

ACADEMIA INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO

DEPARTAMENTO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO

## O Ensino das Ciências

*Por John R. Staver*

Tradução de: Doutora Maria Helena Santos Silva  
Doutor José Pinto Lopes

UNESCO

Série Práticas Educativas – 17

## A ACADEMIA INTERNACIONAL DA EDUCAÇÃO - IAE

A I.A.E. (*International Academy of Education*) é uma associação científica sem fins lucrativos que promove a investigação educacional, sua disseminação e implementação. Fundada em 1986, a Academia dedica-se ao reforço das contribuições da investigação, à resolução de problemas críticos educacionais mundiais e a fornecer uma melhor comunicação entre políticos, investigadores e práticos.

A sede da Academia situa-se na Academia Real da Ciência, Literatura e Arte em Bruxelas, Bélgica, e o seu centro coordenador na Universidade de Tecnologia Curtin em Perth, Austrália.

O objectivo principal da Academia é procurar a excelência em todas as áreas da educação. Tendo em vista esta finalidade, a Academia oferece sínteses actualizadas de testemunhos baseados na investigação e de importância internacional. A Academia fornece, também, análises críticas de pesquisa, sua base científica e sua aplicação à política.

Os membros actuais da direcção da Academia são:

- Monique Bockaerts, University of Leiden, Holanda (Presidente)
- Erik De Corte, University of Leuven, Bélgica (Ex-Presidente)
- Barry Fraser, Curtin University of Technology, Austrália ( *Director Executivo*)
- Jere Brophy, Michigan State University, USA
- Erik Hanushek, Hoover Institute, Stanford, USA
- Maria de Ibarrola, National Polytechnical Institute, México
- Dennis Phillips, Stanford University, USA

Para mais informações consultar o sítio IAE em:

<http://www.curtin.edu.au/curtin/dept/smec/iae>

1

---

<sup>1</sup> Tradução por:

- Maria Helena Santos Silva, professora de metodologia do ensino das ciências na Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.  
- José Pinto Lopes, professor de psicologia da educação na Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

## Prefácio

Este guia é sobre o ensino das ciências. Foi preparado para ser incluído na série práticas educativas desenvolvidas pela Academia Internacional de Educação e distribuído pelo Departamento Internacional de Educação e pela Academia. Como parte da sua missão, a Academia fornece sínteses oportunas de temas da investigação sobre educação de importância internacional. Este guia é o décimo sétimo na série das práticas educativas que geralmente melhoram a aprendizagem.

John Staver é professor de Educação (ciências) e Química, e Co-Director do Center for Research and Engagement in Science and Mathematics Education na Universidade de Purdue (USA). Ensinou química a alunos da escola secundária durante sete anos. No ensino superior, tem leccionado metodologia da ciência, introdução à Química, seminários sobre a teoria construtivista e métodos de investigação. Staver tem desenvolvido uma vasta investigação usando a teoria de Piaget para analisar a influência do raciocínio na aprendizagem da ciência. A sua investigação incide sobre a teoria construtivista e as suas implicações na melhoria do ensino e da aprendizagem das ciências. Também se dedica à análise das relações entre a ciência e a religião no âmbito da perspectiva construtivista, com um enfoque na natureza de cada disciplina e os conflitos percebidos entre ambas.

John Staver agradece a Luciana de Oliveira, Nicole Hands e Cecilia Hernandez pelos seus comentários e sugestões sobre um esboço deste guia. Luciana de Oliveira, de origem brasileira, é professora assistente de literacia e línguas na Universidade de Purdue. A sua investigação focaliza-se sobre o desenvolvimento da literacia escolar de alunos ingleses nas áreas do conteúdo, na escrita da segunda língua, diversidade e igualdade na formação de professores e falantes de nacionalidade não inglesa como professores de Inglês.

Nicole Hands ensina Inglês a alunos da escola secundária e trabalha actualmente no Science Outreach Program, na Universidade de Purdue. Cecilia Hernandez ensinou ciência aos oitavos anos na zona rural ocidental do Texas; é aluna de doutoramento em ensino das ciências na Universidade do Kansas.

Os funcionários da I.A.E. têm consciência que este guia é baseado em investigações levadas a cabo primeiramente em países economicamente desenvolvidos. No entanto, o guia foca aspectos da aprendizagem que parecem ser universais em muitos sistemas formais de ensino. As práticas aqui apresentadas podem muito bem ser aplicadas pelo mundo fora. No entanto, os princípios deverão ser avaliados, tendo como referência as condições locais e

adaptados de acordo com estas. Em qualquer cenário educacional ou contexto cultural, sugestões ou directrizes para a prática requerem uma aplicação sensível e sensata, bem como uma avaliação contínua.

HERBERT J. WALBERG  
Editor, I.A.E – Série Práticas Educativas  
Hoover Institution, Stanford University

### Títulos anteriores na “Série Práticas Educativas”

1. Ensinar por *Jere Brophy*. 36 p.
2. Os pais e a aprendizagem por *Sam Redding*. 36 p.
3. Práticas educativas eficazes por *Herbert J. Walberg e Susan J. Paik*. 24 p.
4. Melhorar o rendimento escolar dos alunos em matemática por *Douglas A. Grouws e Kristin J. Cebulla*. 48 p.
5. Tutoria, ensino entre pares ou aprendizagem entre pares por *Keith Topping*. 36 p.
6. O ensino de línguas estrangeiras por *Elliot L. Judd, Lihua Tan e Herbert J. Walberg*. 24 p.
7. Como aprendem as crianças por *Stella Vosniadou*. 32 p.
8. Prevenir problemas de comportamento: o que funciona por *Sharon L. Foster, Patricia Brennan, Anthony Biglan, Linna Wang e Suad al-Ghaith*. 30 p.
9. Prevenção do HIV/SIDA nas escolas por *Inon I. Schenker e Jenny M. Nyirenda*. 32 p.
10. Motivação para aprender por *Monique Boekaerts*. 28 p.
11. Aprendizagem académica e socioemocional por *Maurice J. Elías*. 31 p.
12. O ensino da leitura por *Elizabeth S. Pang, Angaluki Muaka, Elizabeth B. Bernhardt e Michael L. Kamil*. 23 p.
13. A promoção da linguagem da criança em idade pré-escolar por *John Lybolt e Catherine Gottfred*. 27 p.
14. Ensinar a falar, a escutar e a escrever por *Trudy Wallace, Winifred E. Stariha e Herbert J. Walberg*. 19 p.
15. A utilização das novas tecnologias por *Clara Chung-wai Shih e David E. Weekly*.
16. Como criar um ambiente escolar seguro e acolhedor por *John E. Mayer*. 27 p.

Estes títulos podem ser copiados dos sítios da IEA

<http://www.curtin.edu.au/curtin/dept/smec/iae>) ou do IBE

(<http://www.ibe.unesco.org/publications.htm>) ou pedidos à: IBE, Publications Unit, P.O. Box 199,1211 Geneva 20, Suíça. Refira-se que alguns destes títulos estão esgotados, mas podem ser copiados a partir dos sítios da IEA e do IBE.

## Índice

|  |    |
|--|----|
| Introdução.....  | 7  |
| 1. O ensino como um meio deliberado para alcançar um fim ..... | 9  |
| 2. Ideias científicas nucleares .....                          | 11 |
| 3. Compreensão científica profunda .....                       | 13 |
| 4. Complexidade da aprendizagem .....                          | 15 |
| 5. Construção activa do conhecimento científico .....          | 17 |
| 6. Conteúdo da ciência e interesses dos alunos .....           | 19 |
| 7. Expectativas de aprendizagem.....                           | 21 |
| 8. Ansiedades e conflitos dos alunos .....                     | 23 |
| 9. Conclusão .....   | 25 |
| Referências bibliográficas.....                                | 26 |

Esta publicação foi produzida em 2007 pela I.A.E, Palais des Académies, 1, Rue Ducale, 1000 Brussels, Belgium e pela I.B.E., P.O. Box 199, 1211 Geneva 20, Suíça.

Está disponível livre de encargos e pode ser livremente reproduzida e traduzida noutras línguas. Envie por favor uma cópia de qualquer publicação que reproduza este texto completo ou em parte para a I.A.E. e para a I.B.E. Esta publicação está também disponível na Internet (ver a secção "Publications", página "Educational Practices Series" em:

<http://www.ibe.unesco.org>).

O seu autor é responsável pela escolha e apresentação dos factos contidos nesta publicação e pelas opiniões aí expressas, que não são necessariamente as da Unesco /I.B.E. e não comprometem a organização.

As designações utilizadas e a apresentação do material nesta publicação não implica de forma alguma a expressão de qualquer opinião por parte da Unesco/I.B.E., no que diz respeito ao estatuto legal de qualquer país, território, cidade ou lugar e suas autoridades, nem tão pouco no que concerne à delimitação das suas fronteiras e limites.

Impresso em 2007 por Imprimerie Nouvelle Gonnet, 01300 Belley, França.

## ***Introdução***

O que é a ciência? A ciência é uma forma de conhecimento, um método de aprendizagem sobre a natureza. Enraizado no senso comum, o seu método formal e sistemático é designado por inquérito científico. Ao realizar inquérito científico, os cientistas usam uma variedade de perspectivas, técnicas e procedimentos empíricos para recolher dados da natureza, examinam e analisam esses dados e, assim, constroem conhecimento. Este conhecimento diz respeito aos organismos vivos, à matéria não viva, à energia e aos acontecimentos da natureza. Para analisar os dados, os cientistas, frequentemente, usam o raciocínio matemático e aplicam sempre argumentos lógicos que obedecem a padrões empíricos estritos e a um ceticismo saudável. O produto do inquérito científico é o corpo do conhecimento científico. O conhecimento científico assenta em quatro aspectos: hipóteses, factos, leis e teorias. As hipóteses são tentativas de explicação sobre as relações entre variáveis da natureza. Há muito tempo a rotação da Terra sobre o seu eixo e a sua órbita em volta do sol eram hipóteses. Ao longo do tempo e através do inquérito científico, as hipóteses podem transformar-se em factos. Os factos são observações científicas que foram testadas e confirmadas repetidamente. O movimento de um pêndulo de Foucault durante um período de 24 horas documenta a rotação da terra sobre o seu eixo. As observações das sombras de objectos fixos durante várias semanas e a variação da duração do dia e da noite durante os meses do ano ajudam a ilustrar o movimento de translação da Terra à volta do Sol. A rotação e a órbita da Terra são, agora, factos científicos. As hipóteses podem também transformar-se em leis. As leis descrevem o comportamento de aspectos específicos da natureza sob circunstâncias específicas. A lei de Boyle indica que o volume (uma propriedade) de um gás ideal varia inversamente (comportamento) com a pressão (segunda propriedade) quando a temperatura (terceira propriedade) do gás é constante (condição específica). As teorias são explicações sobre vastos aspectos da natureza que abrangem um grande número de hipóteses, factos, leis e acontecimentos. Estas explicações estão bem testadas e avaliadas pela sua capacidade para prever novo conhecimento científico e produzir benefícios práticos. A teoria da evolução explica a grande diversidade dos organismos vivos bem como a sua unidade subjacente (a célula). Cientistas da área da saúde, agricultura e indústria usam a evolução para desenvolver novos medicamentos, produzir organismos híbridos e novas moléculas que realçam o desempenho dos sistemas, beneficiando os indivíduos e as sociedades. A educação em ciência visa três grandes finalidades. A primeira, é preparar os alunos para estudar ciência nos níveis de ensino mais elevados. A segunda, é habilitá-los para

entrar no mercado de trabalho, para desempenhar profissões e para se dedicarem à investigação científica. A terceira, é prepará-los para serem cidadãos com maior literacia científica. A prioridade relativa e o alinhamento destas três finalidades variam grandemente em diferentes países e culturas. No entanto, uma educação sólida em ciência enfatiza que esta é um modo de conhecer e um corpo de conhecimento. Realça também a integração do inquérito científico com o conhecimento científico. Muito se sabe sobre como ensinar de forma eficaz as ciências a alunos de todas as idades. Este conhecimento vem da investigação e do ensino em países desenvolvidos e em vias de desenvolvimento. Os princípios referidos neste guia baseiam-se num extenso e crescente corpo de investigação.

**John R. Staver**

**Referências bibliográficas:** Abell & Lederman, 2007; Bransford, Brown, & Cocking, 1999; Gauch, 2003; National Academy of Sciences, 1998; National Academy of Sciences & Institute of Medicine, 2007; National Research Council, 1996, 2000, 2007; Project 2061, 1990.



## *1. O ensino como um meio deliberado para alcançar um fim*

Pensar o ensino da ciência como um meio deliberado para um fim importante: a aprendizagem dos alunos.

### **Resultados da investigação**

Todos os professores têm crenças e atitudes em relação ao ensino, à aprendizagem e aos alunos. Alguns professores acreditam que a sua responsabilidade é ensinar a matéria e a responsabilidade dos alunos é aprender o que é ensinado. Se os alunos não se esforçam ou não aprendem, a responsabilidade é unicamente deles. Tal ponto de vista funciona contra o princípio acima referido. O ensino eficaz da ciência é um meio deliberado para um fim importante, não o fim em si próprio. Os professores que abraçam o princípio #1, acima enunciado, aceitam em certa medida a responsabilidade pelo fracasso da aprendizagem dos seus alunos. O grau de responsabilidade que aceitam depende do nível de esforço dos alunos para aprender. Se os alunos e o professor trabalharem duramente, este deve aceitar uma parcela grande de responsabilidade quando os alunos encontram dificuldades ou não aprendem. O professor deve também ser capaz de modificar o ensino para ajudar os seus alunos a superar as dificuldades. As aplicações práticas abaixo indicadas descrevem as opiniões e atitudes de professores eficazes de ciências. Os princípios 2-8 e as suas aplicações práticas especificam acções de professores eficazes de ciências que vêem a aprendizagem dos alunos como um objectivo final e o ensino como um meio eficaz para ajudar todos os alunos a aprender.

### **Aplicações práticas**

Os professores eficazes de ciências acreditam e agem de acordo com estes princípios:

- Respeitam e aceitam as percepções individuais dos alunos.
- Reflectem sobre os conhecimentos prévios e os interesses dos alunos e consideram-nos quando seleccionam e utilizam estratégias e técnicas específicas de ensino.
- Acreditam que todos os alunos podem e devem aprender.
- Criam um ambiente de aprendizagem diversificado e descontraído.
- Empenham-se na aprendizagem e no desenvolvimento intelectual de todos os alunos.
- Vêem-se como pessoas capazes, confiáveis e geralmente positivas.

- Acreditam que cada um pode ensinar de forma eficaz e que isso conduzirá a resultados positivos de aprendizagem.

*Leituras sugeridas:* Combs, 1999; Cruickshank, Jenkins, & Metcalf, 2006; Wang, Haertel, & Walberg, 1993.

## *2. Ideias científicas nucleares*

|   |
|---|
| Concentrar-se no ensino das ideias científicas nucleares que têm maior importância. |
|---|

### **Resultados da investigação**

Os professores, desde longa data, têm ensinado ciências utilizando aulas expositivas e propondo aos alunos exercícios sobre os conteúdos ensinados. Se as actividades de laboratório são incluídas, focalizam-se unicamente no desenvolvimento de competências das técnicas de laboratório e não na construção de novas ideias científicas através do inquérito científico. Tal ensino contradiz o princípio #2, acima enunciado, e falha na preparação dos alunos para o prosseguimento de estudos, para carreiras e para um futuro como cidadãos cientificamente letrados. Os alunos de hoje vivem num mundo repleto de produtos do inquérito científico e do desenvolvimento tecnológico. Quando terminarem a sua educação formal, entrarão num mundo com produtos que não existem actualmente, produtos que serão o resultado do desenvolvimento da investigação científica e tecnológica. Os alunos de hoje devem aprender como se faz o inquérito científico e a usar a informação científica para tomar decisões que afectarão as suas vidas pessoais, as suas carreiras e as sociedades. Para preparar os alunos para viver e trabalhar no mundo de amanhã, os professores de ciências devem possibilitar-lhes a vivência do inquérito científico, diminuindo a ênfase do ensino das ciências como uma sequência de aulas expositivas sobre o conhecimento científico. Além disso, devem reduzir substancialmente o ensino do conhecimento científico não nuclear. Enquanto o fazem, devem manter o conhecimento nuclear das diferentes disciplinas científicas e aumentar a ênfase no inquérito científico, como uma parte fundamental do conteúdo da ciência e como um método de ensino.

### **Aplicações práticas**

Os professores eficazes de ciências trabalham juntos e orientam as suas práticas com os padrões apropriados da ciência (se estão disponíveis). Para fazê-lo, utilizam os seguintes procedimentos:

- Identificam as ideias centrais da sua disciplina ao longo de todos os níveis de escolaridade.
- Decidem que ideias científicas nucleares serão ensinadas nos diferentes níveis de escolaridade.

- Planificam a forma como as ideias científicas nucleares que são introduzidas nos níveis básicos de escolaridade serão desenvolvidas nos níveis mais avançados.
- Seleccionam o currículo das ciências para os níveis básicos, médios e superiores que focalizam no conhecimento científico nuclear e incluem o inquérito científico como parte integrante do conhecimento científico.
- Seleccionam o currículo das ciências para os níveis básicos, médios e superiores que enfatiza o inquérito científico como método de ensino.
- Mantêm um alto nível de consistência entre as metas e objectivos, ensino e avaliação de cada aula, unidade de ensino, curso e programa.

*Leituras sugeridas:* National Research Council, 1999; Project 2061, 1993, 2000, 2001, 2007.

### *3. Compreensão científica profunda*

Promover uma compreensão científica profunda através do ensino que traduza a natureza e as características do inquérito em ciência, os valores da ciência e o corpo do conhecimento científico.

#### **Resultados da investigação**

A compreensão profunda da ciência vai para além da memorização de factos e conceitos isolados. A compreensão científica profunda requer um sistema coerente de factos, conceitos, inquérito científico e desenvolvidas competências de resolução de problemas. Enfatizar o inquérito científico e a resolução de problemas promove uma compreensão profunda da ciência. Definido de uma forma ampla, existe um problema quando os conhecimentos de um aluno não lhe permitem resolver de forma satisfatória a situação. Então, a resolução de problemas surge quando os alunos têm uma pequena ideia ou não têm nenhuma ideia do que fazer. Pelo contrário, um exercício é uma tarefa sobre a qual os alunos têm uma ideia imediata e boa de como o completar, talvez porque o professor forneceu indicações de como o resolver. Actualmente, a ciência que se ensina nas escolas contém demasiados exercícios e poucos problemas. Os cientistas formulam e resolvem problemas através do inquérito científico. A investigação sobre a resolução de problemas identifica a primeira etapa como a mais importante. Os alunos devem ser capazes de descrever ou representar o obstáculo que deve ser ultrapassado de uma maneira viável e concreta. Isto envolve a tradução do problema como apresentado para uma forma que seja significativa para quem tem de resolvê-lo. Esta etapa inicial é essencialmente conceptual, reflexiva e qualitativa, mesmo quando o problema e o processo de resolução dependem largamente da matemática. Por exemplo, quem resolve um problema pode representá-lo por um desenho ou diagrama, ou decompor um problema complexo em pequenas partes.

Os solucionadores eficazes de problemas constroem representações do obstáculo à resolução do problema de uma forma mais correcta e precisa do que os solucionadores ineficazes. Os solucionadores eficazes de problemas revelam uma base de conhecimento mais organizada e mais relevante do que os solucionadores ineficazes. Os solucionadores eficazes de problemas gastam mais tempo na representação do obstáculo e no planeamento de soluções para o problema do que os solucionadores ineficazes. Os solucionadores eficazes e ineficazes

de problemas cometem os mesmos erros, mas os solucionadores eficazes têm melhores estratégias de verificação para identificar e corrigir erros. Os alunos podem transformar-se em solucionadores mais eficazes de problemas através do ensino das ciências que valoriza a resolução científica de problemas e diminui a ênfase da resolução de exercícios.

### **Aplicações práticas**

Os professores eficazes de ciências usam estas técnicas para promover a compreensão científica profunda:

- Para determinar se as tarefas são problemas ou exercícios para os alunos, perguntam a todos se têm uma ideia brilhante ou não têm ideia nenhuma de como realizar as tarefas específicas.
- Organizam grupos de aprendizagem cooperativa que reflectem a diversidade intelectual, de género e cultural; põem os membros do grupo a partilhar e a discutir as suas representações do obstáculo à resolução do problema e as estratégias de resolução propostas.
- Usam estratégias de ensino guiadas pelo inquérito (por ex., Ciclo de aprendizagem) que levam os alunos a continuar a desenvolver e a modificar o seu conhecimento.
- Planeiam o ensino de resolução de problemas ligeiramente para além do que os alunos podem fazer sozinhos, mas dentro dos limites do que podem fazer com apoio dos outros.
- Usam conceitos e processos da ciência como contextos para que os alunos escrevam ensaios persuasivos, se envolvam em discussões orais, relacionem os dados com as teorias científicas e resolvam os problemas que requerem raciocínio matemático.
- Planeiam discussões e negociações entre os alunos como experiências contínuas de aprendizagem.
- Dão oportunidades aos alunos para assumir a sua própria aprendizagem.

**Leituras sugeridas:** Abell & Lederman, 2007; Bransford, Marrom, & Armar, 1999; Bybee, 1997; Driscoll, 2005; Hayes, 1981; National Research Council, 2005; Vygotsky, 1978.

#### ***4. Complexidade da aprendizagem***

Quando se planeiam e se dão aulas de ciências, deve ter-se em conta a interacção complexa entre a maturação biológica dos alunos, os seus conhecimentos e experiências anteriores e as capacidades de raciocínio, de modo que as lições desafiem, mas não desvalorizem as capacidades cognitivas dos alunos.

##### **Resultados da investigação**

A aprendizagem assenta numa síntese complexa da maturação biológica, conhecimentos e experiências anteriores, capacidade de raciocínio e do ensino. As capacidades de aprendizagem dos alunos em qualquer idade dependem sobretudo dos seus conhecimentos e experiências anteriores, que podem ajudar ou dificultar-lhes aprender algo de novo ou não ter nenhum efeito. Este leque vasto de conhecimentos e experiências resulta do estatuto socioeconómico, género, etnia, cultura, língua materna dos alunos entre outros factores. Diferentes alunos requerem tipos diferentes de apoio e orientação de ensino explícito para compreender e fazer inquérito científico e entender o corpo de conhecimento científico. Por exemplo, o inquérito científico ocorre num ambiente social, onde os cientistas recolhem, analisam, discutem e avaliam evidências para testar hipóteses e desenvolver em conjunto de explicações científicas. Isto é metodologia científica. As experiências diárias vividas pelas crianças permitem-lhes elaborar argumentos que são muito diferentes; as crianças usam argumentos baseados na autoridade, estatuto social e no tamanho físico. Os professores de ciências devem discernir as raízes dos esforços dos alunos para aprender e simultaneamente proporcionar um ensino desafiador mas que não minimize as explicações dos alunos. Fazer perguntas durante a aula é uma estratégia eficaz para avaliar as dificuldades dos alunos.

##### **Aplicações práticas**

Os professores eficazes de ciências usam estas técnicas em resposta à complexidade da aprendizagem:

- Dão um pré-teste antes de começar a unidade de ensino.
- Usam os resultados para diagnosticar o que os alunos sabem e não sabem e para planear lições apropriadas.

- Usam materiais concretos e manipulativos e conhecimentos familiares para ajudar os alunos a experimentar fenómenos científicos e incentivar a construção activa de conceitos abstractos.
- Fazem um leque variado de perguntas de nível elevado, baixo, abertas e fechadas para activar o pensamento dos alunos.
- Esperam pelo menos três segundos após ter feito uma pergunta antes de a reformular.
- Esperam pelo menos três segundos a seguir à resposta do aluno à questão antes de continuar.
- Não incluem conceitos abstractos da ciência com crianças mais novas se esses conceitos não podem ser introduzidos com materiais concretos e experiências familiares.
- Planeiam um nível de ensino ligeiramente para além das capacidades individuais dos alunos mas dentro das capacidades dos grupos de alunos.

*Leituras sugeridas:* Driscoll, 2005; National Research Council, 2001, 2005; Rowe, 1974a, 1974b; Tobin, 1987; Vygotsky, 1978.



## 5. *Construção activa do conhecimento científico*

Ensine estratégias e técnicas que ajudem os alunos a serem pensadores activos.

### Resultados da investigação

A moderna teoria da aprendizagem descreve-a como um processo activo e interno de construção de novos conhecimentos. Em alguns casos, a nova ideia construída ajusta-se facilmente à estrutura de compreensão existente. Noutros casos, a construção da nova compreensão provoca uma revisão substancial do conhecimento existente, gerando uma nova estrutura mais coerente. Ainda noutros casos, as novas e as velhas ideias entram em conflito, mas são retidas e usadas separadamente. Aprender é também um processo social e cultural. As interações individuais dos alunos com os seus pares são importantes para o processo activo de construção do conhecimento de cada aluno e do grupo. A construção profunda do conhecimento científico resulta da prática activa da ciência em ambientes de aprendizagem estruturados. Os ambientes de aprendizagem devem suportar a construção activa do conhecimento pelos alunos. Os professores devem empregar estratégias de ensino que ajudem os alunos a reconhecer os conflitos e inconsistências no seu pensamento, porque estas experiências provocam a construção de novo conhecimento, mais coerente.

### Aplicações práticas

Os professores eficazes de ciências usam estas abordagens para assegurar que os alunos sejam construtores activos da sua aprendizagem:

- Apresentam a ciência como um processo de construção e testagem de modelos empíricos com o objectivo de explicar e prever os fenómenos.
- Dedicam tempo a diagnosticar as concepções alternativas dos alunos.
- Empregam um repertório de métodos de ensino que vão desde o inquérito aberto e guiado até ao ensino directo, explícito ou activo.<sup>2</sup>
- Usam estratégias de ensino e formas de avaliação que sejam consistentes com os objectivos da lição.

---

<sup>2</sup> Nota dos tradutores: Consultar o guia: **Práticas Educativas Eficazes** de Herbert Walberg. Disponível em URL: <http://www.ibe.unesco.org/publications/EducationalPracticesSeriesPdf/prac03port.pdf>

- Usam estratégias de ensino que ajudam os alunos a consciencializar as inconsistências do seu pensamento.
- Usam estratégias de ensino que aumentam a compreensão dos alunos da forma como constroem o conhecimento juntos e individualmente.
- Empregam acontecimentos discrepantes para envolver os alunos com fenómenos concretos, activar o seu interesse e ajudá-los a tomar consciência dos conflitos entre o seu pensamento e os conceitos científicos aceites.
- Quando determinam a ordem em que introduzem os conceitos científicos de um determinado domínio, consideram o modo como esses conceitos são interdependentes.
- Usam estratégias de ensino que incluem analogias familiares, metáforas e modelos físicos para orientar os alunos para os conceitos científicos aceites.
- Adaptam materiais disponíveis do currículo e estratégias de ensino para que se ajustem às diversas necessidades de todos os alunos.
- Organizam grupos de aprendizagem cooperativa que reflectem a diversidade intelectual, de género e a diversidade cultural.
- Fazem avaliações frequentes como parte integrante do ensino e usam os resultados para modificar as experiências de ensino para os grupos e individualmente para os alunos.

*Leituras sugeridas:* Abell & Lederman, 2007; Carin, Bass, & Contant, 2005; Cruickshank, Jenkins, & Metcalf, 2006; Driscoll, 2005; National Research Council, 2001, 2005, 2007; Staver, 1998.

## *6. Conteúdo da ciência e interesses dos alunos*

Relacionar o conteúdo da ciência com os interesses e vidas pessoais dos alunos, as questões da sociedade e outros assuntos escolares.

### **Resultados da investigação**

A aprendizagem é um processo intencional, interno e mental. Os professores podem monitorizar a aprendizagem observando e recolhendo dados nas mudanças de comportamento ou no desempenho potencial real dos alunos. A motivação impulsiona o processo de começar e continuar a aprendizagem. A relevância refere-se às actividades que dão aos alunos satisfação e satisfazem as suas necessidades, incluindo a possibilidade de alcançar objectivos pessoais de aprendizagem. Para captar a atenção dos alunos e activar a sua motivação para aprender, os professores devem considerar a relevância de cada assunto. Podem, assim, ligar a ciência com os interesses dos alunos, as vidas pessoais, as questões da sociedade, a proveniência cultural e outras matérias escolares. A teoria cognitiva da aprendizagem realça a importância de aprender algo novo relacionando-o com aspectos que são já significativos e familiares. Os professores de ciências devem recordar que é provável que a sua própria motivação intrínseca para aprender ciência não seja compartilhada por muitos de seus alunos, cuja motivação tem mais probabilidade de ser activada instrumentalmente, fazendo uma ligação da ciência às coisas que já são familiares e importantes para eles.

### **Aplicações práticas**

Os professores eficazes de ciências usam estas técnicas para ligar os conteúdos com os interesses do aluno:

- Ligam, de uma forma explícita, os conceitos científicos e o ensino às experiências pessoais dos alunos.
- Usam exemplos, analogias e metáforas específicas.
- Planeiam aulas que enfatizam temas da ciência, tecnologia e sociedade.
- Põem os alunos a organizar dados em diagramas, tabelas e gráficos.
- Põem os alunos a usar dados em tabelas e gráficos (barras, linhas, histograma) para identificar padrões e fazer previsões.

- Põem os alunos a usar operações matemáticas, frações, decimais e percentagens para calcular resultados de investigações.
- Põem os alunos a ler passagens de textos científicos e comerciais e a identificar as ideias principais e secundárias, a sumariar o que leram e a fazer previsões.
- Põem os alunos a desenvolver e a representar cenas em que usem o pensamento científico ou desempenhem papéis de cientistas.

*Leituras sugeridas:* Abell & Lederman, 2007; Carin, Bass, & Contant, 2005; Cruickshank, Jenkins, & Metcalf, 2006; National Research Council, 1996; Project 2061, 1990, 1993.

## *7. Expectativas de aprendizagem*

|  |
|--|
| Estabelecer para todos os alunos expectativas de aprendizagem. |
|--|

### **Resultados da investigação**

As expectativas dos professores do que e como os seus alunos aprenderão influencia directamente a aprendizagem. Os professores devem fixar elevadas expectativas de aprendizagem para todos os alunos e encorajá-los a estabelecer elevadas expectativas para a sua própria aprendizagem. Os professores expressam as suas expectativas e crenças em relação aos alunos através dos seus comportamentos verbais e não verbais. Os alunos que se acredita terem elevadas capacidades recebem mais feedback positivo não verbal dos professores tais como sorrisos e contacto visual. Aos alunos que se acredita terem baixas capacidades são-lhes feitas menos perguntas desafiadoras; recebem também menos feedback, é-lhes dado menos tempo para responder e menos elogios. Quando é feito ensino por grupos de nível (tracking), os alunos que são vistos como possuindo baixas capacidades recebem muitas vezes conteúdos menos desafiadores e são-lhes dados exercícios que exigem a memorização e exercícios práticos. As expectativas claramente elevadas dos professores em relação aos alunos de elevada capacidade podem, contudo, levar à inactividade quando estes alunos necessitam de orientação para serem bem sucedidos.

Os alunos são sensíveis à opinião que os professores têm deles. Nas culturas onde o baixo rendimento é atribuído à baixa capacidade e se acredita que a capacidade é inalterável, os alunos de baixa capacidade acabam por acreditar que o seu desempenho não mudará não obstante o seu nível de esforço. Nas culturas onde o nível de trabalho e de esforço dos alunos é considerado directamente relacionado com a sua aprendizagem, as expectativas elevadas para todos os alunos conduzem a uma realização mais elevada com mais trabalho e esforço por parte dos alunos de todas as capacidades.

### **Aplicações práticas**

Os professores eficazes de ciências usam estas estratégias para fixar e manter expectativas elevadas:

- Controlam e analisam o trabalho dos alunos e fazem correcções individuais e de grupo quando necessário.

- Ajudam os alunos a acreditar nas suas capacidades de aprender eficazmente e a aumentar a sua consciência nos resultados positivos, como efeito disso.
- Ajudam os alunos a verem-se como alunos capazes.
- Constroem a confiança dos alunos, dividindo tarefas difíceis em etapas menores para que as vejam como exequíveis e alcançáveis.
- Dão apoio, mas não fazem as tarefas aos alunos.
- Dão aos alunos um nível razoável de controlo sobre a sua própria aprendizagem.
- Ajudam os alunos a consciencializarem-se de que os seus próprios esforços, estratégias e persistência são importantes para que a sua aprendizagem seja bem sucedida.
- Ajudam os alunos a experimentar satisfação pela aprendizagem bem sucedida.

*Sugestões de leitura:* Carin, Bass, & Contant, 2005; Cruickshank, Jenkins, & Metcalf, 2006; National Research Council, 2001.

## 8. Ansiedades e conflitos dos alunos

Usar estratégias de ensino que diminuam as potenciais ansiedades dos alunos e os conflitos percebidos quando ensinar ideias científicas que podem ser controversas para eles, mesmo que não sejam controversas entre os cientistas.

### Resultados da investigação

Os cientistas sabem que as ideias científicas nucleares têm sido bem testadas e não são controversas. Os alunos podem, contudo, perceber conflitos entre os seus conhecimentos prévios e algumas ideias científicas nucleares. A evolução é um exemplo. Os professores devem assumir o ponto de vista de que o objectivo do ensino eficaz da ciência é fazer com que os alunos compreendam, mas não que acreditem. Quando ensinam a evolução, os professores devem desvalorizar o uso de palavras tais como "verdadeiro" e "acredito". Os conhecimentos prévios dos alunos de verdade e crença são frequentemente baseados nas suas convicções religiosas, em que a verdade é absoluta, final e imutável e acreditar significa pensar em algo como absolutamente verdadeiro. Os professores devem enfatizar que os cientistas aceitam a evolução na base de diversas linhas independentes de provas científicas que se desenvolveram há cerca de 150 anos. Os professores devem assumir uma posição instrumental ou pragmática, realçando que a evolução funciona; de facto, é uma ferramenta excelente para a resolução de problemas. A evolução explica fenómenos naturais, prediz novos fenómenos naturais, e representa fundamentos de base científica para as muitas formas em que a natureza fornece benefícios aos seres humanos na saúde, agricultura e indústria. Os professores devem realçar que o conhecimento científico se baseia na evidência empírica e está sempre sujeito à revisão baseada em novas descobertas científicas.

### Aplicações práticas

Os professores eficazes de ciências usam estas estratégias dirigidas às ansiedades e conflitos dos alunos:

- São sensíveis ao comportamento verbal e não verbal dos alunos quando ensinam uma unidade que estes podem perceber como contendo ideias controversas.
- Clarificam a diferença entre compreender e acreditar.

- Usam a discussão entre grupos de pares para ajudar os alunos a tomarem consciência dos pensamentos dos outros sobre o conceito.
- Evitam usar palavras tais como “verdadeiro” e “acredito” quando se referem aos conceitos científicos.
- Realçam o poder explicativo e a capacidade preditiva de um conceito.
- Incentivam os alunos a pensar sobre os conceitos como instrumentos para resolver problemas científicos.
- Chamam a atenção como um conceito ou teoria pode beneficiar os indivíduos, a sociedade e o ambiente.

*Leituras sugeridas:* Anderson, 2007; Bybee, 2004; National Academy of Sciences & Institute of Medicine, 2007; National Research Council, 2007; Scharmann, 1990, 1993, 1994, 2005; Scharmann & Harris, 1992; Staver, 2003.



## ***9. Conclusão***

Ensinar ciência é efectivamente um trabalho difícil, mas recompensador. As dificuldades resultam de duas fontes. Primeira, os alunos, na maioria das aulas de ciências, trazem um leque amplo de conhecimentos prévios, experiências, pensamentos e interesses. Segunda, os professores devem integrar o núcleo central do corpo de conhecimentos científicos e o inquérito científico de uma forma que faça justiça não só aos aspectos da ciência mas também à sua integração. As recompensas dos professores estão enraizadas nos conhecimentos que os alunos aprenderam como resultado da sua eficácia como professores. A chave é o princípio # 1 (pág. 9): O ensino é um meio intencional para ajudar os alunos a aprender. Quando os alunos trabalham muito mas falham, o professor deve aceitar uma grande parte da responsabilidade. Os professores devem abraçar o ponto de vista de que o ensino eficaz significa estar constantemente consciente e atender aos esforços dos alunos para aprender ciência e ajustar continuamente as suas estratégias e técnicas de ensino para os ajudar a ultrapassar as dificuldades. Ao proceder desta forma, os professores devem fixar expectativas de aprendizagem elevadas, centrar-se nas ideias científicas nucleares e ter como objectivo a compreensão profunda e integrada do inquérito científico e do corpo nuclear do conhecimento científico. Para ajudar os alunos a alcançar os objectivos e as expectativas dos professores, estes devem compreender como os alunos constroem activamente o novo conhecimento, assim como a complexidade do processo de aprendizagem, a importância dos interesses dos alunos e as ansiedades e conflitos potenciais destes com os conceitos da ciência. Uma outra recompensa para os professores é saber que os seus alunos estão a experimentar uma sólida educação em ciência, que os prepara para estudos avançados e para as suas ocupações e carreiras e que também os ajuda a reconhecer a importância, utilidade e o valor da ciência nas suas vidas pessoais.

Um velho provérbio diz: "Se deres um peixe, a pessoa tem comida para um dia; se ensinares a pescar, tem comida para uma vida." Encare o ensino eficaz da ciência como ensinar os alunos a pescar. Logo que os alunos começam a compreender e a usar o pensamento científico para aprender mais sobre o mundo que os rodeia, tornam-se pescadores para toda a vida com sede de conhecimento e com as competências de procurar e aprender por si próprios.

## *Referências bibliográficas*

- Abell, S.K.; Lederman, N.G., eds. 2007. *Handbook of research on science education*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Anderson, R.D. 2007. Teaching the theory of evolution in social, intellectual, and pedagogical context. *Science Education*, 91, no. 4, pp. 664–677.
- Bransford, J.D.; Brown, A.L.; Cocking, R.R., eds. 1999. *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. Washington, D.C.: National Academies Press.
- Bybee, R.W. 1997. *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*. Portsmouth, NH: Heinemann.
- Bybee, R.W., ed. 2004. *Evolution in perspective: The science teacher's compendium*. Arlington, VA: NSTA Press.
- Carin, A.A.; Bass, J.E.; Contant, T.L. 2005. *Teaching science as inquiry*. Upper Saddle River, NJ: Pearson Merrill Prentice Hall.
- Combs, A.W. 1999. *Being and becoming: A field approach to psychology*. New York, NY: Springer Publishing Company, Inc.
- Cruickshank, D.R.; Jenkins, D.B.; Metcalf, K.K. 2006. *The act of teaching (4th Ed.)*. Boston, MA: McGraw Hill.
- Driscoll, M.P. 2005. *Psychology of learning for instruction*. Boston, MA: Pearson Education, Inc.
- Gauch, H.G., Jr. 2003. *Scientific method in practice*. New York, NY: Cambridge University Press.
- Hayes, J.R. 1981. *The complete problem solver*. Philadelphia, PA: The Franklin Institute Press.
- National Academy of Sciences. 1998. *Teaching about evolution and the nature of science*. Washington, DC: The National Academies Press.
- National Academy of Sciences & Institute of Medicine. 2007. *Science, evolution, and creationism*. Washington, DC: The National Academies Press.
- National Research Council. 1996. *National science education standards*. Washington, DC: The National Academies Press.
- National Research Council. 1999. *Selecting instructional materials: A guide for K-12 science*. Washington, DC: The National Academies Press.
- National Research Council. 2000. *Inquiry and the national science education standards*. Washington, DC: The National Academies Press.
- National Research Council. 2001. *Classroom assessment and the national science education standards*. Washington, DC: The National Academies Press.
- National Research Council. 2005. *How students learn: History, mathematics, and science in the classroom*. Washington, DC: The National Academies Press.
- National Research Council. 2007. *Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Project 2061. 1990. *Science for all Americans*. New York, NY: Oxford University Press.
- Project 2061. 1993. *Benchmarks for science literacy*. New York, NY: Oxford University Press.

- Project 2061. 2000. *Designs for science literacy*. New York, NY: Oxford University Press.
- Project 2061. 2001. *Atlas of science literacy*. New York, NY: Oxford University Press.
- Project 2061. 2007. *Atlas of science literacy (Vol. 2)*. New York, NY: Oxford University Press.
- Rowe, M.B. 1974a. Wait time and rewards as instructional variables, their influence on language, logic and fate control: Part I—Wait time. *Journal of Research in Science Teaching*, 11, no. 1, pp. 81–94.
- Rowe, M.B. 1974b. Relation of wait time and rewards to the development of language, logic, and fate control: Part II— Rewards. *Journal of Research in Science Teaching*, 11, no. 4, pp. 291–308.
- Scharmann, L.C. 1990. Enhancing an understanding of the premises of evolutionary theory: The influence of a diversified instructional strategy. *School Science and Mathematics*, 90, no. 2, pp. 91–100.
- Scharmann, L.C. 1993. Teaching evolution: Designing successful instruction. *The American Biology Teacher*, 55, no. 8, pp. 481–486.
- Scharmann, L.C. 1994. Teaching evolution: The influence of peer teachers' instructional modeling. *Journal of Science Teacher Education*, 5, no. 2, pp. 66–76.
- Scharmann, L.C. 2005. A proactive strategy for teaching evolution. *The American Biology Teacher*, 67, no. 1, pp. 12–16.
- Scharmann, L.C.; Harris, W.M., Jr. 1992. Teaching evolution: Understanding and applying the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, no. 4, pp. 375–388.
- Staver, J.R. 1998. Constructivism: Sound theory for explicating the practice of science and science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 35, no. 5, pp. 501–520.
- Staver, J.R. 2003. Evolution and intelligent design: Understanding the issues and dealing with the controversy in a standards-based manner. *The Science Teacher*, 70, no. 8, pp. 32–35.
- Tobin, K.G. 1987. The role of wait time in higher cognitive learning. *Review of Educational Research*, 56, pp. 69–95.
- Vygotsky, L.S. 1978. *Mind in society*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Wang, M.; Haertel, G.; Walberg, H. 1993. What helps students learn? *Educational Leadership*, 51, no. 4, pp. 74–79.