Darwin, que nos faz perder o centro do nosso planeta, ao nos transformar em uma espécie ou ramo que é, mais ou menos, produto do acaso na árvore genealógica da matéria orgânica, e se completa com Einstein e a física contemporânea, que nos faz perder nossas coordenadas espaço-temporais mais queridas, situando-nos no vértice do caos e da anti-matéria, nos buracos negros e todos esses mistérios que a cada dia nos diminuem mais. Praticamente não restam saberes ou pontos de vista absolutos que, como futuros cidadãos, os alunos devam assumir; o que devem, na verdade, é aprender a conviver com a diversidade de perspectivas, com a relatividade das teorias, com a existência de interpretações múltiplas de toda informação. E devem aprender a construir seu próprio julgamento ou ponto de vista a partir de tudo isso. Não é mais apenas a ciência, conforme já apontamos, que perdeu sua fé realista: a literatura e a arte do final do século XX também não adotam uma postura realista, segundo a qual o conhecimento ou a representação artística refletem a realidade, senão que reinterpretam ou recriam essa realidade. A ciência do século XX se caracteriza pela perda da certeza, inclusive aquelas que eram, antes, chamadas “ciências exatas”, que cada vez mais estão, também, permeadas de incertezas. Sendo assim, já não se trata de a educação proporcionar aos alunos conhecimentos como se fossem verdades acabadas, mas que os ajude a construir seu próprio ponto de vista, sua

verdade particular a partir de tantas verdades parciais.

Em contrapartida, boa parte dos conhecimentos que podem ser proporcionados hoje aos alunos não só são relativos, mas têm data de vencimento. Neste ritmo de mudanças tecnológicas e científicas em que vivemos, ninguém pode prever o que precisarão saber os cidadãos dentro de 10 ou 15 anos para poder enfrentar as demandas sociais. O que podemos garantir é que terão de continuar aprendendo depois do ensino médio, porque também vivemos na *sociedade do aprendizado contínuo*.

A educação obrigatória e pós-obrigatória cada vez se prolonga mais e, além disso, devido à mobilidade profissional e ao aparecimento de novos e imprevisíveis perfis laborais, cada vez é mais necessária uma formação profissional permanente. O sistema educacional não pode proporcionar formação específica para cada uma dessas necessidades. O que é possível fazer é formar os futuros cidadãos para que eles sejam aprendizes mais flexíveis, eficientes e autônomos, dotando-os de capacidades de aprendizagem e não só de conhecimentos ou saberes específicos, que geralmente são menos duradouros.

Assim, “aprender a aprender” constitui uma das demandas essenciais que o sistema educacional deve satisfazer, como apontam diversos estudos sobre as necessidades educacionais no próximo século.<sup>1</sup> O currículo de ciências é uma das vias por meio das quais os alunos devem aprender a aprender, adquirir estratégias

e capacidades que permitam transformar, reelaborar e, em resumo, reconstruir os conhecimentos que recebem (Pérez Cabaní, 1997; Pozo e Monereo, 1999; Pozo, Postigo e Gómez Crespo, 1995). Longe de nós pretendermos uma volta aos “velhos conteúdos” – que, como assinalamos antes, na verdade nunca abandonamos – pode resolver a crise da educação científica; é necessário renovar não apenas esses conteúdos, mas também as metas para as quais eles estão dirigidos, concebendo-os não tanto como um fim em si – saberes absolutos ou positivos, ao velho estilo –, mas como meios necessários para que os alunos atinjam certas capacidades e formas de pensamento que não seriam possíveis sem o ensino da ciência.

#### AS NOVAS METAS DA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA: DA SELEÇÃO À FORMAÇÃO

Diante da ideia, que possivelmente é compartilhada por muitos professores, de que a educação científica deve ter metas fixas, imutáveis, que consistam na transmissão do saber científico estabelecido e, portanto, alheias às vicissitudes sociais, qualquer análise da evolução dos currículos de ciências mostra que eles evoluem – em seus fins e, conseqüentemente, em seus conteúdos e em seus métodos – junto com a sociedade da qual fazem parte e à qual estão dirigidos (para uma análise dessa evolução histórica das metas da educação científica, ver Bybee e DeBoer, 1994). De fato, as mudanças que acabamos de comentar na produção, na distribuição e na aquisição social do conhecimento, unidas a outras mudanças não menos importantes nos mercados de trabalho, estão levando a uma prolongação e extensão da educação obrigatória, que deve ter conseqüências importantes

<sup>1</sup> Ver, por exemplo, o Livro Branco da Comissão Europeia *Ensinar e aprender. Em direção à sociedade do conhecimento* (Ed. Santillana, 1997) no qual, longe de reclamar um olhar para o passado, aposta-se em uma profunda renovação e flexibilização dos sistemas educacionais para enfrentar as demandas formativas do próximo século.

no que se refere aos seus fins ou metas educacionais (Pozo, no prelo). A extensão da educação obrigatória\* até os 16 anos, junto com o caráter abrangente, ou não diferenciador, desta etapa inicial da educação secundária, traz consigo a necessidade de atender alunos com capacidades e condições iniciais diferentes, assim como estabelecer metas educacionais dirigidas tanto a promover os alunos para níveis educacionais superiores quanto para proporcionar-lhes uma bagagem cultural e científica de caráter geral, que deverá ser aprofundada e se tornar mais especializada para aqueles alunos que chegarem ao ensino pós-obrigatório.

Portanto, as metas da educação secundária obrigatória e pós-obrigatória devem ser, até certo ponto, diferentes. Nesse sentido, trata-se de uma etapa de transição entre duas *culturas educacionais* bem diferenciadas, dirigidas a metas diversas, uma vez que cumprem funções sociais diferentes. Das duas funções que todo sistema educacional ou de instrução costuma cumprir, a educação primária está, necessariamente, mais dirigida à *formação* do que à *seleção* dos alunos. Os conteúdos nessa etapa eram fixados, e ainda são, pensando mais nas necessidades formativas de todos os cidadãos do que no estabelecimento de níveis mínimos exigidos para

o acesso a etapas educacionais superiores. Pelo contrário, na educação superior a *seleção* dos alunos de acordo com esses níveis estabelecidos frequentemente prima sobre os critérios formativos. Embora ambas as funções, formação e seleção, não precisem estar necessariamente reunidas, há, sem dúvida, uma primazia de uma ou de outra nas diferentes etapas educacionais, e não é ousado dizer que no ensino médio tradicionalmente o critério seletivo tem tido prioridade sobre o formativo.

Na Espanha houve uma longa tradição educacional durante a qual a educação secundária foi basicamente um período de preparação ou seleção para ingressar na universidade (para superar o exame de "seleção"), mais do que uma etapa com metas formativas que se justificassem por si mesmas. De fato, entre os professores de ciências está muito estendida essa crença seletiva, segundo a qual não só é normal, mas quase necessário, que boa parte dos alunos fracasse em ciências. Por exemplo, em uma pesquisa sobre a forma como os professores de ciências concebem a avaliação, Alonso, Gil e Martínez Torregrosa (1995) descobriram que quase 90% dos professores de física e química estão convencidos de que na sua disciplina uma avaliação adequada é aquela que "reprova" metade dos alunos. Se a maioria dos alunos é aprovada, tendem a pensar que essa avaliação foi mal projetada. Essa tradição seletiva é, contudo, dificilmente compatível com as próprias metas de um ensino secundário obrigatório e, em um sentido mais geral, com as novas necessidades formativas que devem ser exigidas ao sistema educacional em nossa sociedade. Na medida em que um sistema educacional se estende, chega a mais camadas da população e se prolonga mais no tempo, sua função seletiva decresce ou, pelo menos, fica postergada (com respeito às mudanças ocorridas devido à generalização da educação secundária em nossas sa-

\* N. de R.T. Na Espanha, a escolaridade obrigatória compreende a *educación primaria* (de 6 a 11 anos) e a *educación secundaria obligatoria* (de 12 a 16 anos). Depois do ensino secundário obrigatório, o sistema educativo disponibiliza estudos ainda em nível secundário pós-obrigatório. O estudante pode optar em cursar os ciclos de formação profissional de grau médio ou o bachillerato. O bachillerato (dos 17 aos 18 anos) pretende preparar tanto para a universidade, quanto para a formação profissional de grau superior (não universitária).

No Brasil, a obrigatoriedade do ensino se restringe ao ensino fundamental: anos iniciais (dos 6 aos 10 anos) e anos finais (dos 11 aos 14 anos). O Ensino médio (dos 15 aos 17 anos), apesar de ser considerado uma etapa da educação básica, não é obrigatório.

las de aula, ver Gimeno Sacristán, 1996). Hoje em dia, sequer ingressar na universidade e obter um título superior é realmente seletivo, se considerarmos a massificação que encontramos em nossas salas de aula e o nível de desemprego entre os universitários. Frente à função eminentemente seletiva do ensino médio tradicional, é preciso buscar novas metas educacionais para o ensino médio, dirigidas mais a desenvolver capacidades nos alunos que permitam enfrentar as mudanças culturais que estão ocorrendo não só na vida social, mas, sobretudo, nos perfis profissionais e laborais e na própria organização e distribuição social do conhecimento que descrevamos anteriormente.

Por isso, uma *volta ao básico*, às formas e aos conteúdos do tradicional currículo *seletivo* para o ensino das ciências, longe de melhorar a educação científica, provavelmente não faria mais do que piorar as coisas, ao acrescentar uma defasagem entre o que se pretende – as metas educacionais –, o que se ensina – os conteúdos – e o que se aprende – o que aprendem os alunos (Duchsl e Hamilton, 1992). Não basta pretendemos ensinar muitas coisas, todas muito relevantes, nem sequer ensiná-las realmente. A eficácia da educação científica deverá ser medida pelo que conseguimos que os alunos realmente aprendam. E para isso é necessário que as metas, os conteúdos e os métodos de ensino da ciência levem em consideração não apenas o saber disciplinar que deve ser ensinado, mas também as características dos alunos a quem esse ensino vai dirigido e as demandas sociais e educacionais que esse ensino deve satisfazer. Se esses três aspectos são analisados de modo conjunto, como tentamos fazer brevemente na seção anterior, ao definir essa nova cultura da aprendizagem (uma análise mais extensa dessas novas demandas de aprendizagem pode ser encontrada em Pozo, 1996a), é preciso convir que a edu-

cação científica, para se justificar em nossa sociedade, deve ter metas que estejam além da seleção dos alunos, ou considerar o ensino da ciência como um fim em si; e isso condicionará seriamente os conteúdos e os métodos desse ensino.

Quais devem ser os fins da educação científica, especialmente nesse período crítico do ensino médio? Jiménez Aleixandre e Sanmartí (1997) estabelecem cinco metas ou finalidades que parecem claramente possíveis de assumir:

- a) A aprendizagem de conceitos e a construção de modelos.
- b) O desenvolvimento de habilidades cognitivas e de raciocínio científico.
- c) O desenvolvimento de habilidades experimentais e de resolução de problemas.
- d) O desenvolvimento de atitudes e valores.
- e) A construção de uma imagem da ciência.

Ao traduzir essas metas em conteúdos concretos do ensino da ciência, *por meio* dos quais seriam desenvolvidas nos alunos as *capacidades* correspondentes a essas finalidades, encontraríamos três tipos de conteúdos, que correspondem aos três tipos de dificuldades de aprendizagem identificados em páginas anteriores (ver Quadro 1.4).

A finalidade de conseguir “a aprendizagem de conceitos e a construção de modelos” vai requerer a superação das dificuldades de compreensão e envolve trabalhar os conteúdos conceituais,<sup>7</sup> dos mais específicos e simples (os fatos ou dados) aos conceitos disciplinares específicos até alcançar os princípios estruturais das ciências (sobre cujo aprendizado tratará o Capítulo 4). “O desenvolvimento de habilidades cognitivas e de raciocínio científico” e de “habi-

<sup>7</sup> N. de R.T. No original em espanhol, encontra-se “contenidos verbales”. No Brasil, os Parâmetros Curriculares Nacionais denominam esse tipo de conteúdo como “conceitual”. Portanto, optamos pela tradução do termo conforme adotado no Brasil.

**QUADRO 1.4**

Tipos de conteúdos no currículo. Os mais específicos devem ser instrumentais para acessar os conteúdos mais gerais, que devem constituir a verdadeira meta do currículo de ciências.

Tipos de conteúdos	Mais específicos	↔	Mais gerais
Conceituais	Fatos/dados	Conceitos	Princípios
Procedimentais	Técnicas		Estratégias
Atitudinais	Atitudes	Normas	Valores

lidades experimentais e de resolução de problemas” vai requerer que os *conteúdos procedimentais* ocupem um lugar relevante no ensino das ciências, e teriam como objetivo não só transmitir aos alunos os saberes científicos, mas também torná-los partícipes, na medida do possível, dos próprios processos de construção e apropriação do conhecimento científico, o que envolve, também, superar limitações específicas no aprendizado tanto de técnicas ou destrezas como, principalmente, de estratégias de pensamento e aprendizagem, como veremos no Capítulo 3. Por sua vez, “o desenvolvimento de atitudes e valores” vai exigir que os *conteúdos atitudinais* sejam reconhecidos explicitamente como uma parte constitutiva do ensino das ciências, que deve promover não apenas atitudes ou condutas específicas, mas também normas que regulem essas condutas e, sobretudo, valores mais gerais que, como veremos no próximo capítulo, permitam sustentar e interiorizar nos alunos essas formas de comportamento e de aproximação ao conhecimento.

Por último, a finalidade de promover “uma imagem da ciência”, como assinalam Jiménez Aleixandre e Sanmartí (1997), é, de certa maneira, transversal a todas as anteriores e deve ser desenvolvida por meio de todos os conteúdos mencionados – conceituais, procedimentais e atitudinais –, ajudando os alunos não só a identificar as características do conhe-

cimento científico, mas, principalmente, a diferenciar e valorar esse saber em comparação com outros tipos de discurso e de conhecimento social. Como mostravam as informações recolhidas por Giordan e De Vecchi (1987), a que fizemos referência anteriormente, um dos dados mais reveladores do escasso sucesso da educação científica é que os alunos praticamente não diferenciam o discurso científico de outras formas de conhecimento com caráter paracientífico ou metacientífico. Talvez não seja estranho que em uma sociedade governada, teoricamente, pela racionalização as pessoas acreditem em extraterrestres, horóscopos e curandeiros, mas pelo menos do ponto de vista da educação científica seria relevante que os alunos compreendessem que essas crenças são de uma natureza diferente daquela do discurso científico, que constituem uma forma diferente de conhecer o mundo, e que saibam valorizar as vantagens, mas também os inconvenientes, da ciência como forma de aproximar-se ao conhecimento do mundo. Por isso, construir uma imagem da ciência requer não apenas conhecer os fatos, conceitos e princípios que caracterizam a ciência, ou a forma como o discurso científico analisa, estuda e interroga a realidade, mas também adotar uma determinada *atitude* nessa aproximação e adotar certos *valores* em sua análise, o que traz dificuldades específicas de aprendizagem, das quais nos ocuparemos a seguir.