# TEORIA E PRÁTICA EM CIÊNCIAS NA ESCOLA

Rosiane Oliveira

# O ENSINO-APRENDIZAGEM COMO INVESTIGAÇÃO


MARIA CRISTINA DA CUNHA CAMPOS
ROGÉRIO GONÇALVES NIGRO


Maria Cristina da Cunha Campos é doutora em Biologia pela Universidade de São Paulo (USP). Rogério Gonçalves Nigro é mestre em Biologia e doutor em ensino de Ciências e Matemática por essa mesma universidade. Desde os tempos de faculdade, dedicam-se à pesquisa acadêmica e ao ensino de Ciências. Lecionaram Ciências da Pré-escola até o final do Ensino Fundamental, e Biologia para o Ensino Médio regular, Supletivo e também para cursos pré-vestibulares. Escreveram livros paradidáticos, didáticos e participaram de projetos de educação a distância. Atualmente vêm se dedicando à pesquisa em ensino de Ciências e à formação de professores. Em função dessas atividades, têm apresentado trabalhos em revistas e congressos internacionais, bem como realizado cursos sobre a didática das Ciências em escolas da rede particular e pública de ensino.


São Paulo, 2010

FTD



EDITORA FTD
Rua Eng. Fábio Ruschi, 398
Bento Ferreira - Vitória/E.S.
CEP: 29050-670
Tel.: (27) 3227-6044
E-mail: ftdes@uol.com.br



COLEÇÃO TEORIA E PRÁTICA

Teoria e prática em Ciências na escola
O ensino-aprendizagem como investigação
© Maria Cristina da Cunha Campos, Rogério Gonçalves Nigro, 2010
Todos os direitos reservados à
EDITORA FTD S.A.
Matriz: Rua Rui Barbosa, 156 – Bela Vista – São Paulo – SP
CEP 01326-010 Tel. (0-XX-11) 3598-6000
Caixa Postal 65149 – CEP da Caixa Postal 01390-970
Internet: www.ftd.com.br
E-mail: ciencias.naturais@ftd.com.br

***Diretora editorial***
Silmara Sapiense Vespasiano
***Editora***
Débora Lima
***Editora assistente***
Claudia Oliveira Belézia
***Assistente de produção***
Lilia Pires
***Assistente editorial***
Silvia Elena de Souza
***Preparadoras***
Edna Viana
Eliza Hitomi Yamane
Liege M. S. Marucci
***Revisoras***
Célia R. N. Camargo
Fernanda Rodrigues
Regina C. Barrozo
Rita Lopes
Sirlei S. Panochia
Solange Pereira
***Estagiária***
Carolina Manley
***Coordenador de produção editorial***
Caio Leandro Rios
***Editor de arte / projeto gráfico e capa***
Roque Michel Jr.
*Ilustradores*
Luís Moura
Mario Pita
Paulo Nilson
Rosiane Oliveira (capa)
***Iconografia***
*Coordenadora*
Sônia Oddi
*Pesquisadores*
Daniel Cymbalista
Elizete Moura Santos
*Assistente*
Cristina Mota
***Editoração eletrônica***
*Diagramação*
Andréa Wolff Gowdak Noto
Herbert Tsuji da Silva
Luis Vassallo
Márcia Ialongo
*Tratamento de imagens*
Ana Isabela Pithan Maraschin
Eziquiel Racheti
Oséias Dias Sanches
Vânia Aparecida Maia de Oliveira
***Gerente de pré-impressão***
Reginaldo Soares Damasceno

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**
**(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)**

Campos, Maria Cristina da Cunha
Teoria e prática em ciências na escola : o ensino-aprendizagem como investigação : volume único / Maria Cristina da Cunha Campos, Rogério Gonçalves Nigro. — São Paulo : FTD, 2010. — (Coleção teoria e prática)

Suplementado pelo manual do professor.
Bibliografia.
ISBN 978-85-322-7207-2

1. Ciências – Estudo e ensino I. Nigro, Rogério Gonçalves. II. Título. III. Série.

10-06879 CDD-507

**Índices para catálogo sistemático:**
1. Ciências : Estudo e ensino 507

## Apresentação

Esta obra destina-se a professores do Ensino Fundamental. Os autores, com muitos anos de experiência na prática pedagógica, apontam caminhos para o trabalho dos professores — o que e como ensinar —, fornecendo-lhes subsídios para que possam construir seu próprio percurso.

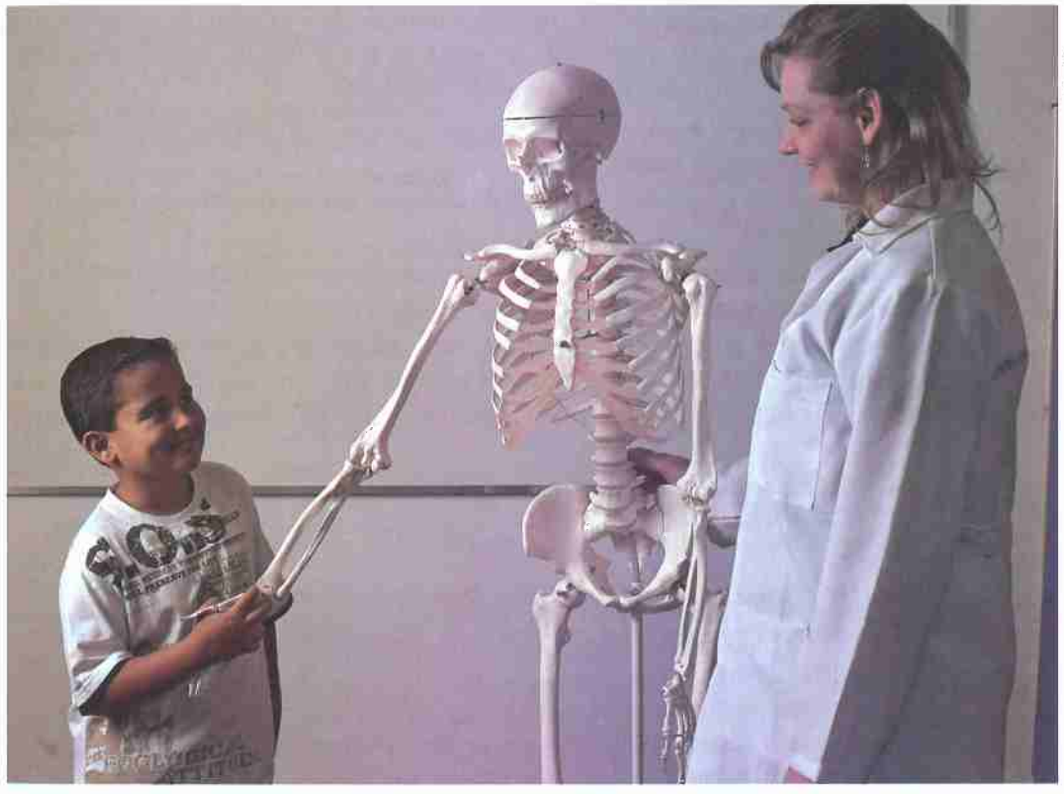
Por meio de exemplos, de atividades didático-pedagógicas e da articulação entre teoria e prática, professor e aluno são convidados a aprender juntos, fazendo escolhas, selecionando alternativas, testando limites, questionando valores, métodos e tendências.

Desse modo, esperamos atingir os objetivos básicos da obra: contribuir para a formação do professor e ampliar as possibilidades cognitivas da criança, eixos temáticos inseparavelmente ligados à formação da cidadania.

Os editores

# 1

# PROFESSOR-ALUNO-CONHECIMENTO



Neoimagem

Vamos começar a dar aulas de Ciências! Ótimo; mas será que sabemos como se dá a construção do conhecimento científico? O que devemos saber e saber fazer para ensinar Ciências?

Neste capítulo analisaremos a experiência de um jovem professor que foi dar aula para crianças de 6 e 7 anos. Pela análise desse relato apresentaremos princípios básicos relacionados à orientação construtivista para o ensino-aprendizagem. Em seguida exploraremos a natureza do conhecimento científico de maneira coerente com estes princípios: uma construção de mentes humanas, vinculada ao contexto social e sujeita a mudanças.

## De olho na sala de aula

### Boa tarde, sr. Esqueleto!

Ainda me lembro com certa clareza de uma das primeiras aulas que dei para crianças de 6 e 7 anos. Era recém-formado e julgava ter um bom conhecimento e domínio das ciências. Julgava também conhecer suficientemente bem a psicologia infantil e, portanto, estar apto para "enfrentar" as crianças em sala de aula. Sentia-me seguro e convicto de que tudo daria certo. Afinal, naquela época pensava: o que pode ser mais simples do que dar aula de Ciências para crianças?

Começaria por mostrar-lhes um esqueleto do corpo humano. Afinal, sabia muito bem o nome dos principais ossos do nosso corpo, havia um esqueleto em tamanho real à disposição, crianças superanimadas para vê-lo e 50 minutos inteiros pela frente.

Também acreditava saber lidar adequadamente com as crianças: falava com elas em um tom diferente daquele que existe na fala entre adultos. Era atencioso, gostava delas.

Então, era só chegar diante das crianças e mostrar-lhes as costelas, os ossos das pernas e dos braços, indicar-lhes que os pés e as mãos tinham muitos ossinhos, dizer-lhes o nome de algumas partes do nosso esqueleto.

Mas mal as crianças se encontraram frente a frente com o esqueleto, situações inesperadas começaram a acontecer:

*— Boa tarde, sr. Esqueleto! — algumas delas diziam, esticando as mãos na intenção de cumprimentá-lo.*

*— Boa tarde, tio Esqueleto! — diziam outras, que estavam com medo de encostar no esqueleto, mas levantavam as mãos, acenavam e faziam caretas estranhas.*

Então comecei a sentir algo um tanto quanto paradoxal: ao mesmo tempo que me animavam e agradavam aquelas atitudes infantis, preocupava-me o fato de que a situação parecia fugir do meu controle. Seguiu-se então um diálogo mais ou menos assim:

*— Qual é o nome dele? — perguntou-me uma aluna.*

*— Nome?! Como assim, nome?! — perguntei, um tanto desconcertado e quase gaguejando.*

*— Ué?! O nome dele, professor. É nome de homem ou de mulher?*

*— Fala logo, professor. Qual é o nome dele? Todo mundo tem um nome! — dizia outro de seus colegas.*

*— Bom, mas acontece que ele não é igual a todo mundo — aproveitei para dizer, com toda a minha autoridade científica. — Ele está morto! — continuei, tentando colocar um ponto-final naquela discussão sem sentido para mim.*

*— Ah, professor! Morto?! Ah, que nojento!*

*— Como é que ele pode estar morto?! — admirou-se uma criança, insistindo em discutir o assunto.*

Só então percebi que já era tarde: a aula estava ficando fora de controle. Jamais havia imaginado uma conversa daquelas, justamente na aula sobre o esqueleto.

Já que a aula parecia tomar esse rumo, aproveitei o interesse das crianças e, procurando manter certo rigor em relação às minhas propostas didáticas, imaginei que seria bom começar a mencionar mais algumas informações sobre o esqueleto nas minhas falas. Mas colocar essa ideia em prática não foi tão simples.



*— Professor, se o esqueleto está aí, como é que ele morreu?*

*— Ué! — exclamei, por considerar a resposta óbvia demais. — Ele está aqui, mas já não tem mais vida. Ele está morto. Ele chegou aqui porque nós o trouxemos para a escola.*

*— Não, professor! O que eu quero saber é* como *é que ele morreu.*

*— Como assim,* como *ele morreu?*

*— Ora,* como *ele morreu, professor?*

*— Meu avô morreu de velhice, professor — disse uma outra criança.*

*— É. O meu tio-avô também morreu porque era velho. E a minha mãe me disse que todo mundo, quando fica velho, morre de velhice.*

*— Bom... Este aqui. Este aqui... — e lá estava eu, gaguejando novamente — este aqui... também morreu de velhice! — disse finalmente, não muito convencido de minha resposta.*

*— Ah, bom, que nem o meu avô.*

*— Eu não conheço ninguém que já morreu, professor — disse uma criança que até então estava quieta.*

Devo afirmar que, a essa altura, a aula começava a ficar muito mais interessante para mim do que para as crianças. Pessoalmente, acho que já estava mais curioso do que elas para saber detalhes como: "De quem tinha sido aquele esqueleto?", "Como ele veio parar em nossa escola?", "Será que a tal pessoa tinha mesmo morrido de velhice?".

*— E eu, que estou viva, também tenho um... esqueleto desses? — perguntou-me uma menina.*

*— Sim, todos nós temos um esqueleto — respondi.*

*— Onde é que fica o meu? — perguntaram alguns em coro.*

*— Bom, o esqueleto da gente fica dentro de nós. Dá até para sentir. Estão vendo as costelas aqui do sr. Esqueleto?*

*— Ah, então o nome do esqueleto é Esqueleto mesmo, professor?*

*— É, sim. Pois bem, continuando... — fui dizendo, como se quisesse enganar a mim mesmo, supondo-me senhor de toda a linha de argumento, com o pensamento bastante estruturado.*

*— Você estava falando das costelas, professor — disse uma criança, que na verdade parecia ter muito mais certeza dos rumos da aula do que eu.*

*— Pois então, as costelas! Observem as costelas do sr. Esqueleto. Eu estou passando a mão nelas. Agora eu vou passar as mãos nas minhas costelas. Dá até para perceber que elas são parecidas. Vamos sentir nossas costelas?*

E começaram todos eles a mexer os braços. Contorceram-se, apalparam as próprias costelas. Levantavam as camisas, encolhiam a barriga e tentavam mostrar as costelas uns aos outros.

*— Mas a minha mãe me falou que a costela é um osso! Não é esqueleto! — protestou um menino.*

*— Mas é tudo osso! Você não sabe que o esqueleto é inteirinho de osso? Não é, professor? — interpelou outro.*

*— Sim, você está certo...*

De repente, uma garota apalpou o próprio pulso e me disse:

*— Aqui também tem osso, não tem, professor?*

*— Tem, sim — disse, todo animado. — E você consegue achar esse osso do pulso aqui no sr. Esqueleto?*

*— Está aqui — disseram algumas crianças, já tocando no pulso do sr. Esqueleto.*

*— E aqui, estes ossos nas nossas mãos? Será que o sr. Esqueleto também tem? — perguntei.*

*— Tem, sim — diziam-me os alunos.*

E assim a aula continuou. Mexemos em outras partes do sr. Esqueleto. Vimos os ossos da coluna e dos pés. Vimos que a mandíbula é um osso bem grande e que tem movimento de articulação. Disse às crianças que esse é o movimento que acontece quando mastigamos. Então mastigamos todos ao mesmo tempo, brincando um pouco de mexer a mandíbula.

Para mim, aqueles 50 minutos se passaram como nunca, longe de qualquer experiência ou referência anterior.

Comecei a duvidar daquilo que até aquele momento julgava ter sido uma boa formação acadêmica. Senti-me desorientado, pois constatava a cada momento a multiplicidade de problemas que um único assunto poderia gerar, quando se está trabalhando com crianças. Numa aula, tanto o raciocínio quanto as perguntas e as atitudes das crianças podem se apresentar "vivos" e influenciar o curso dela. E me dei conta de que precisava buscar soluções para minhas dúvidas, que eram muitas.

Não posso terminar este relato sem deixar de contar uma das últimas perguntas que me foram feitas naquela tarde, e para a qual o meu jogo de cintura, que até então tinha conseguido se manter relativamente bom, deu mostras de não ser maleável o suficiente. Refiro-me a um aluno que, já na hora em que nos despedíamos, perguntou:

*— Mas, professor, o esqueleto está aqui dentro de nós e quando morremos ele aparece... Então, onde é que está a alma? Ela também aparece quando a gente morre? Dá pra gente ver a alma na outra aula?*

### Questionamento

- *Você acha que o professor planejou bem a aula?*
- *Quais foram as falhas? E os acertos?*
- *A seu ver, que princípios e orientações metodológicas ele ignorou?*

## Orientações behavioristas e orientações construtivistas

Pelo relato apresentado, podemos perceber que o professor, ao planejar a ação didática, estava preocupado somente com aquilo que *diria* às crianças e aquilo que *esperava* que elas dissessem ou fizessem durante a aula. Ele não imaginou, ou até desconsiderou, o que as crianças poderiam dizer ou fazer por *si mesmas*.

Seu pensamento estava muito centrado na própria ideia sobre o assunto, e não no modo como as crianças o entendiam. Em consequência, para esse professor tudo o que ocorresse na "sua aula" deveria acontecer exatamente conforme o planejado. Aliás, ele nem sequer conseguia imaginar que algo fora do previsto, inesperado, pudesse ocorrer.



Ao não considerar o que as crianças teriam a lhe dizer, o professor ignorou uma tendência moderna para a didática das ciências da natureza. Ou seja, se o objetivo é promover uma aprendizagem significativa, e não baseada puramente na memorização do conteúdo, não se podem ignorar alguns princípios básicos do construtivismo:

- É de grande importância aquilo que a pessoa já sabe ou pensa a respeito de determinado assunto.
- Encontrar um sentido supõe estabelecer relações: o que está na memória não são fatos isolados, mas aqueles que guardam relações com outros em nossa mente.
- Quem aprende constrói ativamente significados.
- Os estudantes são responsáveis pela própria aprendizagem.

Assim, todo educador que trabalhe visando à aprendizagem significativa dos conteúdos deve estar atento ao fato de que a criança tem algo a dizer; pensa algo; vê sob uma perspectiva o fato, o fenômeno e qualquer conteúdo passível de aprendizagem.

Desconsiderar isso, como fez o professor da aula do sr. Esqueleto, é, de certa maneira, supor que somente o professor sabe de tudo e, portanto, é o único que pode ensinar sobre o mundo que nos cerca.

Professores que pensam dessa maneira costumam adotar o modelo de ensino por transmissão-recepção em suas aulas. Em geral, esse tipo de estratégia de ensino não considera as orientações construtivistas, estando mais próximo das ideias behavioristas.

Entre algumas dessas orientações que divergem do construtivismo, destacamos:

- O ensino é uma tarefa que se limita a desenvolver a resposta dos alunos a determinados estímulos.
- Os alunos não têm ideias próprias para explicar os fatos e os fenômenos.

Podemos dizer que os professores de Ciências que se orientam pelas ideias behavioristas costumam considerar que todo o conhecimento já está estabelecido e contido nos "livros já escritos". Dessa maneira, acreditam que cabe a eles, como professores, somente ler (de modo adequado) esse "livro dos conhecimentos" para os alunos. A estes caberia unicamente aprender (por memorização) aquilo que o professor lhes diz durante essa leitura do livro dos conhecimentos.

Os professores que aplicam as ideias construtivistas ao ensino-aprendizagem, por sua vez, admitem que a aprendizagem não se dá somente pela memorização, mas pela intensa atividade mental do aluno. Portanto, de acordo com essa visão, cabe ao aluno não somente memorizar, mas também *fazer relações* e *atribuir significados* àquilo com que toma contato nas situações de ensino-aprendizagem.

Daí a importância, nesse caso, de o professor conhecer o pensamento da criança. Somente assim ele pode propiciar aos alunos, de maneira adequada, oportunidades de desenvolver suas ideias e seus conceitos, estabelecer relações entre os fatos, comparar e julgar, atribuir significados.

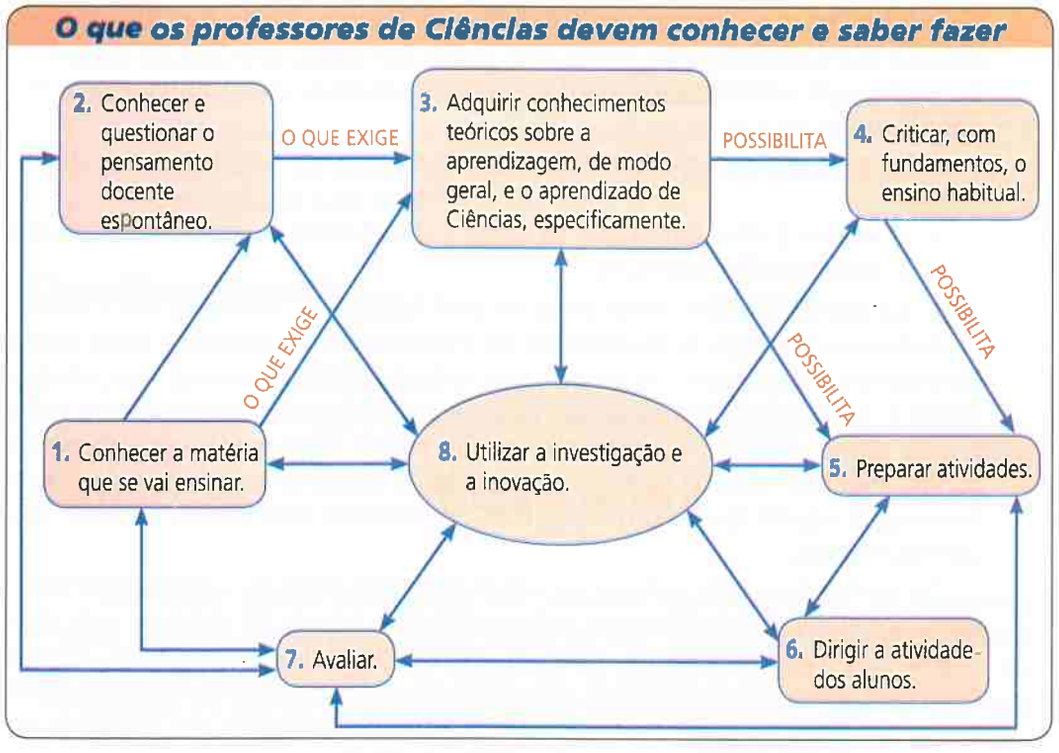
Resumindo:

| Orientação behaviorista | Orientação construtivista |
|---|---|
| • A aprendizagem reflete uma resposta apropriada a um estímulo. Pode ocorrer somente por memorização. | • A aprendizagem envolve intensa atividade mental do aluno. Deve ser significativa, e não baseada exclusivamente na memorização. |
| • O ensino leva à manifestação de determinado comportamento. | • O ensino leva ao desenvolvimento de significados e à construção de conhecimento. |
| • O professor transmite a informação. | • O professor propicia oportunidade para o desenvolvimento de ideias, conceitos, relações entre fatos e ideias. |

A essa altura, surge a questão: "Como um professor, atento às orientações construtivistas, pode desempenhar seu papel a contento, atuando como um verdadeiro facilitador e orientador da aprendizagem?".

Apesar de não haver respostas definitivas, é possível estabelecer algumas orientações que ajudam o professor a definir a forma de atuação, como mostra o esquema a seguir (Gil Pérez, 1991):

**O que os professores de Ciências devem conhecer e saber fazer**




Alguns dos assuntos indicados nesse esquema serão abordados ao longo deste livro. Porém, interessa-nos, primeiro, analisar qual é um dos grandes fundamentos para que ocorra a educação em Ciências de modo adequado, ou seja, analisar como as ciências são um domínio específico do conhecimento humano e como se dá a origem e o desenvolvimento do conhecimento científico.



## Ciências da natureza... ou natureza das ciências?

As ciências da natureza — Química, Física, Biologia, Geologia, Astronomia e outras — produzem conhecimentos que muitas vezes divergem do senso comum. Não é raro relacionar esse conhecimento científico ao desenvolvimento de novas tecnologias e considerá-lo o "mais correto" para explicar o que existe e o que acontece no Universo.

Se as pessoas confiam tanto nesse conhecimento, não seria interessante descobrirmos o segredo de sua credibilidade? Será que está na maneira como ele é produzido? No decorrer deste capítulo, iremos estudar *como* se produz o conhecimento científico. Para isso, iremos discutir:

- se o conhecimento é construído por algum método rígido que podemos aprender a reproduzir;
- o papel da experimentação nas ciências da natureza;
- o que vale mais no estabelecimento de um conhecimento científico: os fatos ou a interpretação que damos a eles.

Usaremos a história da descoberta da circulação sanguínea para estudar essas questões e assim conhecermos melhor como se dá a produção do conhecimento científico.

Hoje, todos (ou quase todos) sabem que o sangue circula pelo corpo e que o coração é como uma bomba, que o impulsiona. Esse é um conhecimento considerado científico, que pode ser identificado não só entre os cientistas, mas também entre a maioria das pessoas, até aquelas que têm baixo grau de escolaridade.

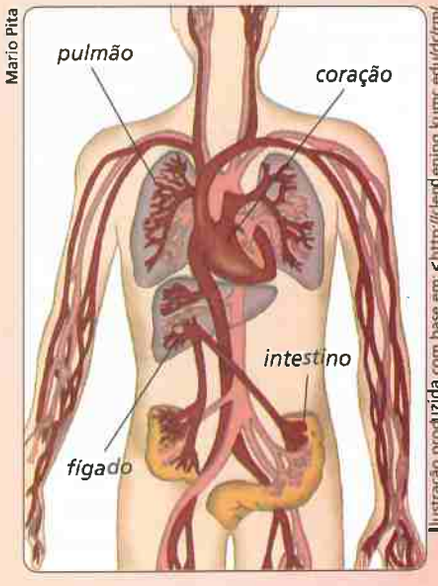
Houve um tempo, no entanto, em que não se pensava assim. Antes de essa ideia ter sido desenvolvida por alguns pensadores, havia outras explicações para o funcionamento do coração e o caminho do sangue no corpo. Vejamos a seguir.

### Galeno: "O coração é uma fornalha"

O grego Cláudio Galeno (c. 129-200 d.C.), médico do imperador romano Marco Aurélio, formulou uma teoria para o funcionamento do coração que teve ampla aceitação dos doutores da época.

Galeno baseou-se em alguns *fatos* para formular suas explicações:

- Tubos ou condutos (atualmente chamados *vasos sanguíneos*) fazem conexões entre várias partes do corpo: intestino e fígado; pulmões e coração; coração e o restante do corpo.




Mario Pita

Ilustração produzida com base em: <http://denlening.kumc.edu/dd/rm/major_ancient.htm>.

*Representação de alguns "tubos" por onde passa o sangue no corpo humano. Em vermelho-escuro é representado o que Galeno considerava sangue "não refinado". Em vermelho mais vivo, o que esse pensador considerava sangue "refinado". As cores não correspondem aos tons reais.*

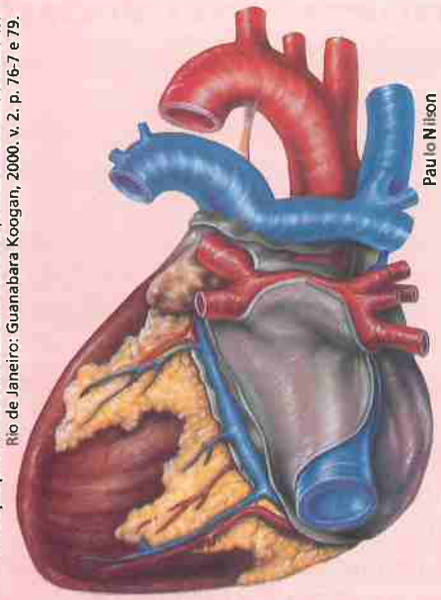


Ilustração produzida com base em: SOBOTTA, *Atlas de anatomia humana*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000. v. 2. p. 76-7 e 79.

Paulo Nilson

*Representação do coração humano, que tem aproximadamente o tamanho de um punho fechado. As cores não correspondem aos tons reais.*

- O sangue que entra no coração, pelo lado direito, é vermelho-escuro, tendente para o roxo. Já o que sai do coração, pelo lado esquerdo, é vermelho-vivo, mais claro.
- O ar e o alimento são indispensáveis para a vida. Sem eles, morremos.

Esses fatos tão bem conhecidos por Galeno não mudaram desde a época da Roma Antiga. Contudo, a *interpretação* que damos a eles sofreu algumas mudanças.

Galeno, por exemplo, acreditava que o coração funcionava como uma espécie de lampião ou fornalha. A ele chegava, pelo lado direito, um sangue vermelho bem escuro, arroxeado, que vinha do fígado e de outras partes do corpo. Também pelo lado direito chegava o ar que vinha dos pulmões pelos dutos que, segundo Galeno, ligavam os pulmões ao coração.

Galeno, assim como seus antecessores, acreditava que a vida era uma propriedade dos seres que possuíam algo não material denominado *princípio vital*. Assim, para ele, no coração ocorria uma mistura de sangue e ar que acendia uma espécie de "fogo cardíaco", gerador da misteriosa *força vital* que mantinha os seres quentes e vivos.

Além disso, para Galeno o "fogo cardíaco" era responsável pelo "refinamento" do sangue, assim como o fogo nas fornalhas era responsável pelo refinamento de minérios na Roma Antiga. Para o médico, isso era claro, pois depois do refinamento a coloração do sangue ficava diferente. O sangue "refinado" era de um vermelho mais claro e saía do coração pelo lado esquerdo, espalhando-se pelo corpo e levando a força da vida.

## As metáforas funcionais e tecnológicas

Atualmente, o modelo de Galeno pode parecer um tanto imaginativo e fantástico, mas deve-se reconhecer que suas ideias realmente pareciam fazer muito sentido naquela época – não teria lógica atribuir ao coração algum papel no bombeamento do sangue. Primeiro, porque eram muito mais conhecidas e utilizadas as fornalhas do que as bombas, que começaram a ser largamente empregadas em extração de minérios somente a partir do século XVI. Segundo, porque Galeno e seus contemporâneos acreditavam que o sangue não circulava, mas ia e vinha pelo corpo, como o fluxo das ondas do mar.

No entanto, algo que nem Galeno nem seus contemporâneos pareciam considerar uma incoerência em suas explicações foi o que posteriormente se identificou como uma inconsistência do seu modelo.



Por volta do século XVI, começou-se a dar mais importância para o questionamento de alguns pensadores: se o sangue e o ar se misturam no coração, e este possui uma divisão no seu interior, que separa claramente os lados direito e esquerdo, como só do lado esquerdo haveria sangue "refinado" e com "força vital"? Como esse sangue teria ido parar lá?

Ou seja, antigamente se acreditava que pelos dutos que ligavam os pulmões ao coração passava somente ar. Assim, se por esses dutos não passava sangue, a única forma de o sangue que estava do lado direito do coração chegar ao lado esquerdo seria atravessando o septo cardíaco.

Para os pensadores da época de Galeno, isso não comprometia sua teoria. O próprio Galeno acreditava que, no septo que separa os lados direito e esquerdo do coração, havia canais pelos quais passava somente o sangue "refinado" (ou seja, o septo comportava-se como uma espécie de filtro).

Essas explicações de Galeno eram tão convincentes, e a metáfora com fornalhas e lampiões tão forte, que demorou para surgir outra explicação para essas questões da fisiologia humana.

Com isso queremos ilustrar que nem só de fatos vive a Ciência. Além destes, as ideias de uma época, a sociedade em que vive determinado pensador e as ideias de seus antecessores também exercem influência sobre os estudiosos. Ou seja, a situação histórica em que um cientista vive é o que impulsiona e ao mesmo tempo o que restringe a sua criação.

Foi mais ou menos o que aconteceu com Galeno ao propor seu modelo de "coração como uma fornalha" para explicar os *fatos* do corpo humano que ele observara.

É possível admitir que, até que surgisse uma sociedade com aparatos tecnológicos diferentes das fornalhas, tão usadas na Roma Antiga, seria difícil um cientista criar outra explicação funcional para os fatos observados por Galeno. Em resumo, para desenvolver outra explicação para o funcionamento do coração, era necessário que surgisse outra "metáfora tecnológica".

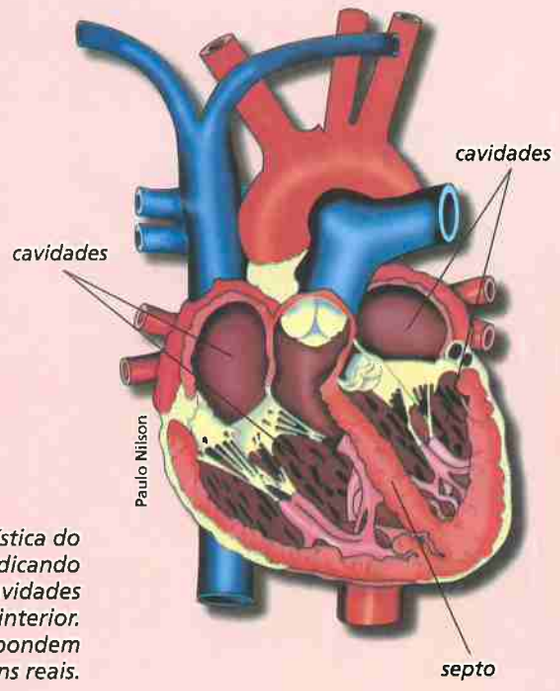



Ilustração produzida com base em: SOBOTTA, *Atlas de anatomia humana*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000. v. 2. p. 76-7 e 79.

*Representação artística do coração humano, indicando as quatro cavidades existentes em seu interior. As cores não correspondem aos tons reais.*

### *Vesálio: experimentos com o coração*

No século XVI foi realizado um experimento para testar se realmente existiam canais no septo cardíaco pelos quais o sangue "refinado" chegava ao lado esquerdo do coração. Esse experimento foi realizado pelo anatomista flamengo André Vesálio (1514-1564), um dos primeiros a dissecar o corpo humano.

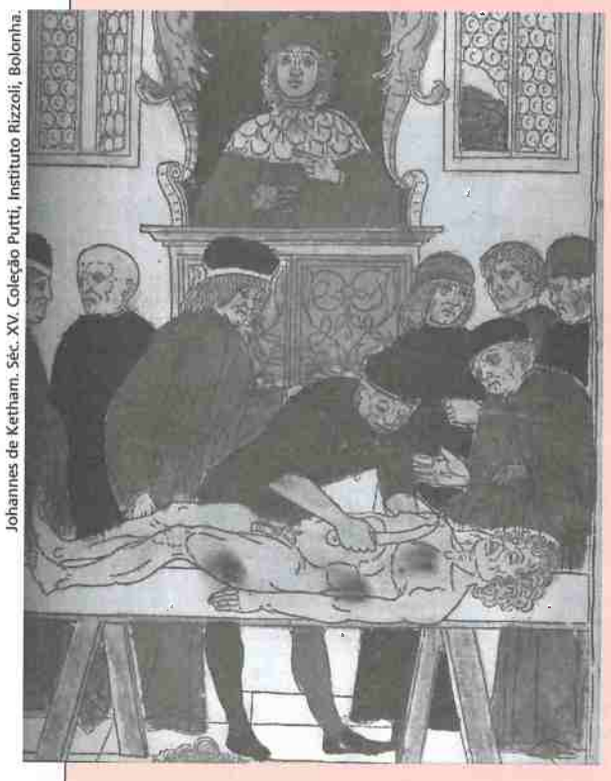
O experimento de Vesálio não poderia ter sido mais simples. Ele pegou minúsculas cerdas de um animal e mergulhou-as numa solução, colocando-as do lado direito de um coração. Então, esperou algum tempo para verificar se as cerdas passavam para o outro lado do órgão.

Analisando esse experimento nos dias de hoje, parece-nos óbvio que somente poderia haver duas interpretações para o resultado. Se as cerdas passassem, era sinal de que os canais existiam; se não passassem, isso indicava que não havia canais, e então a teoria de Galeno precisaria ser repensada.

Porém, se nos colocarmos no lugar de Vesálio, considerando a situação histórica em que viveu, talvez não déssemos uma explicação diferente da sua ao verificar que as cerdas não passaram. A explicação de Vesálio foi a seguinte: "Os canais do septo do coração devem ser tão pequenos que não permitem a passagem de cerdas do tamanho utilizado".

Esses fatos ocorridos na história das ciências mostram que, apesar de os experimentos terem o potencial de verificar teorias e hipóteses, eles não são suficientes para as eliminar. Como Vesálio não possuía nenhum modelo sobre o funcionamento do coração que pudesse substituir o de Galeno, o máximo que poderia fazer seria "adequar" os resultados obtidos em seus experimentos à luz do modelo vigente.

Coube a Vesálio, em outras palavras, *interpretar* os resultados que obteve não de modo que negasse as ideias de Galeno, mas de forma compatível com elas. Tal episódio pode servir como exemplo de que os resultados dos experimentos, em si, não podem eliminar teorias vigentes. Mais do que novos fatos revelados por experimentos, é necessário outro modelo explicativo bem consistente para que surja um conhecimento científico novo.



Johannes de Ketham. Séc. XV. Coleção Putti, Instituto Rizzoli, Bolonha.

*Aula de anatomia no século XV. Lyons Petrucelli.* Medicine: an illustrated history. *Nova York: Abradale Press, 1978.*

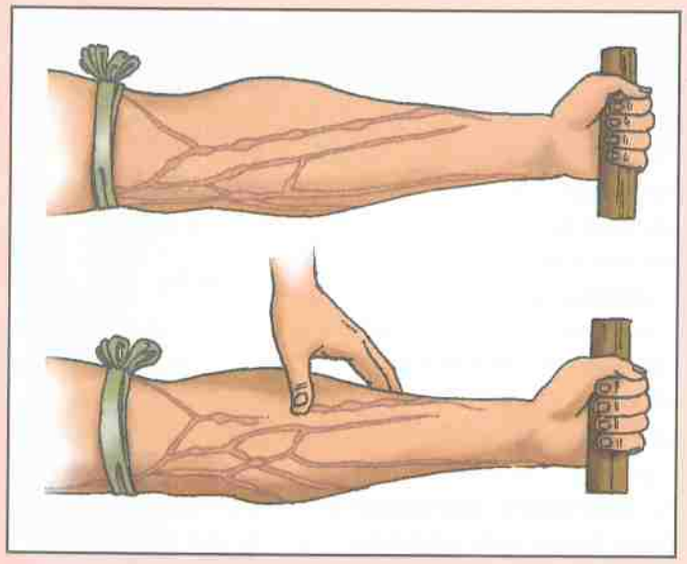


### *Harvey: "O coração é uma bomba"*

O médico anatomista e fisiologista inglês William Harvey (1578-1657) admitia que o coração atuava como uma bomba, que impulsionava o sangue a circular pelo corpo.

Vejamos os passos que o levaram a distanciar-se do modelo de Galeno e construir seu modelo de "coração como uma bomba" para explicar a fisiologia do coração.

Um dos experimentos que Harvey fez era extremamente simples: ele apertou seu antebraço com um torniquete, e as veias próximas à pele ficaram saltadas. Ao pressionar essas veias com o dedo, Harvey observou que a parte entre o pulso e o ponto em que a pressão era exercida ficava dilatada. Ao mesmo tempo, uma parte entre o ponto de pressão e o cotovelo parecia ficar sem sangue.



Mario Pita

*Representação do experimento feito por Harvey utilizando torniquete no braço.*

Para Harvey, só poderia haver uma explicação para esse fato: pelas *artérias*, que estão na parte mais interna do braço, o sangue vem do coração até a mão. E pelas *veias*, que estão na parte mais externa do braço, o sangue volta da mão para o coração. Quando se coloca a ponta do dedo sobre a veia, a volta do sangue é interrompida, e o sangue se acumula entre a mão e o ponto pressionado.

Esse experimento pode ser usado isoladamente, como uma evidência a favor do modelo de circulação do sangue proposto por Harvey. Mas, para construir sua explicação, Harvey utilizou observações prévias que havia feito sobre a estrutura interna das veias. Ele já sabia, pelos estudos realizados por seus antecessores e também por suas próprias observações, que as veias tinham válvulas internas. Essas válvulas eram estruturas em forma de cunha e indicavam que o sangue só poderia percorrê-las num único sentido. Portanto, a ideia de que o sangue fluía por elas como ondas do mar deveria ser incorreta.

Talvez Galeno também já tivesse observado a existência de válvulas venosas e o inchaço das veias de seu braço em circunstâncias semelhantes às de Harvey. No entanto, talvez nunca lhe tenha ocorrido pensar sobre esses fatos, como fez Harvey.

Por que será que ninguém fez isso antes de Harvey? Em primeiro lugar, porque seria preciso lançar certo descrédito em relação às ideias de Galeno. Em segundo lugar, e talvez aí esteja a razão principal, seria preciso que se acreditasse em um modelo explicativo alternativo, que levasse à realização de novos experimentos e ao estabelecimento de novos conhecimentos.

Assim, talvez o próprio Harvey tivesse utilizado essas simples observações (o acúmulo de sangue nas veias de seu antebraço e as válvulas venosas) somente porque acreditava previamente em outro modelo teórico, o do coração como uma bomba, para explicar a fisiologia dessas estruturas.

Portanto, é difícil saber se Harvey já tinha o modelo de circulação do sangue em mente e então realizou experimentos para testá-lo, ou se ocorreu o contrário, isto é, se o processo de construção desse conhecimento se deu de maneira *indutiva* ou *dedutiva*.

O mais provável é que tenha sido das duas maneiras. Harvey pode ter imaginado que havia circulação do sangue com base nas observações que fizera das válvulas venosas. Então, é possível que tenha realizado o experimento do torniquete, um experimento simples que acabou utilizando para, de certa maneira, testar, confirmar e, ao mesmo tempo, elaborar melhor seu modelo.

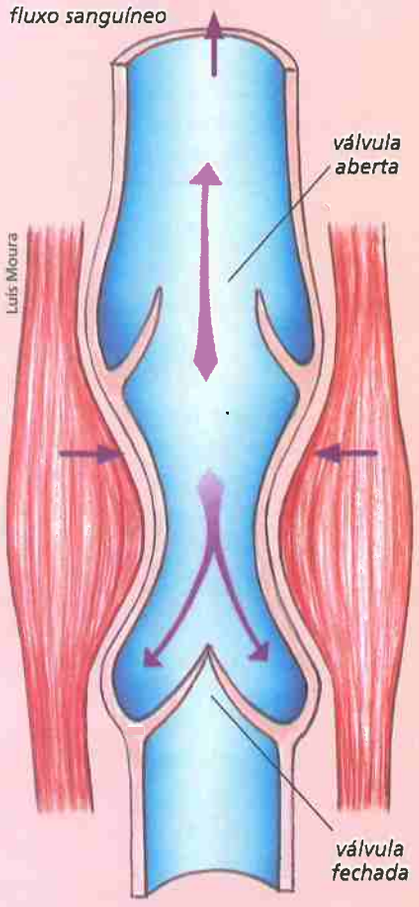



Ilustração produzida com base em: SOBOTTA, *Atlas de anatomia humana*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000. v. 1. p. 18-9.

*Representação de uma veia em corte, na qual são visíveis válvulas venosas. As válvulas venosas impedem o refluxo do sangue pela veia. As cores não correspondem aos tons reais.*

## Questionamento

- *O conhecimento científico é construído por algum método rígido, que podemos aprender a reproduzir?*
- *Qual é o papel da experimentação nas ciências da natureza?*
- *O que vale mais no estabelecimento de um conhecimento científico: os fatos ou a interpretação que damos a eles?*



## Os fatos não fazem a Ciência

Veja o que alguns pensadores disseram sobre o conhecimento científico.

"A acumulação de certo número de fatos não constitui uma ciência: os fatos devem ser ordenados, interpretados, explicados. Ou seja, até que se submeta a um tratamento teórico, um conhecimento dos fatos não se converte em uma ciência." (A. Koyré)

"O conhecimento científico é visto como a construção de mentes humanas (e não um conjunto de verdades a serem descobertas), sempre sujeitas a mudanças... e provisórias." (W. Harlen)

"Não devemos aceitar um princípio geral apenas da lógica, mas provar sua aplicação a cada fato; porque é nos fatos que devemos buscar princípios, e esses devem sempre estar de acordo com os fatos." (Aristóteles)

Lendo essas três frases como se formassem um único texto, podemos ter uma ideia de como os estudiosos da história, filosofia e educação em ciências interpretam o desenvolvimento do conhecimento científico atualmente.

Uma ideia muito rígida, como a de Aristóteles, de que o conhecimento científico seria "puro" e baseado somente em fatos do mundo natural, não é aceita atualmente. Um exemplo contrário a essa ideia é a interpretação dada por Vesálio às próprias observações. Apesar de o resultado obtido indicar claramente que não havia nenhuma passagem entre os lados direito e esquerdo do coração, não foi isso que o cientista concluiu.

Assim, muitas vezes o conhecimento científico pode não refletir muito bem o mundo natural, mas muito mais o modo como esse mundo é (ou foi) visto em determinada época da história por determinado grupo de pessoas. Como vimos anteriormente, a interpretação pelos cientistas dos fatos e dos resultados de seus experimentos está estreitamente relacionada aos modelos explicativos e às metáforas tecnológicas da época.

Isso significa que o conhecimento pode ser mais bem compreendido não só à luz dos fatos do mundo natural que ele explica, mas à medida que for encarado como fruto da visão dos homens que viveram em determinada época.

E, se pensarmos bem, algo muito parecido pode ser dito sobre as situações de ensino-aprendizagem em sala de aula. As explicações que os alunos dão aos fatos da natureza devem ser analisadas não tanto no sentido de quanto elas são semelhantes ou diferentes das explicações científicas para a natureza, mas à luz do pensamento desses alunos.

Ao lidar com o aluno, o professor não pode esquecer que esse aluno tem uma concepção, uma ideia, que pensa algo sobre o que está sendo estudado. E essas concepções do aluno sobre o assunto tratado em aula orientam sua aprendizagem, pois interferem na sua interpretação dos fatos, dos resultados dos experimentos e daquilo que o professor diz.

## A concepção do professor

Algumas pesquisas realizadas em diversos países para averiguar o que pensam os professores sobre a natureza das ciências indicam que eles têm as seguintes concepções:

**Concepções sobre a natureza do pensamento científico comuns entre professores**

- O conhecimento está na realidade. A Ciência é o reflexo correto da realidade (realismo).
- Há um método único e universal para chegar ao conhecimento.
- Esse método não é influenciado pela subjetividade, ou seja, uma observação não é guiada pelas teorias prévias (objetivismo).
- Esse método inclui as seguintes etapas: observação, elaboração de hipóteses, experimentação e enunciado de teorias (indutivismo).
- Os conhecimentos científicos têm caráter absoluto e universal.
- O conhecimento científico é uma forma superior de conhecimento.
- A Ciência é estática, anistórica e aproblemática (portanto, é muito mais um produto acabado do que um processo de construção de teorias).
- A Ciência é neutra.

Como podemos constatar, as concepções dos professores sobre a natureza do conhecimento científico não condizem com aquelas que são exemplificadas pela história das ciências.

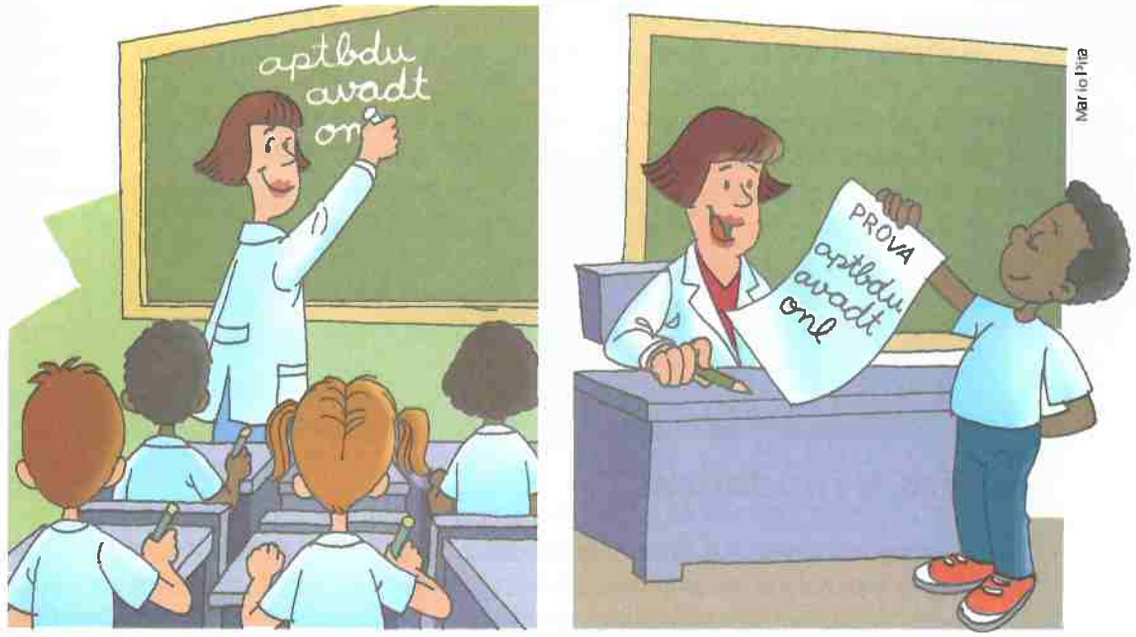
Por causa dessa visão estática e neutra da Ciência que muitos professores têm, eles podem supor que, se o conhecimento científico é o que está presente hoje nos livros e se esse conhecimento é conquistado por meio de um método científico que merece muita credibilidade, por ser rígido e pautado pelo indutivismo, é muito simples ensinar Ciências. Basta dominar esse conhecimento que está nos livros e transmiti-lo para os alunos.

A imagem do "bom aluno" só pode ser aquela de quem é capaz de memorizar o que o professor diz e "devolver" tudo na avaliação. (Parecia ser essa a imagem tida pelo professor que fez o relato da aula com o sr. Esqueleto.) Ou seja, diante de uma concepção equivocada da natureza do conhecimento científico, o professor tende a adotar o modelo de ensino tradicional, no qual a aprendizagem se dá pela mera transmissão-recepção das ditas "verdades científicas".

Portanto, para ensinar Ciências de outra maneira, é imprescindível que o professor dessa disciplina reavalie as concepções que tem sobre a natureza do conhecimento científico.

Mas nem sempre as orientações dos estudiosos em didática das ciências sobre como devemos ensinar essa disciplina foram contrárias ao modelo de ensino por transmissão-recepção. Essa visão também foi se alterando ao longo do tempo.






## O ensino por redescoberta

A partir de 1960, diante do crescente avanço tecnológico e conceitual nas ciências, tornou-se tendência considerar o ensino do *método* pelo qual ocorre a construção do conhecimento científico mais importante que o ensino de certos conceitos.

O ensino tradicional mostrou-se ineficiente quando se começou a dar prioridade ao ensino do "método científico", e assim surgiu uma nova maneira de ensinar Ciências, *o ensino por redescoberta*. Na prática, este se revelou equivocado, mas teve o mérito de romper com a tradição do ensino de Ciências por transmissão-recepção.

Além disso, o ensino por redescoberta tentou aproximar os alunos da atividade científica e da própria história das ciências. Essa nova maneira de ensinar Ciências estava baseada na ideia de os alunos *vivenciarem* o método científico. Acreditava-se que isso era possível por meio de observações, experimentos e generalizações semelhantes (ou até mesmo idênticas) àquelas feitas por alguns cientistas no passado.

Imaginava-se também que, ao trabalhar com esse suposto método científico, os alunos poderiam se deparar com certas *evidências científicas*, assim como ocorrera com alguns cientistas do passado. Consequentemente, acabariam tendo de formular novas hipóteses, mais adequadas para explicar os fenômenos que observavam; poderiam até mesmo chegar a redescobrir o conhecimento científico.

Entretanto, na hora em que essa prática era aplicada, algumas confusões ocorriam. A primeira era o fato de muitos professores conceberem que o desenvolvimento de um conhecimento científico se dava somente à medida que se caminhava em um método rígido e indutivo. Assim, para muitos professores bastava observar, realizar experimentos e fazer generalizações com base nos resultados obtidos, e os alunos automaticamente *redescobririam* o conhecimento científico. Ou seja, na prática do ensino por redescoberta, os professores de Ciências não tinham muita clareza sobre seu papel no processo de ensino-aprendizagem. Se já haviam perdido o papel de leitores do "livro dos conhecimentos científicos" que tinham no ensino por transmissão-recepção, agora no ensino por redescoberta eles pareciam não ter adquirido nenhuma função definida em troca. Era comum o professor acreditar que seu papel se limitava a propor determinadas atividades e fornecer aos alunos o material necessário para realizá-las. Bastaria isso para que os alunos naturalmente aprendessem.

## Conflito e mudança

Na época em que o ensino por redescoberta mostrava suas limitações, começava a se tornar claro que os alunos viam os fatos e os fenômenos da natureza de modo muito peculiar, geralmente distinto do conhecimento científico formal. Como esses *conhecimentos prévios* dos alunos revelavam-se muito resistentes ao ensino formal, passou-se a admitir que eles deveriam ser enfrentados nas situações de ensino-aprendizagem.

Portanto, já não se acreditava que apenas a realização de atividades *interessantes* levaria automaticamente ao aprendizado. Agora se questionava: se os alunos têm conhecimentos prévios que parecem ser uma barreira à aprendizagem dos conhecimentos científicos, então como o professor deve agir para promover uma mudança conceitual?

As orientações didáticas que emergiam para atender aos novos questionamentos sugeriam a proposição de *conflitos cognitivos*. Resumidamente, admitia-se que, para ocorrer a mudança conceitual, o aluno deveria ser colocado diante de uma diversidade de situações nas quais ele poderia perceber uma incoerência, um contrassenso entre o seu próprio sistema explicativo e o que acontecia de fato.

Vejamos um exemplo: se um aluno acredita que o efeito de afundar é determinado pelo volume de um objeto — objetos grandes afundam e objetos pequenos flutuam —, e não pela relação entre a massa e o volume, o professor pode criar situações nas quais esse sistema explicativo não seja válido.

Uma das possibilidades seria apresentar ao aluno dois objetos: um pequeno e bem denso e outro grande e pouco denso. Em seguida, o professor poderia perguntar ao aluno o que ele acha que irá acontecer se os objetos forem mergulhados na água. Caso o aluno diga que o objeto maior vai afundar e o menor não, ele estará em situação de conflito ao observar o resultado da atividade.

Mario Pita

Há alguns anos, admitia-se que a promoção de conflito cognitivo criava uma situação de desequilíbrio para o aluno, elemento fundamental para que ocorresse uma mudança conceitual. Acreditava-se que, após vivenciar essa situação de conflito, o aluno poderia verificar a insuficiência e a incoerência dos seus sistemas explicativos e, com a ajuda do professor, criar um modelo explicativo que se adequasse aos fatos observados. E, para verificar se uma mudança conceitual realmente ocorrera, o professor proporia novas situações práticas, nas quais observaria se o aluno continuava (ou não) aplicando o antigo sistema explicativo. Assim, ensinar Ciências objetivando mudança conceitual consistia em (Gil Pérez, 1993):

- identificar as ideias prévias dos alunos;
- propor conflitos cognitivos;
- introduzir novas ideias capazes de esclarecer o conflito cognitivo;
- proporcionar aos alunos oportunidades de aplicar as novas ideias em situações diferentes.

Essa orientação mostrou-se insuficiente para o ensino das ciências da natureza. Primeiro, porque nem tudo o que para o professor parecia um contrassenso, ou uma evidência contrária a determinado modelo explicativo, era visto do mesmo modo pelo aluno. Consequentemente, na prática, nenhum conflito cognitivo ocorria, e o aluno não sentia necessidade de alterar seus sistemas explicativos. Segundo, porque mesmo em situações mais adequadas ao nível cognitivo dos alunos, nas quais eles percebiam um conflito entre suas explicações e algumas observações, poderia não ocorrer nenhuma mudança conceitual.

Hoje sabemos que, muitas vezes, diante de situações de conflito cognitivo, os alunos não alteram seus sistemas explicativos, mas adaptam a interpretação das observações ou dos resultados experimentais às suas explicações prévias.

Lembre-se de que foi exatamente isso o que aconteceu com Vesálio, quando ele interpretou os resultados que obteve no experimento em que analisava

a passagem de cerdas pelo septo cardíaco. O conflito com que ele se deparou não foi suficiente para que ocorresse mudança conceitual mais profunda. Vesálio considerou que os resultados obtidos não eram conclusivos para descartar a existência dos canais no septo cardíaco. Ele não formulou uma explicação nova para o caminho do sangue pelo coração.

## Investigar e aprender

O ensino de Ciências realizado apenas com o objetivo de provocar uma mudança conceitual acabou apresentando a falha de não estimular os alunos a investigar de fato.

No desejo de alcançar a tal mudança conceitual, sempre que os alunos davam sua explicação para algum fato proposto pelo professor, vinha a contrapartida: "A coisa não é bem assim", ou "Você deve fazer isso ou aquilo, e obterá dados inconsistentes com as suas ideias".

Tornava-se evidente que o ensino de Ciências não deveria objetivar apenas uma mudança conceitual, mas considerar que os conhecimentos prévios apresentados pelos alunos estão associados a uma forma peculiar de lidar com os fatos da natureza — e isso, sim, deveria ser trabalhado em sala de aula.

Essa maneira pela qual os alunos costumam tratar os fatos naturais foi denominada *metodologia da superficialidade*. Suas características básicas seriam:

- Tendência a generalizar acriticamente, com base nas observações.
- Realizar observações geralmente não controladas.
- Elaborar respostas rápidas e seguras, baseadas em evidências do senso comum.
- Raciocinar numa sequência causal e linear.

Como esse modo de pensar não leva a outro lugar senão ao senso comum, é evidente que a aprendizagem de conceitos científicos só ocorrerá se houver uma mudança e superação da metodologia da superficialidade por parte dos alunos.

Portanto, acredita-se atualmente que o objetivo do ensino de Ciências não se pode limitar à promoção de mudanças conceituais ou ao aprendizado do conhecimento científico. É necessário também buscar uma *mudança metodológica* e *atitudinal* nos alunos.

### Verdadeiros cientistas

Para superar a metodologia da superficialidade, os alunos devem realizar as atividades de modo que se aproximem cada vez mais do "fazer Ciência" dos verdadeiros cientistas. Acredita-se que, ao trabalhar dessa maneira, os alunos terão oportunidade de enfrentar problemas reais e procurar soluções para eles. É lógico que, para fazer isso, usarão inicialmente o que têm à mão: seus conhecimentos prévios. Posteriormente, poderão usar ideias novas que certamente irão surgindo à medida que caminham em um ciclo investigativo.

Deve-se salientar, contudo, que o objetivo do *ensino como investigação* não é formar verdadeiros cientistas, tampouco obter única e exclusivamente mudanças conceituais. O que se pretende, principalmente, é formar pessoas que pensem sobre os fenômenos do mundo de modo não superficial.



Supõe-se que, com o ensino de Ciências como investigação, os alunos se tornarão cada vez mais capazes de construir conhecimentos sobre a natureza mais próximos do conhecimento científico que do senso comum.

Vejamos alguns aspectos da mudança metodológica que estão associados ao ensino de Ciências como investigação:

- Supera evidências do senso comum.
- Introduz formas de pensamento mais rigorosas, críticas e criativas.
- Obriga à imaginação de novas possibilidades, com a elaboração de hipóteses.
- Estimula a comparação de diferentes hipóteses em situações controladas.

Quando os alunos aprendem Ciências investigando, é importante que eles deparem com problemas e os enfrentem de maneira não superficial, fazendo análises críticas, formulando hipóteses explicativas, validando-as e criando formas de testá-las.

Atualmente, o ensino de Ciências como investigação é sugerido principalmente para alunos a partir dos 10 anos. Contudo, alguns estudos vêm demonstrando que esse modo de ensinar Ciências pode ser adaptado aos anos iniciais da vida escolar.

Destacamos que, na orientação do ensino-aprendizagem de Ciências como investigação, o ponto inicial são os problemas com os quais os alunos se defrontam — nesse sentido, o conflito cognitivo não é uma imposição externa. O próprio aluno trabalha com hipóteses explicativas e, com isso, o tempo todo as compara, testa-as, coloca-as em situações de conflito potencial, para validá-las ou não.

Assim, resumidamente, uma orientação para o ensino como investigação estabelece (Gil Pérez, 1993):

- Propor situações-problema.
- Propor o estudo qualitativo das situações-problema e a formulação das primeiras hipóteses explicativas.
- Tratar cientificamente o problema a ser investigado, pela:
  - validação e reformulação das primeiras hipóteses explicativas;
  - elaboração e realização de experimentos;
  - análise dos resultados experimentais à luz das hipóteses explicativas (o que se pode converter em situação de conflito cognitivo).
- Lidar com as informações obtidas, formulando novas hipóteses, sínteses e novos problemas a serem investigados.

Trataremos adiante de alguns temas que permeiam o ensino como investigação: a resolução de problemas, os conceitos prévios dos alunos, o planejamento e a execução de atividades com fins didáticos específicos, a avaliação do ensino-aprendizagem.

Entretanto, antes de tratar desses assuntos, é importante lembrar uma vez mais que, associada a uma mudança conceitual, também está uma mudança metodológica e atitudinal (a ser constantemente buscada pelo professor). Assim, no próximo capítulo, vamos iniciar a discussão sobre os conteúdos a serem trabalhados no ensino das ciências da natureza. Veremos que esses conteúdos não são somente aqueles de natureza conceitual.

# LEITURA COMPLEMENTAR

## 1. [Cognição, construção de conhecimento e ensino: um pouco de filosofia]

O italiano Giambattista Vico, em 1710, elaborou um estudo que abordava alguns conceitos-chave utilizados no construtivismo praticado atualmente.

Um dos princípios básicos da teoria elaborada por Vico era que "saber" significava "saber fazer". Ele demonstrava isso ao afirmar que alguém conhece realmente algo quando pode dizer de quais componentes ele se constitui. Consequentemente, somente Deus pode conhecer o "mundo real", porque Ele sabe como e o que Ele criou. Em contraste, o ser humano pensante e produtor de conhecimento pode conhecer somente o que construiu. [...]

Nas palavras de Vico: "*Deus é o artesão, o produtor de artefatos da natureza; em contrapartida, os seres humanos são os deuses dos artefatos*".

Os movimentos contemporâneos observados em filosofia das Ciências convergem para a percepção de que o conhecimento não deve ser considerado uma representação objetiva de um ambiente ou realidade feita por um observador externo e independente. O fato de o conhecimento científico nos habilitar a lidar com o mundo não justifica a crença que esse conhecimento fornece uma imagem do mundo que corresponde à realidade absoluta.

Isso quer dizer que, em vez de o conhecimento ser uma representação do que existe, do que é considerado real, o conhecimento seria um mapeamento do que, da perspectiva da experiência humana, parece plausível.

Estas ideias podem ter implicações importantes na educação. Elas traduzem outro princípio básico do construtivismo: o aprendizado é uma construção pessoal.

Segundo Piaget, essa construção é produto da auto-organização. O conhecimento não pode ser adquirido passivamente porque não é possível apropriar-se de um conhecimento novo, a não ser a partir da associação do novo com experiências e sensações anteriores por meio de uma estrutura cognitiva que já possuímos. Mais ainda, não se percebe uma experiência como "nova" até que ela produza resultados diferentes dos esperados, de acordo com a vivência pessoal. Somente nesse ponto a experiência pode levar a uma acomodação e a nova estrutura conceitual, que reestabelece um equilíbrio relativo.

Vale enfatizar que a fonte mais frequente de novas experiências e conhecimentos para o sujeito em desenvolvimento cognitivo é a interação com outras pessoas. Esta é a razão pela qual professores construtivistas de ciências e matemática têm promovido "trabalhos em grupo", nos quais há pouca ou nenhuma interferência do professor na construção inicial do conhecimento.

Fonte de pesquisa: VON GLASERFELD, Ernst. Cognition, construction of knowledge, and teaching. In: MATTHEWS, Michael R. (Org.). *Constructivism in science education*. Dordrecht: Kluwer Academic Press, 1998. p. 12-3.

## SOBRE O TEXTO

1. Identifique no texto pelo menos um princípio básico do construtivismo. Em seguida, explique esse princípio.
2. Você acha importante que os alunos trabalhem em grupo? Argumente a favor de sua opinião, procurando usar o texto anterior e algumas ideias que foram apresentadas neste capítulo do livro.

## 2. [Qual é a natureza das ciências?]

Quais são as características da Ciência e do conhecimento científico que os estudantes deveriam aprender nas aulas de Ciências? Aqui vai uma breve lista:

1. Deve-se entender a distinção entre observação e inferência. Observação é um relato descritivo a respeito de fenômenos naturais que são diretamente acessíveis para os sentidos (ou extensões dos sentidos) e sobre a qual diferentes observadores podem chegar a um consenso com relativa facilidade. Por exemplo, descrições da morfologia de um fóssil são observações. Inferências, por outro lado, vão além dos sentidos. Por exemplo, quando se desenvolvem explicações sobre a morfologia do fóssil em termos de suas possíveis funções. Em um nível mais elevado, os cientistas inferem modelos e mecanismos que explicam observações de fenômenos complexos (por exemplo, modelos do clima, evolução dos seres vivos).
2. Lei em Ciência é diferente de teoria científica. Geralmente as pessoas pensam que teoria torna-se lei, dependendo da disponibilidade de evidências que a suportam. Daí alguns pensarem que leis têm o *status* superior a teorias. Estas visões são inadequadas. Teorias e leis são tipos de conhecimento diferentes. Leis são afirmações ou descrições de relações entre fenômenos observáveis. A lei de Boyle, por exemplo, relaciona a pressão de um gás com o seu volume em uma dada temperatura. Já as teorias, ao contrário, são explicações inferidas a partir dos fenômenos observados. Por exemplo, a teoria da cinética de moléculas fornece explicação para o que se observa e é descrito pela lei de Boyle. [...]
3. O conhecimento científico envolve a criatividade e a imaginação humana, mesmo sendo esse conhecimento baseado em observações do mundo natural e derivado delas. A Ciência requer a "invenção" de explicações, e isso requer muita criatividade dos cientistas. Considerando isso e a natureza inferencial da ciência, podemos dizer que conceitos científicos como "átomos", "buracos negros", "espécies" são modelos teóricos funcionais mais do que cópias fiéis da realidade. [...]
4. O conhecimento científico é subjetivo e baseado em experiências anteriores. O trabalho dos cientistas é influenciado pelos seus conhecimentos prévios, suas crenças e suportes teóricos, experimentos e treinamento. Isso forma um cenário que determina os problemas que o cientista investiga e como ele conduz a investigação, bem como o que observa e deixa de observar. [...]
5. A Ciência é praticada por seres humanos que pertencem a uma cultura. A Ciência, portanto, afeta e é afetada pelos elementos da cultura na qual está inserida. [...] A acupuntura, por exemplo, não era aceita pela Medicina ocidental até que essa prática conseguisse fornecer evidências e explicações para sua eficácia. Ou seja, até que a prática da acupuntura pudesse "ser assimilada" pela cultura ocidental, ela era marginalizada.

6. O conhecimento científico nunca é absoluto ou incontestável. O conhecimento científico é passível de revisão e sujeito a mudança. As afirmações científicas podem mudar conforme surgem novas evidências, possíveis por avanços teóricos e tecnológicos, que têm de ser aplicadas às teorias ou leis existentes ou na medida em que evidências antigas são reinterpretadas à luz de avanços teóricos, por exemplo. [...]

LEDERMAN, Norman G. Nature of science: past, present, and future. In: ABELL, Sandra K.; LEDERMAN, Norman G. *Handbook of research on science education*. London: Lawrence Erlbaum Associates, 2007. p. 833-4. (Tradução dos autores.)

## SOBRE O TEXTO

1. Qual é a diferença entre "observação" e "inferência"? Dê um exemplo com base na história do conhecimento científico da circulação do sangue que apresentamos neste capítulo.
2. "O conhecimento científico é um conjunto de verdades absolutas." Você concorda com essa frase? Argumente a favor de sua resposta procurando usar informações do texto anterior.



# 2

# COMO E O QUE ENSINAR EM CIÊNCIAS?

hec/imagem

Como será a metodologia que vou adotar para ensinar Ciências? Quais serão as consequências desta escolha em termos de "o que" os alunos aprendem?

Neste capítulo vamos ver como é que um mesmo assunto — "a decomposição" — pode ser trabalhado por duas professoras que seguem orientações didáticas totalmente distintas. Este exemplo poderá nos ajudar a entender como a metodologia escolhida pelo professor influi no resultado do processo de ensino-aprendizagem. Enfatizaremos particularmente a questão dos diferentes tipos de conteúdos: conceituais, procedimentais e atitudinais que poderiam ser trabalhados em cada uma das situações analisadas.

## De olho na sala de aula

### *Observar, discutir, concluir*

Sílvia é uma professora bastante preocupada com a motivação de seus alunos. Ela acredita que sempre é importante incluir atividades práticas ou de observação em suas aulas.

Assim, para estudar a decomposição dos seres vivos com seus alunos do 4º ano, ela pediu a cada um deles que trouxesse de casa um pote com cascas e pedaços de verduras, legumes, frutas e restos de carne.

Todos os potes foram colocados juntos ao lado do quadro de giz, abertos, e ficaram ali por quase uma semana. Durante todo esse tempo, os alunos fizeram observações e as registraram nos cadernos. As principais observações foram sobre uns "fiozinhos" que apareceram nos restos de alimentos: os fungos. Além disso, os alunos verificaram que alguns alimentos que estavam nos potes, como o tomate, depois de um tempo haviam "virado líquido".

Mario Pita

Ocorreu, contudo, que começaram a reclamar do cheiro que estava vindo daqueles potes. Por causa das reclamações da direção da escola, a professora resolveu pedir aos alunos que jogassem fora alguns potes e ficassem somente com três deles.

Coube aos alunos escolher os três potes que permaneceriam na sala. Por unanimidade, os potes escolhidos foram aqueles em que havia ocorrido algo que ninguém esperava.

O fato inusitado foi o aparecimento de algumas "minhoquinhas brancas", que ficavam andando sobre os restos de comida em decomposição e na parede do pote. As tais "minhoquinhas" chamaram muito a atenção dos alunos, e todos queriam saber "que bichos eram aqueles".



A professora, no entanto, também não sabia que bichos eram e consultou um colega especialista em Ciências. Descobriu que as "minhoquinhas" eram larvas de insetos e estavam se alimentando dos restos que estavam nos potes.

Sílvia percebeu, então, que tinha em mãos uma excelente oportunidade para solicitar aos alunos que realizassem uma pesquisa em grupo sobre aqueles misteriosos bichinhos que haviam aparecido nos potes.

Os alunos pesquisaram na sala de aula, consultando materiais da biblioteca da escola previamente selecionados pela professora. Em seguida, cada grupo deveria contar aos colegas o que havia aprendido.

Alguns grupos de alunos descobriram que aquelas "minhoquinhas brancas iriam virar moscas". (Na verdade, "minhoquinhas brancas" são moscas, só que na fase de larva. Na fase adulta, elas têm asas e parecem-se com moscas como as conhecemos.) Essa informação foi tão surpreendente que algumas crianças chegaram a duvidar. Afinal de contas, as "minhoquinhas brancas" não se parecem em nada com moscas.

A professora sugeriu então aos alunos um experimento para verificar se o que estava nos livros era verdade. Colocaram uma gaze tapando os potes, de modo que impedisse a entrada de moscas de fora e a fuga das "minhoquinhas brancas". Com isso, ficava claro que, se aparecesse alguma mosca no frasco, ela só poderia ter surgido lá dentro, onde havia somente as tais "minhoquinhas brancas".

Dr. F. Rudolph Turner/Visuals Unlimited/Corbis/Latinstock

*Larva da* Drosophila sp.

Dr. Jeremy Burgess/SPL/Latinstock

*Pulpa da* Drosophila sp.

Hermann Eisenbeiss/Photo Researchers/Latinstock

Drosophila sp.

Depois de algum tempo, os alunos constataram, entre outras observações, que, quando já estavam bem grandes, as larvas ficavam diferentes e formavam pupas, de modo semelhante ao que ocorre com as borboletas. E, depois de pouco tempo, moscas adultas apareciam dentro dos potes.

A professora Sílvia ficou muito satisfeita com a participação dos alunos nesse trabalho e resolveu encerrá-lo com uma aula de discussão. Seu objetivo era ajudar os alunos a "sistematizar" o conhecimento que haviam adquirido. Em seguida, pediu que cada aluno escrevesse um relatório sobre o trabalho realizado.

## De olho na sala de aula

### Escutar e responder

A professora Cátia trabalha com alunos do 4º ano há 15 anos. Como já tem bastante experiência, não teve dúvidas na hora de planejar uma unidade didática sobre *decomposição*.

Primeiro, iria complementar o capítulo do livro didático que adotara com textos de outros livros. Depois, ainda como reforço, iria utilizar um projetor multimídia (do tipo *data show*) para mostrar aos alunos as fotografias coloridas de fungos que costumava utilizar nos anos anteriores.

Certa de seu planejamento e de sua experiência, já na primeira aula a professora Cátia pediu aos alunos que lessem o trecho do livro que tratava de decomposição. Depois, orientou-os para que fizessem os exercícios do livro e, em seguida, respondessem no caderno a algumas perguntas complementares ditadas por ela.

Finalmente, como tarefa de casa, Cátia pediu aos alunos que deixassem um pedaço de pão úmido dentro de um saco plástico fechado e fora da geladeira por três dias e observassem o que acontecia. Para garantir que ninguém deixaria de fazer a atividade, determinou aos alunos que levassem o pão para a classe, na aula seguinte de Ciências.

Mario Pita



A maioria dos alunos levou para a escola o saco plástico fechado, com um pão embolorado dentro. Os mais falantes contavam o que havia acontecido com os pães: "Apareceu uma casca preta"; "No meu se formaram uns pelos cinza". Nessa aula a professora pegou alguns dos sacos plásticos com pães trazidos pelos alunos e, apontando com o dedo, explicou-lhes que aquilo que havia se formado sobre os pães eram fungos. Disse também que era o fungo que iria fazer a decomposição do pão. Depois, distribuiu cópias de uma página de outro livro didático que trazia mais informações sobre esses seres vivos. E, como não havia exercícios de interpretação de texto nessa página, ela ditou algumas perguntas a que os alunos deveriam responder logo após a leitura.

A terceira e última aula planejada pela professora Cátia, nessa unidade didática, iniciou-se com a correção dos exercícios propostos. Em seguida, os alunos foram para a sala de projeção, onde finalmente puderam ver as tão esperadas fotografias de fungos.

Para encerrar, a professora respondeu às perguntas dos alunos e, no final da aula, marcou uma avaliação sobre a decomposição para a semana seguinte.

## Questionamento

- *O que os alunos aprenderam com a professora Sílvia? E com a professora Cátia?*
- *As estratégias das duas professoras tinham os mesmos objetivos?*
- *A seu ver, os resultados obtidos nas duas situações foram os mesmos?*
- *É possível afirmar que uma estratégia foi mais eficiente que a outra?*

## Os objetivos da unidade didática

Apesar de as duas professoras terem trabalhado o mesmo assunto, e com alunos de mesma faixa etária, percebe-se uma diferença muito grande em relação às estratégias utilizadas em cada caso. O enfoque com relação ao conteúdo, a utilização do tempo, o papel de cada professora e dos alunos e a dinâmica grupal foram diferentes.

A professora Sílvia, por exemplo, planejou sua unidade didática embasada em uma atividade prática de observação efetuada pelos alunos. Foi dessa maneira que ela trabalhou os assuntos *processo de decomposição* e *metamorfose dos insetos*.

Por sua vez, a professora Cátia privilegiou a quantidade de informações a respeito de um agente decompositor específico: os fungos. Para isso, utilizou diferentes livros e, na aula com o projetor multimídia, enfatizou a informação visual.

No quadro a seguir comparamos as duas estratégias, considerando *turma 1* a da professora Sílvia e *turma 2* a da professora Cátia.

| | **Turma 1** | **Turma 2** |
|---|---|---|
| **Unidade didática** | Decomposição dos seres vivos. | Decomposição dos seres vivos. |
| **Enfoque conceitual do conteúdo** | Processo de decomposição e metamorfose dos insetos. | Os fungos (como agentes da decomposição). |
| **Utilização do tempo** | Um mês, utilizado para observação, registro e documentação, pesquisa bibliográfica, aulas de discussão, produção de texto. | Quatro aulas utilizadas para leitura; resolução de exercícios (do livro e extras); cópia de exercícios ditados pela professora; correção de exercícios; aulas expositivas; avaliação escrita. |
| **Papel do professor** | Organiza as tarefas; propõe temas para pesquisas; fornece material para os alunos consultarem e obterem informações; propõe experimentos; orienta a realização de experimentos; orienta discussões sobre as observações feitas; organiza a discussão entre os alunos; favorece o trabalho cooperativo entre os alunos. | Fornece informações sobre um assunto específico; responde às perguntas dos alunos; propõe exercícios e lições de casa; dá aulas expositivas. |
| **Papel do aluno** | É ativo na construção de seu conhecimento; observa, registra observações, discussões e atividades práticas; realiza experimentos; analisa resultados das atividades práticas; produz textos explicativos; busca informações novas; trabalha em grupo; expõe suas conclusões para os colegas; escuta o que os outros têm a dizer; tira suas próprias conclusões. | Recebe o conhecimento já pronto e elaborado; lê textos de livros didáticos; presta atenção ao que a professora diz; faz perguntas para as quais recebe as respostas imediatamente; entra em contato com informações novas trazidas somente pela professora (por meio do que ela diz e de textos que ela fornece); emprega certas técnicas (para as quais foi treinado) para resolver exercícios. |



Fica evidente que as metodologias adotadas são muito distintas. Numa delas a professora preponderantemente fornece o conhecimento já elaborado para o aluno; na outra, a professora dá mais chances para que o aluno seja agente construtor do conhecimento.

## O QUE EFETIVAMENTE FOI ENSINADO

É impossível saber qual das duas formas de ensinar vistas anteriormente é a *melhor*. Isso porque um julgamento nesses termos tende a se basear na experiência particular, ou nos ideais de ensino, daqueles que se atrevem a fazer tal julgamento.

Mais produtivo seria questionar: "Para que objetivos cada forma de ensinar seria mais adequada?". Ao mesmo tempo que estabelecemos isso, poderíamos também nos preocupar em definir os parâmetros para considerar uma unidade didática eficaz ou não.

Na nossa opinião, uma unidade didática é eficaz quando se verifica que os *objetivos estabelecidos são atingidos pela maioria dos alunos*.

Mario Pita

Assim, só é possível comparar diretamente duas unidades didáticas, com relação à eficiência, se os objetivos de ambas forem os mesmos. Portanto, no nosso exemplo, o mais adequado é perguntar, antes de mais nada, se os objetivos das professoras Sílvia e Cátia eram iguais.

Uma análise superficial poderia indicar que sim, já que as duas trabalharam com seus alunos uma unidade didática sobre o mesmo assunto: a decomposição dos seres vivos. Aprofundando um pouco mais a análise, porém, podemos identificar outros objetivos que, mesmo não tendo sido explicitados no planejamento oficial, acabaram por se revelar nas estratégias utilizadas.

Pela atuação de cada uma das professoras, podemos deduzir que elas entendem e "priorizam" de maneiras diferentes os objetivos e a função social do ensino. A forma de ensinar da professora Sílvia sugere que, para ela, é função da educação escolar formar um cidadão autônomo. Para atingir isso, ela adota estratégias nas quais o aluno possa ser agente na construção do seu conhecimento.

Já a forma de ensinar da professora Cátia sugere que, para ela, possivelmente não seja pelas atividades escolares que o aluno deva adquirir sua autonomia, e que a função mais importante da escola é a transmissão dos conhecimentos acumulados na história da humanidade.

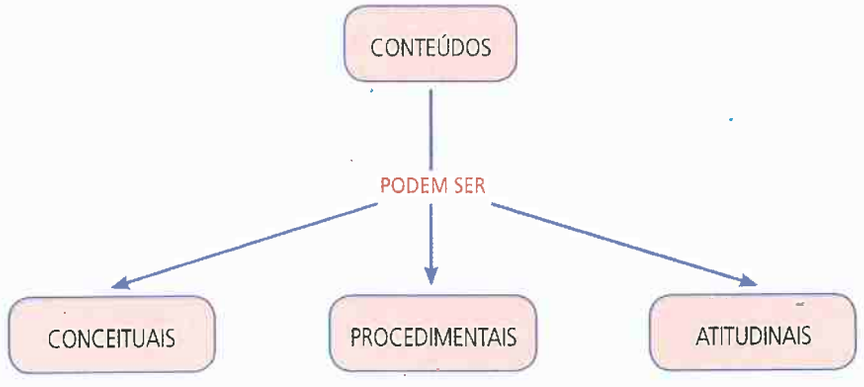
### Questionamento

- *Para você, qual seria a função da educação escolar? E do professor?*
- *E da educação em ciências da natureza?*
- *Você concorda que, em quase todas as aulas, ocorre a expressão do currículo oculto, isto é, daquilo que se faz na prática mas que não estava explícito no planejamento?*

## Os conteúdos do ensino-aprendizagem

Alguns professores e pesquisadores, preocupados em estabelecer o que realmente se ensina na escola, propuseram que tudo o que é passível de aprendizagem é um *conteúdo*. Assim, além dos conteúdos *conceituais*, ou seja, do "saber sobre", o currículo também contém os conteúdos *procedimentais*, ou seja, o "saber fazer", e os conteúdos *atitudinais*, o "ser".

Essa classificação foi muito bem descrita pelo pesquisador espanhol César Coll e colaboradores em 1987 e está proposta nos Parâmetros Curriculares Nacionais, um documento do Ministério da Educação e do Desporto do Brasil (1996).




Com base nessa classificação, é possível planejar as unidades didáticas com maior clareza. Ela nos permite, agora, analisar de maneira mais criteriosa as estratégias propostas pelas professoras Sílvia (*turma 1*) e Cátia (*turma 2*):

| | Turma 1 | Turma 2 |
|---|---|---|
| **Conteúdos procedimentais** | Desenvolver técnicas de observação e documentação; executar pesquisas bibliográficas, relatos verbais e escritos; elaborar e executar atividades experimentais. | Treinar a utilização de técnicas para solucionar exercícios; realizar leituras individuais e silenciosas de texto; ouvir, tomar notas e memorizar a exposição da professora. |
| **Conteúdos atitudinais** | Valorizar as próprias ideias; respeitar as opiniões dos outros; respeitar as regras de organização da turma na hora da discussão; interessar-se pelos trabalhos em grupo; aceitar as decisões do grupo. | Respeitar a professora; fazer silêncio durante a aula; prestar atenção à exposição da professora. |

Como podemos perceber, a unidade didática elaborada pela professora Sílvia objetiva o ensino-aprendizagem de maior número de conteúdos procedimentais e atitudinais, bem como os relaciona mais fortemente ao processo de construção do conhecimento. Isso poderia justificar a diferença no tempo gasto pelas duas turmas numa unidade didática sobre a decomposição.

Para que a comparação entre essas duas unidades didáticas fosse realmente ampla, seria ainda necessário verificar quais objetivos foram atingidos pelos alunos, o que não é possível fazer aqui, por se tratar de uma situação fictícia. Além disso, julgamos ser importante ressaltar que o que pretendemos nesse caso é somente conhecer os tipos dos conteúdos da aprendizagem, e não eleger alguns desses trabalhos como o *melhor*, pois ambos podem ter sido igualmente eficientes de acordo com os objetivos pretendidos pelas duas professoras.

### Os conteúdos conceituais

Os conteúdos conceituais são aqueles que remetem ao conhecimento construído pela humanidade ao longo da história. Referem-se, portanto, a *fatos*, *princípios* e *conceitos*.

*Fatos* são informações pontuais e restritas, como nomes, datas e acontecimentos particulares. No caso da unidade didática referente à decomposição dos seres vivos, por exemplo, poderiam ser trabalhados num 4º ano os seguintes fatos:

> Pasteur foi um cientista francês que viveu no século XIX.
>
> Pasteur inventou a pasteurização.

Esses fatos são acontecimentos históricos, por isso não estão sujeitos a modificações. Outros exemplos de fatos são os nomes dos afluentes do rio Amazonas e dos ossos do corpo humano. Como se pode observar, os fatos requerem apenas *estratégias de memorização* para serem aprendidos.

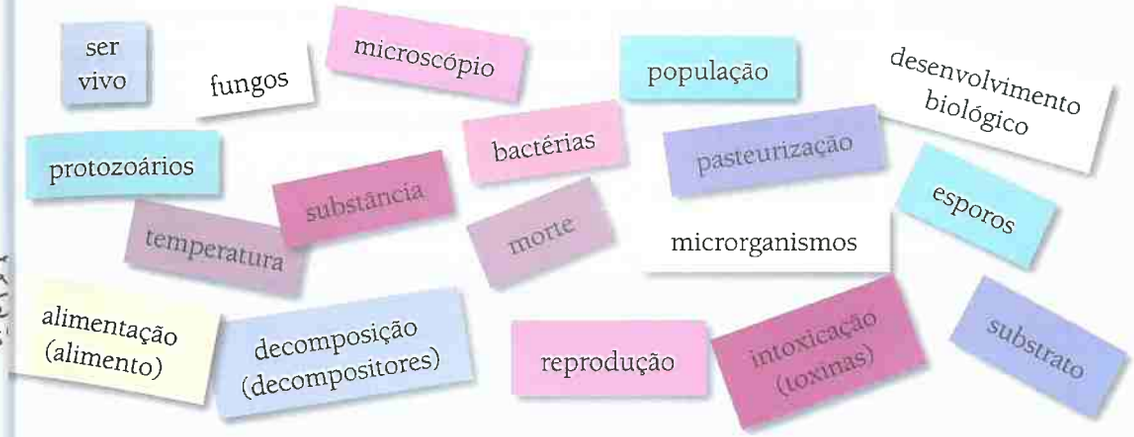
Mario Pita

É sempre desejável que as estratégias voltadas para a aprendizagem dos fatos sejam propostas em *contextos significativos*. Para isso, é fundamental que as atividades que visem à aprendizagem de fatos estejam relacionadas a conteúdos procedimentais, atitudinais e também a conceitos.

*Conceitos* são representados por palavras que têm um significado específico e, quando ouvidos, produzem uma imagem mental. Quando ouvimos a palavra *microrganismo*, por exemplo, já temos uma ideia do que ela significa (para nós), mesmo que nunca tenhamos visto um microrganismo.

Como exemplo, na unidade didática sobre decomposição para alunos do 4º ano, poderiam ser trabalhados, entre outros, conceitos como:






Mas nem todas as palavras referem-se a conceitos. Existem algumas palavras para as quais não conseguimos atribuir nenhum sentido mais específico, quando as escutamos isoladamente. Veja a palavra "senão", por exemplo. Ela é apenas utilizada, em algumas situações, para ligar outras palavras que possuem significado específico. Assim, ela não é considerada um conceito, mas sim uma *palavra de ligação*.

As palavras de ligação são utilizadas para unir os conceitos, formando daí frases ou sentenças, as quais são chamadas *proposições conceituais*.

São as proposições conceituais que estabelecem as relações entre os conceitos e, dessa maneira, ajudam a desvendar seus significados.

**Algumas proposições conceituais referentes à decomposição dos seres vivos**

- Fungos, bactérias e protozoários são seres vivos.
- Fungos e bactérias são os principais seres vivos responsáveis pela decomposição.
- Os alimentos estragados podem provocar intoxicações.
- Alimentos que possuem toxinas provocam intoxicações.
- Esporos são estruturas relacionadas à reprodução.
- Seres vivos muito pequenos (visíveis somente com o uso de instrumentos especiais) são chamados microrganismos.
- Os microscópios possibilitam a observação dos microrganismos.
- Os seres vivos alimentam-se, reproduzem-se e morrem.
- Os seres vivos morrem quando lhes falta alimento.
- A população de seres vivos decompositores aumenta (se há bastante alimento disponível).
- Em temperaturas mais baixas, a reprodução de fungos e bactérias é mais lenta.
- Temperaturas muito elevadas promovem a morte da maioria dos microrganismos.
- A pasteurização é uma técnica usada na conservação dos alimentos.
- A pasteurização utiliza mudanças de temperatura para garantir a conservação dos alimentos.

Definir de antemão as proposições conceituais que se pretende ensinar ao longo de uma unidade didática é bastante útil, já que assim se definem os conteúdos conceituais que se deseja que os alunos trabalhem.

Além disso, ressaltamos que não é em uma única unidade didática que se encerra a aprendizagem de um conceito. Um conceito pode (e deve) ser retomado e ampliado em diferentes momentos e em diferentes anos escolares, à medida que novas proposições conceituais referentes a ele venham a ser objeto da aprendizagem. Assim, o significado dos conceitos pode ir se alterando conforme novas informações sejam obtidas e novas relações sejam com ele estabelecidas; nunca podemos dar por concluída a construção do significado de um conceito. Tal significado é modificado ao longo de toda nossa vida à proporção que desenvolvemos as relações dele com outros conceitos.

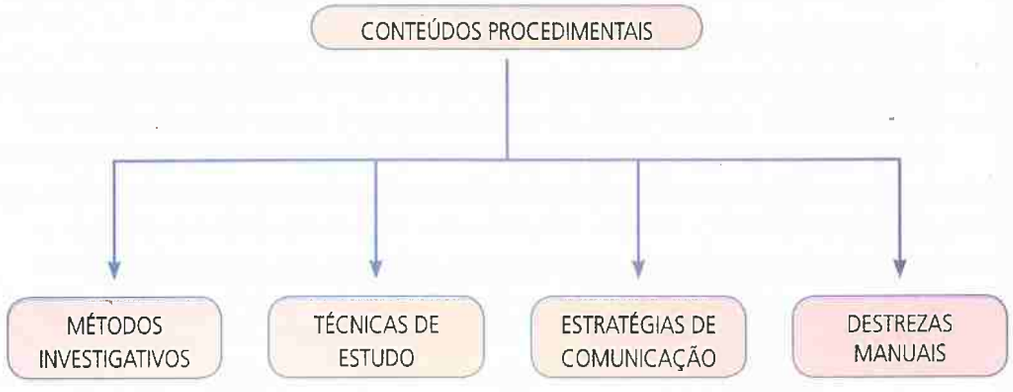
Contudo na atividade didática é comum que se confunda o *significado dos conceitos* com *fatos*, o que se manifesta na escolha inadequada de estratégias pelo professor. Ou seja, é comum que se adotem unicamente estratégias de memorização para trabalhar conceitos, ao passo que tais estratégias seriam mais adequadas à aprendizagem de fatos.

Para se promover a aprendizagem de conceitos são necessárias outras estratégias didáticas. É preciso que o aluno enfrente diversas situações que requeiram outras habilidades intelectuais além da memória. E uma das formas de promover essa maior atividade cognitiva seria, por exemplo, propor situações relacionadas ao ensino-aprendizagem de conteúdos procedimentais.

## Os conteúdos procedimentais

Os *conteúdos procedimentais* referem-se ao "saber fazer", ou seja, a técnicas, métodos e destrezas. Depois de aprendidos, tais procedimentos possibilitam a execução de certas tarefas, razão pela qual podemos dizer que os conteúdos procedimentais são aqueles relacionados à aprendizagem de "ações específicas".

Os conteúdos procedimentais a serem ensinados em Ciências incluem métodos para o trabalho de investigação; técnicas gerais de estudo; estratégias que possibilitam e facilitam a comunicação; o estabelecimento de relações entre os conceitos; destrezas manuais, entre outros.






Atualmente o conhecimento sobre a didática dos conteúdos procedimentais relacionados à Ciência ainda é limitado. Entretanto, é possível descrever e classificar quais seriam os principais conteúdos procedimentais relacionados a essa área, de acordo com Pro Bueno (1995):

| Conteúdos necessários para a realização de uma investigação | Descrição |
|---|---|
| • Observação de objetos e fenômenos. | • Registro qualitativo dos dados e descrição das observações. |
| • Medição de objetos e transformações. | • Registro quantitativo dos dados; seleção de instrumentos de medida adequados; estimativa de uma medida e da precisão de um instrumento. |
| • Classificação de objetos e sistemas. | • Utilização de critérios para classificar; planificação e aplicação de chaves de categorização. |
| • Reconhecimento de problemas. | • Identificação do motivo pelo qual se estuda tal problema; consciência do contexto do problema. |
| • Formulação de hipóteses. | • Estabelecimento de ideias testáveis para resolver um problema; dedução de previsões com base em pesquisa ou conhecimento teórico. |
| • Identificação e controle de variáveis. | • Delimitação das variáveis relevantes e irrelevantes em um problema; estabelecimento de relações de dependência entre as variáveis. |
| • Montagens experimentais. | • Seleção de testes ou experimentos adequados para testar uma hipótese; estabelecimento de uma estratégia de resolução adequada. |
| • Técnicas de investigação. | • Conhecimento de processos experimentais que podem ser úteis para o trabalho de laboratório; conhecimento de estratégias de investigação básicas para a resolução de problemas. |
| • Análise de dados. | • Organização (quadros e tabelas) e representação de dados (gráficos); processamento dos dados e explicação de seu significado; formulação de tendências ou relações entre as variáveis. |
| • Estabelecimento de conclusões. | • Estabelecimento e avaliação crítica de resultados experimentais e do processo de obtenção; elaboração de informes científicos sobre o processo (relatório científico). |

| Destreza manual | Descrição |
|---|---|
| • Manejo de material e realização de montagens. | • Manipulação adequada, respeitando normas de segurança; manipulação correta dos instrumentos de medida. |
| • Construção de aparatos. | • Realização de montagens previamente especificadas; reprodução ou criação de aparatos, máquinas e modelos analógicos. |

Definir conteúdos procedimentais entre os objetivos no ensino de Ciências é uma tarefa bastante complexa. Afinal, existe uma diferença muito grande em considerar os conteúdos procedimentais como conteúdos e objetos da aprendizagem de verdade ou considerá-los uma decorrência automática da execução de atividades pelos alunos.

Assim, é muito comum que alguns professores digam: "O aluno não sabe realizar uma pesquisa bibliográfica"; "O aluno não consegue expor claramente suas ideias"; "O aluno não sabe elaborar um texto sozinho"; "O aluno não sabe...". No entanto, se pensarmos que tais ações estão relacionadas a conteúdos procedimentais, elas podem e devem ser aprendidas pelos alunos, portanto devem ser ensinadas por alguém. Assim, o professor de Ciências não pode ignorar e deve trabalhar os conteúdos procedimentais em suas ações de ensino-aprendizagem.

## A aprendizagem de procedimentos

Para promover a aprendizagem de conteúdos procedimentais, empregamos estratégias que envolvem repetição contextualizada de ações ou sequências de ações. Os alunos são estimulados a refletir sobre o motivo de realizar certas ações, em vez de apenas executá-las mecanicamente. Ou seja, para que sejam efetivamente aprendidas, as ações devem estar relacionadas a algum problema conceitual que se pretende resolver.

No exemplo da professora Sílvia, foi claramente definido um contexto que favorecia a aprendizagem significativa de conteúdos procedimentais relacionados à investigação. Os alunos observaram algo que não era esperado, ficaram curiosos, realizaram uma pesquisa bibliográfica e somente nesse momento foi proposto um experimento para verificar se a informação obtida até aquele momento era verdadeira.

No entanto, a elaboração do experimento não se constituiu numa estratégia de aprendizagem para o conteúdo procedimental "montagens experimentais", de acordo com a classificação dada anteriormente. Para isso, seria necessário que a professora oferecesse aos alunos oportunidades de participarem mais ativamente do planejamento do experimento, não se restringindo à sua execução.

Destacamos que, num contexto educacional mais amplo, a aprendizagem de conteúdos procedimentais, assim como a de conteúdos conceituais, não tem um término definido. Além disso, certas estratégias de ensino podem ser adequadas para trabalhar simultaneamente conteúdos conceituais e procedimentais, além dos atitudinais, que veremos a seguir.



## Os conteúdos atitudinais

Falar das *atitudes* que se esperam dos alunos em sala de aula remete, em geral, aos *comportamentos* que se acredita favorecer o aprendizado de conteúdos procedimentais e conceituais. Alguns exemplos mais comuns de comportamentos desse tipo são: prestar atenção à aula; demonstrar respeito pelo professor; entregar as tarefas com pontualidade; possuir e valorizar a organização ao realizar uma tarefa.

Os *conteúdos atitudinais*, porém, não se referem exclusivamente a tais comportamentos. Referem-se também a sentimentos ou a valores que os alunos atribuem a determinados fatos, normas, regras, comportamentos ou atitudes.

Em nosso exemplo, fica subentendido que a professora Cátia exigiu de seus alunos comportamentos relacionados ao bom desenvolvimento da aula, como prestar atenção e fazer silêncio. Porém, ela pode não ter trabalhado conteúdos atitudinais propriamente ditos, pois, para isso, seria necessário requerer de seus alunos uma *atribuição pessoal de valor* para tais comportamentos. Do contrário, estaria lançando mão da mera imposição de determinados comportamentos aos alunos.

Já no caso da professora Sílvia, favorecer o *trabalho cooperativo* entre os alunos possibilitou a vivência de conteúdos verdadeiramente atitudinais. Enquanto se relacionavam com os colegas e com a professora durante o trabalho em sala de aula, os alunos puderam entrar em contato com diferentes *valores*, expressos nas distintas posturas e comportamentos dos colegas. Com isso, encontraram uma situação favorável à valorização das próprias ideias, puderam exercitar o respeito à opinião dos demais, valorizar a curiosidade para lidar com os fatos naturais etc.

Mario Pita

Como alguns conteúdos atitudinais são amplos e gerais, convém que sejam trabalhados em todas as disciplinas curriculares da escola, inclusive Ciências. Valorizar a solidariedade, o respeito e a ajuda ao próximo são alguns exemplos de conteúdos atitudinais desse tipo. Entretanto, há conteúdos atitudinais

ligados mais especificamente à área de Ciências. Tais conteúdos costumam ser classificados em dois tipos: *atitudes dos alunos para com a Ciência* e *atitudes científicas*.

As atitudes dos alunos para com a Ciência referem-se ao posicionamento pessoal deles em relação a fatos, conceitos e métodos caracteristicamente científicos. Um exemplo seria o grau de interesse dos alunos pelos assuntos da Ciência (que, em uma escala de valores, poderiam ser considerados desde chatos até interessantes, ou desde dispensáveis até essenciais). Outro exemplo seria o valor e a atitude que os alunos têm em relação aos cientistas (por exemplo, considerar o cientista um "louco", introvertido, ou uma pessoa normal, interessante). E um outro exemplo seria o posicionamento do aluno quanto às conquistas e inovações tecnológicas relacionadas ao avanço científico, tais como vacinas, armas nucleares, poluição e fertilização *in vitro*, entre outras.

Já as atitudes científicas seriam aquelas relacionadas especificamente à predisposição dos alunos a uma conduta, ou maneira de ser, supostamente científica. Portanto, para desenvolver atitudes científicas nos alunos, seria importante trabalhar com eles a valorização de algumas características pessoais relacionadas ao trabalho científico. Algumas dessas características seriam racionalidade, objetividade, curiosidade, pensamento crítico, humildade, criatividade, entre outras.

## A aprendizagem de conteúdos atitudinais

A aprendizagem de qualquer conteúdo atitudinal depende muito do comportamento do professor. O aluno observa o modo de agir do professor, analisa-o, avalia a sua coerência e adequação e julga-o como um modelo a ser seguido ou não.

Fica claro então que cabe ao professor de Ciências que queira potencializar a aprendizagem de conteúdos atitudinais:

- ouvir os alunos;
- valorizar a expressão de suas ideias;
- preocupar-se em organizar a turma de modo que todos possam ouvir e entender as ideias dos demais;
- mostrar que acredita em algumas vantagens de usar um método científico;
- exigir, promover e buscar a coerência nas respostas dos alunos;
- valorizar a objetividade e as respostas criativas.

As atitudes do professor em diferentes situações podem, ainda, criar momentos nos quais são vivenciados vínculos afetivos entre ele e seus alunos; entre os alunos; e entre todos eles e o conhecimento. Portanto, atividades nas quais professor e alunos são solicitados a demonstrar suas atitudes propiciam a vivência desses vínculos e são as mais efetivas para o aprendizado de conteúdos atitudinais.

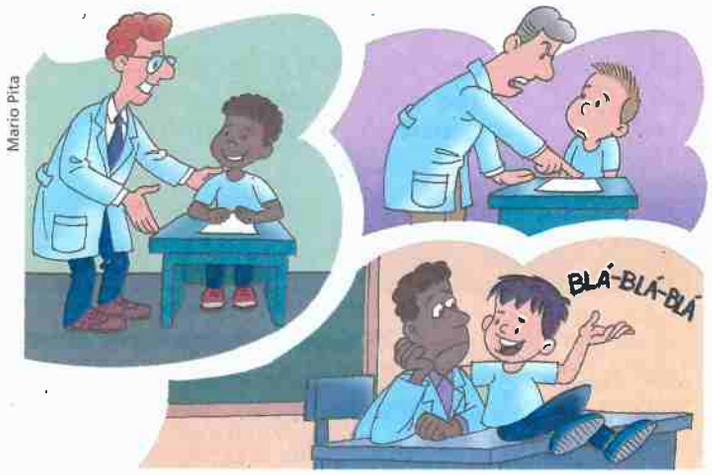
Assim, a aprendizagem de conteúdos atitudinais em sala de aula relaciona-se bastante à *forma* como as atividades didáticas são conduzidas e às relações afetivas e pessoais que se estabelecem durante a aprendizagem. Isso exige que os professores de Ciências sempre tenham uma grande coerência de comportamentos na atuação docente.



## O que se diz, o que se pensa e o que se faz

Muitos professores se empenham em propiciar aos alunos situações que favoreçam a aprendizagem de conteúdos procedimentais e atitudinais. Acreditam que o aluno deve "aprender a aprender", por isso precisa conhecer e utilizar os métodos e as atitudes supostamente científicos. No entanto, como em geral esses conteúdos não são explicitados no planejamento escolar, correm o risco de não serem trabalhados.

O planejamento em Ciências deve contemplar todos os tipos de conteúdos já apresentados anteriormente (conceituais, procedimentais e atitudinais). Uma das maneiras é, inicialmente, fazer um levantamento dentro de cada tipo de conteúdo daquilo que pretendemos que os alunos aprendam. A seguir, realizar uma sequenciação desses conteúdos juntamente com a elaboração das estratégias para o ensino-aprendizagem deles. E, como se isso não bastasse, precisamos também selecionar métodos de avaliação que nos permitam acompanhar o desenvolvimento de todo o trabalho.




Como acreditamos que o planejamento é uma construção pessoal — de um professor ou de um conjunto de pessoas que trabalha em uma instituição educativa —, não é possível listar aqui conteúdos específicos para as aulas de Ciências nos anos iniciais do Ensino Fundamental.

Neste capítulo, limitamo-nos a convidar o professor a refletir sobre os conteúdos relacionados ao processo de ensino-aprendizagem a serem trabalhados com as crianças. Nos demais capítulos, daremos algumas outras orientações, as quais esperamos que possam lhe ajudar em seus planejamentos. Em vários momentos discutiremos estratégia didática, sugestões de atividades e apresentaremos listagens de conteúdos conceituais relacionados a alguns temas específicos das ciências da natureza que costumam ser enfocados na educação primária. Esperamos que tais "dicas" sirvam para a reflexão pessoal e a elaboração do próprio planejamento do professor.[2]

[2] Não faremos sugestões de conteúdos procedimentais e atitúdinais, pois ainda existem poucos estudos sobre a sequenciação desses tipos de conteúdo. Porém, em vários momentos chamaremos a atenção para os conteúdos procedimentais e atitudinais que serão trabalhados nas unidades didáticas ou nas atividades que discutiremos nos próximos capítulos.

Mas, antes de darmos sequência a isso, vale a pena relacionarmos a atual proposta de "ensino de Ciências como investigação" com essa classificação dos tipos de conteúdos do ensino-aprendizagem que apresentamos.

## Superando a metodologia das superficialidades

Analise as falas dos professores apresentadas acima. Uma reflexão que podemos fazer é que, ao colocar toda a responsabilidade pelo processo de ensino-aprendizagem nas mãos dos alunos, tais professores parecem fugir do papel de orientadores e mediadores desse processo. Para eles o aluno é ou um mero receptor de informações, como no ensino por transmissão-recepção, ou ele aprende sozinho e de maneira natural o conhecimento científico, como acreditavam os defensores do ensino por redescoberta. No entanto, como se dará o ensino-aprendizagem dos conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais se o papel do professor não estiver claramente definido?

O professor tem um papel fundamental na condução do processo de construção do conhecimento pelo aluno. Atualmente fica cada vez mais claro que um dos papéis do professor deve ser o de favorecer que seus alunos superem a metodologia das superficialidades no tratamento do mundo natural. Mas, para que tal mudança metodológica ocorra, é óbvio que o professor deve estar atento não somente aos conteúdos conceituais, mas também aos procedimentais e atitudinais. O professor deve ter muito claro quais são os conteúdos do ensino-aprendizagem e ter em mente que deve contemplar o ensino de procedimentos e atitudes para favorecer a superação da metodologia da superficialidade.

A estratégia de ensino de Ciências como investigação que apresentamos neste livro será mais detalhada nos próximos capítulos. Conforme citamos anteriormente, um dos primeiros passos para o desenvolvimento dessa metodologia de ensino é a proposição de uma situação-problema, um assunto que discutiremos no próximo capítulo.



# LEITURA COMPLEMENTAR

### 1. [A importância de favorecer as interações verbais entre os alunos]

Ensinar ciências envolve introduzir os alunos nas maneiras de falar e de pensar da comunidade científica. Considere que você vai ensinar [...] sobre o funcionamento básico de circuitos elétricos [...]. Como saímos de uma situação na qual os alunos entendem pouco ou nada sobre estas ideias para uma situação em que as crianças falam e pensam sobre tais ideias por elas mesmas? Uma sequência de ensino provavelmente incluirá várias atividades diferentes, como trabalhos práticos, demonstrações, etc. O que quer que seja feito na sequência de aulas, no entanto, deve ter como característica central as interações discursivas, ou conversas, entre professor e alunos. É através dessas conversas que a ciência é introduzida aos alunos.

Isso pode parecer óbvio! Como poderíamos ensinar se não interagíssemos com os alunos? Porém, tais interações são frequentemente ignoradas ou desvalorizadas na sequência didática. Pensamos nas abordagens para ensinar determinados tópicos principalmente imaginando quais atividades desenvolver, mas raramente pensamos as maneiras nas quais a conversa se desenvolverá em classe e durante a sequência de aulas. [...]

[...] nosso argumento é que para que ocorra a aprendizagem significativa a partir de uma sequência de ensino, a atividade docente deve envolver tanto abordagens comunicativas "dialógicas" quanto "autoritárias". [...]

Nas abordagens dialógicas o professor solicita os pontos de vista dos estudantes e os leva em conta. Por exemplo: solicitando mais detalhes (*Isso é interessante, o que você quer dizer com...*); escrevendo-os para futuras considerações (*Vamos colocar isso no quadro, para não esquecer...*); ou perguntando a outros alunos se concordam ou não (*Você acha o mesmo do que ela acabou de falar?*). [...]

Mas nem sempre esse é o caso. Há muitas situações nas quais o professor não pretende explorar as ideias dos alunos, mas está mais interessado em focar a visão científica. Nessas ocasiões, ideias ou comentários que não contribuem para o desenvolvimento da lição são remodeladas ou ignoradas. Isso caracterizaria uma interação como autoritária. [...]

O professor deve tomar decisões ponderadas, ao optar pela ocorrência de interações dialógicas ou autoritárias. É ideal haver um balanço entre elas. Considerando que nosso tempo de aula é limitado, deve haver uma relação entre a opção tomada e o conteúdo conceitual a ser ensinado. Por exemplo, se o ponto de vista dos estudantes está muito distante do ponto de vista científico, é ideal despender o tempo de aula para que os alunos se manifestem em interações dialógicas. Já quando o conhecimento dos alunos não é tão distante do conhecimento formal da ciência, poderia ser desperdício gastar tempo com interações dialógicas. [...]

Scott, Phil; Ametller, Jaume. *Teaching science in a meaningful way: striking a balance between "opening up" and "closing down" classroom talk.* School Science Review, v. 88, n. 324, 2007. p. 77-78 e 82-83. (Tradução dos autores.)

## SOBRE O TEXTO

1. Após a leitura do texto explique: qual a diferença entre abordagem comunicativa dialógica e abordagem comunicativa autoritária?
2. Considere a seguinte situação: "O professor apresentou aos alunos um circuito elétrico simples. Perguntou se sabiam como o circuito funcionava e permitiu que três deles falassem rapidamente suas ideias. Em seguida, apresentou a explicação científica".

   Analise essa situação e responda: As interações que ocorreram foram predominantemente dialógicas, predominantemente autoritárias ou ocorreu um balanço entre interações dialógicas e autoritárias? Justifique a sua resposta.
3. Considere as situações da professora Cátia e da professora Sílvia apresentadas no "De olho na sala de aula". Como você imagina que devem ter se dado as interações verbais em cada uma dessas situações? Procure usar os termos "interações dialógicas" e "interações autoritárias" em sua resposta.

### 2. [A justificação das atitudes]

Os fundamentos científicos devem subsidiar a formação de atitudes dos alunos. Não basta ensinarmos ao aluno que não se deve jogar lixo nas ruas ou que é necessário não desperdiçar materiais. Para que essas atitudes e valores se *justifiquem*, para não serem "dogmas" vazios de significados possíveis, é necessário informar o aluno sobre as implicações ambientais dessas ações. Nas cidades, lixo nas ruas pode significar bueiros entupidos e água de chuva sem escoamento, dando condições para enchentes etc. Por sua vez, o desperdício de materiais pode significar a intensificação de extração de recursos naturais.

Além de conteúdos conceituais, valores e atitudes, é necessário o ensino e a aprendizagem dos procedimentos: modos de buscar e tratar a informação, bem como sua comunicação.

Os alunos, ao realizarem procedimentos de observação e experimentação, buscam algumas informações e estabelecem relações entre elementos dos ambientes subsidiadas por informações complementares oferecidas por outras fontes ou pelo professor.

BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. *Parâmetros Curriculares Nacionais*. Ciências Naturais. Brasília, MEC. Versão agosto de 1996.

## SOBRE O TEXTO

1. O que você acha que é necessário o professor "ensinar em sala de aula" para os alunos adquirirem a atitude de "não jogar lixo nas ruas"?
2. Segundo o texto, como os conteúdos atitudinais e procedimentais podem ser contextualizados?



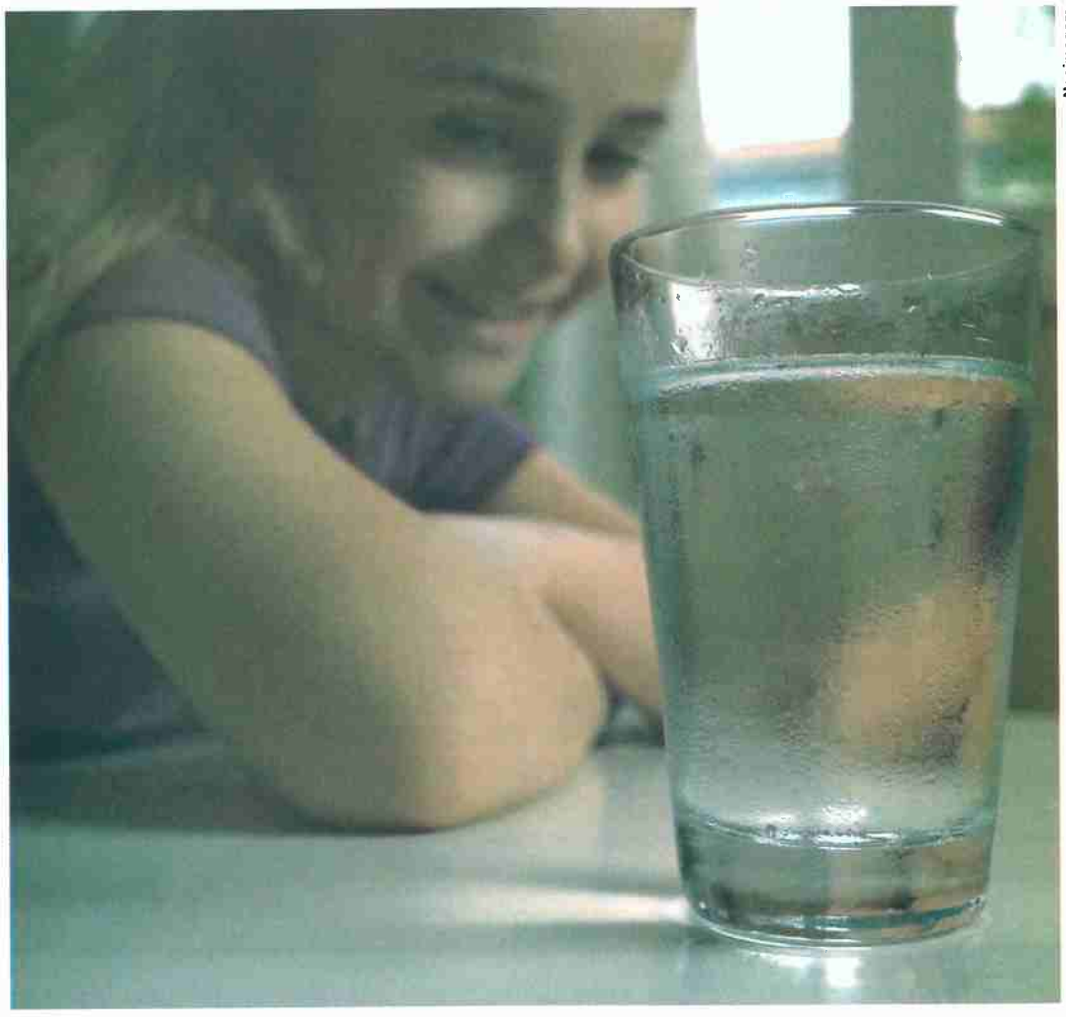
# 3
# CRIANDO PROBLEMAS

Neoimagem

Será que sempre que elaboramos questões para os nossos alunos estamos propondo-lhes verdadeiros problemas?

Neste capítulo vamos analisar quatro situações de exercícios apresentadas a alunos de 4º ano depois que tiveram a oportunidade de estudar sobre seres vivos e ecologia. Analisaremos as perguntas feitas para as crianças considerando um pouco do conhecimento em Didática das Ciências sobre os problemas e sua resolução.

# 7
# As investigações na sala de aula



Neoimagem

De onde vem a água que cai do céu quando chove? De onde vêm as gotinhas de água que aparecem do lado de fora de um copo gelado?

Neste capítulo vamos explorar diferentes tipos de atividades práticas, de demonstrações a investigações, todas em torno do tema da transformação de estados físicos. Descreveremos mais a fundo um ciclo investigativo, explicitaremos o papel do professor na condução de investigações em sala de aula e discutiremos algumas características peculiares do trabalho investigativo com os jovens alunos do Ensino Fundamental.

Mario Pita

## De olho na sala de aula

### *O destilador mágico*

A professora Mariana vai ensinar as transformações de estados físicos e o ciclo da água para uma turma de 4º ano do Ensino Fundamental e resolveu utilizar o laboratório de Ciências da escola.

O professor Marcos, o laboratorista, além de fazer a manutenção dos laboratórios, também sugere algumas atividades aos colegas. Nesse caso, ele dá a ideia de mostrar aos alunos um destilador em funcionamento.

Mal entram no laboratório, algumas crianças apontam para um recipiente de vidro de formato estranho que está perto do professor e perguntam:

— Que vidro engraçado é esse com água colorida?

O professor Marcos aproveita a deixa e já começa sua demonstração, explicando aos alunos:

— Isto é um destilador.

— Desti... o quê? — perguntam algumas crianças.

— Para que serve? — querem saber outras.

Num tom de mistério, o professor diz:

— O destilador é uma espécie de instrumento mágico. Ele faz a água azul ficar incolor.

Muitas crianças duvidam, e o professor começa a explicar como isso é possível.

— A água azul esquenta e ferve. Depois de ferver, ela continua no vidro, só que invisível: é o que chamamos vapor de água. Vocês já ouviram falar de vapor, não ouviram? Pois então. O vapor sobe até esta abertura aqui de cima. Por esta abertura ele escapa e vai para este tubo, que está frio. Quando o vapor esfria, ele vira água líquida de novo e cai como gotinhas sem cor do outro lado do vidro.

Intrigada com o que o professor Marcos diz, uma criança pergunta:

— Mas, se a água que pinga do outro lado é a mesma água azul que estava esquentando aqui, então ela deve ser azul também!

— Não é a água que é azul. O azul da água provém de um corante que eu coloquei chamado anilina. Quando a água evapora, é só ela que evapora, e não o corante. O vapor passa para o outro lado do destilador, mas o corante fica nesta parte que o fogo está esquentando — tenta esclarecer o professor.

No entanto, essas explicações não são suficientes para convencer os alunos. O professor percebe que, para eles, só há uma lógica: se a água que era azul ficou invisível e vai pingar do outro lado do destilador, ela só pode pingar na cor azul.

O professor sugere, então:

— Vamos esperar alguns minutos, até que a destilação termine com toda a água colorida. Vocês verão que vai aparecer água incolor do outro lado.

Quando a evaporação termina, é exatamente o que acontece. Os alunos ficam admirados, acham incrível o truque do professor Marcos. Outros querem saber mais:

— Como é que você fez esse truque?

— Como você tirou a cor da água?

Depois dessa aula, a fama do professor Marcos ficou ainda maior: era conhecido como um dos professores mais legais da escola, que sempre tinha algum truque novo e superinteressante para mostrar às crianças.

## Questionamento

- *Como você avalia a aprendizagem propiciada por essa visita ao laboratório? Tente estabelecer:*
  - *— o que as crianças aprenderam;*
  - *— quais teriam sido os objetivos de aprendizagem propostos pelos professores;*
  - *— se a demonstração do destilador foi adequada ao nível cognitivo dos alunos.*

# As demonstrações práticas: espetáculos de magia?

A motivação e a disposição dos alunos durante a demonstração do destilador são de admirar — um passo inicial que todo professor deve objetivar em suas intervenções didáticas. Alunos motivados têm muita curiosidade, vontade de aprender e, consequentemente, têm mais chances de se envolver profundamente com a situação de aprendizagem.

No entanto, parece que os professores não tiveram a intenção de definir claramente a ida ao laboratório como uma situação controlada, que pudesse favorecer a aprendizagem de determinados conteúdos. O professor Marcos procurou ser atencioso e claro nas suas explicações, mas deixou de considerar o que os alunos pensavam. O objetivo da visita ao laboratório parece ter sido apenas mostrar um destilador aos alunos.

A consequência só poderia ter sido esta: o destilador tornou-se um aparelho exótico e mágico para os alunos. Seu "segredo" é algo distante das crianças, pois só pode ser desvendado por bons mágicos, como o professor Marcos.

Por isso, os professores devem estar atentos ao uso de demonstrações práticas nas aulas de Ciências (como, aliás, também em outras áreas): "elas correm o risco de muito mais entreter do que ensinar".



### *Matéria e suas propriedades*

É muito difícil para crianças de 4º ano estabelecerem relações corretas entre matéria e suas propriedades. No caso, desconhecem que é um corante que dá a cor azul à água. Para elas, a própria água é azul, e, nesse caso específico (ao contrário dos testes piagetianos com solução de água e açúcar, por exemplo), não conseguem desvincular a matéria água ou líquido azulado daquilo que seria uma propriedade sua: o fato de ser azul.

## Conduzindo demonstrações práticas

Uma das formas de otimizar o uso didático das demonstrações práticas nas aulas de Ciências para o Ensino Fundamental é solicitar dos alunos mais atividade intelectual durante as demonstrações. Isso pode ser feito perguntando, por exemplo: "— O que você acha que vai acontecer?".

Outra forma é estimular os alunos a observarem com atenção os resultados obtidos nas demonstrações e elaborar explicações para o ocorrido.

No caso da demonstração do destilador, os professores poderiam ter questionado:

- O que você acha que vai ocorrer com a água azul quando ela for destilada?
- O que ocorreu de fato? Após a destilação, a água ficou incolor ou um pouco azulada?
- O resultado observado foi diferente daquele que você esperava?
- Por que você acha que isso ocorreu?

Com esses questionamentos, o aluno pode se colocar numa posição muito mais ativa diante do que lhe é demonstrado. É evidente que é desejável que isso ocorra, pois uma posição extremamente passiva dos alunos em nada favorece uma aprendizagem significativa, nem o desenvolvimento de suas autonomias.

## Algumas finalidades das demonstrações práticas

Ocorre que, em certas circunstâncias, o uso de demonstrações práticas tem algumas vantagens. Por exemplo, se o material não é suficiente para o trabalho individual ou em grupo, a demonstração prática é um bom recurso didático, pois requer apenas o material do demonstrador.

Uma demonstração prática também pode servir para ilustrar uma exposição teórica do professor, permitindo que os alunos conheçam de forma mais palpável as teorias abstratas.

É importante salientar que as demonstrações práticas podem e devem ser utilizadas pelos professores, mas somente para atender a finalidades muito bem demarcadas. Isto é, não devem ser o único instrumento didático para viabilizar a aprendizagem de determinado conteúdo e, assim, colocar-se no lugar de todas as possíveis estratégias de ensino em uma unidade didática.

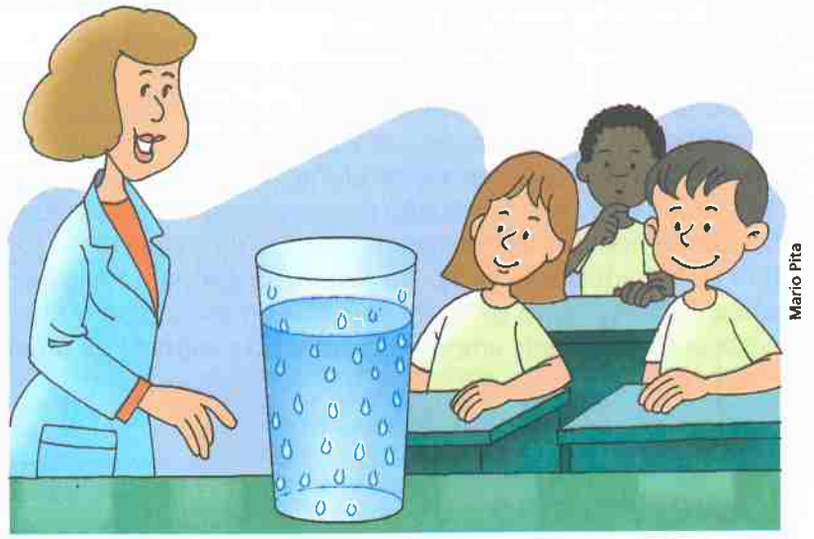
Para ensinar o ciclo da água, por exemplo, não é desejável que a professora Mariana simplesmente dê uma aula teórica sobre o assunto, ilustrando-a com uma demonstração do destilador "no laboratório do professor Marcos". Da mesma forma, em um laboratório, as demonstrações práticas não se justificam sem a participação intelectual mais vigorosa dos alunos (para que não se tornem meros "espetáculos de pura magia").

### Questionamento

- *O que você acha que aconteceria se o professor Marcos tivesse sugerido à professora Mariana que apresentasse aos alunos não um destilador, mas um copo com água gelada?*



## Indagando sobre fenômenos do dia a dia




Não é somente com recursos fantásticos, elementos surpreendentes ou aparatos de alta tecnologia que os professores podem cativar a atenção e motivar os alunos nas aulas de Ciências.

Um simples copo com água gelada, por exemplo, é muito mais fácil de arranjar do que um destilador e pode não ser algo tão banal como se pensa à primeira vista. Basta que se transforme num *objeto de estudo*. Para isso, deve-se enxergar nele algum problema a ser resolvido.

Nesse aspecto, o professor pode ajudar os alunos a observarem coisas que jamais haviam percebido (pelo menos, de maneira consciente) em algo trivial, em algo que aparentemente não apresenta nada de novo.

Isso pode ser feito com a proposição de questões que criem um clima instigante e de investigação em sala de aula. Vejamos algumas sugestões.

### Formação de gotas de água na superfície externa do copo

*Antes da observação das gotinhas*

- Onde existe água? Somente dentro do copo? Existe água fora do copo? E daqui a alguns minutos, vai existir água fora do copo? Por quê?

*Depois da observação das gotinhas*

- Antes de colocarmos água gelada dentro do copo, havia água do lado de fora?
- Se a temperatura da água dentro do copo é baixa, qual será a temperatura da água que se forma no lado de fora?
- Quando você notou que apareceu água do lado de fora do copo? Demorou muito tempo para a água aparecer?
- De onde você acha que veio a água que está do lado de fora do copo?
- Essas gotas são diferentes da água de dentro do copo?
- Como você explicaria o aparecimento dessas gotas?

Para fazer perguntas interessantes sobre fatos do dia a dia, o professor precisa ter ânimo e curiosidade insaciáveis para indagar sobre aquilo que observa. Ao mesmo tempo, é necessário estar sempre preocupado em achar respostas para as questões intrigantes que formula.

Acreditamos ser muito importante para o professor ter essa postura, pois com base na observação crítica coerente e constante sobre coisas tão rotineiras como um simples copo com água gelada, a queda de um corpo ou a semelhança entre parentes, os alunos vão desenvolvendo esse espírito curioso e indagador. Assim, estarão desenvolvendo alguns valores e algumas atitudes diretamente relacionados às ciências da natureza — como vontade de saber (mais) sobre as coisas, por exemplo. Dá para imaginar como seria limitado o conhecimento para um aluno, ou mesmo para a humanidade, se não existisse essa vontade empreendedora, essa vontade de saber mais sobre o que nos cerca?

## O ciclo investigativo

Perceber o aparecimento de gotinhas de água na superfície externa do copo com água gelada é apenas o primeiro passo em uma *investigação* sobre o assunto. Depois desse contato inicial com a realidade, devem ser utilizadas estratégias para descobrir a resposta às seguintes questões:

- Como a água foi parar do lado de fora do copo se o professor só havia colocado água dentro dele?
- Por que isso aconteceu?
- Existe outra forma de fazer com que isso aconteça sem usar água gelada?
- Há alguma forma de evitar que isso aconteça?

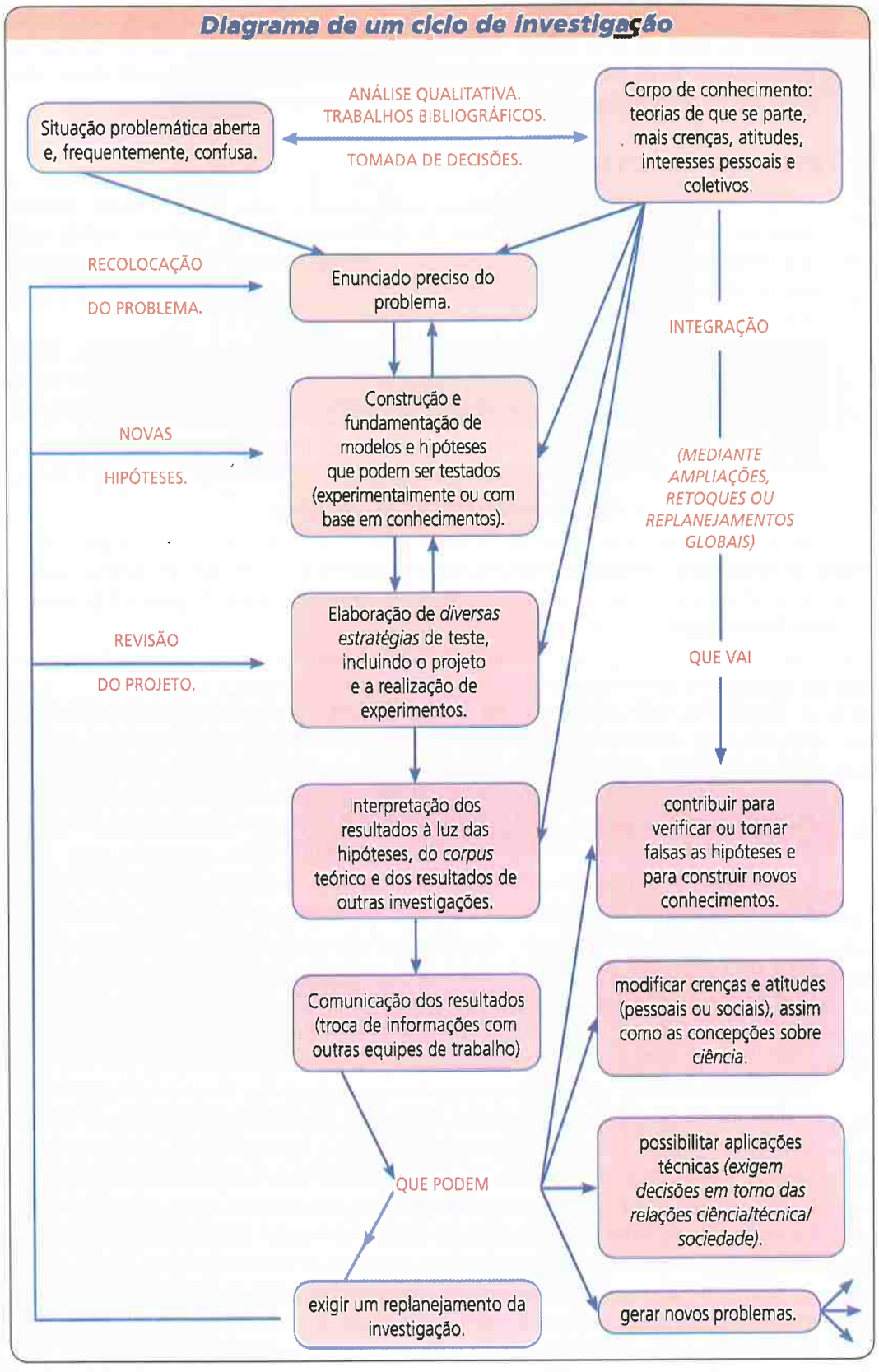
Quando o que ocorreu com o copo com água gelada se torna um verdadeiro problema a ser investigado, surgem indagações sobre os diversos aspectos relacionados a esse problema. Diferentes pessoas farão diferentes indagações, e essas indagações definem os possíveis caminhos pelos quais cada pessoa caminhará dentro de um ciclo de investigação. Portanto, os exemplos de indagações e atividades aqui apresentados são apenas alguns dos caminhos possíveis.

Deve-se estar atento para o fato de que agora não se trata de uma "demonstração de magia"; a situação requer comportamento de verdadeiros cientistas. Para isso, é importante que o professor estimule e valorize as indagações dos alunos. Suas primeiras tentativas de resposta merecem não só o respeito do professor, mas também ser consideradas verdadeiras *hipóteses explicativas* com as quais se trabalhará.

Observe como essas hipóteses fazem parte do ciclo de investigação (Gil Pérez, 1993, p. 206).



**Diagrama de um ciclo de investigação**



Assim, se no exemplo um aluno disser que "as gotinhas de água que apareceram do lado de fora vieram de dentro do copo", o professor deve considerar esse palpite do aluno como uma hipótese explicativa e, com a ajuda desse aluno e de seus colegas, criar experimentos para testá-la.

## Testando hipóteses explicativas

Um modo de testar as hipóteses explicativas é fazer as *atividades experimentais investigativas*. Não se trata de demonstrações ou espetáculos de magia feitos para entreter crianças, mas de atividades planejadas e executadas por professores e alunos com o objetivo de verificar a veracidade das hipóteses formuladas.

Portanto, para fazer uma boa investigação, o professor de Ciências, além de reconhecer as hipóteses explicativas dos alunos, deve incentivá-los e auxiliá-los a planejar e a executar experimentos investigativos apropriados para averiguá-las.

### Experimento investigativo

Um experimento não deve ser confundido com uma atividade prática do tipo *demonstração*. Enquanto esta última possibilita o contato do aluno com certos fenômenos ou fatos, o experimento destina-se a testar hipóteses previamente formuladas.

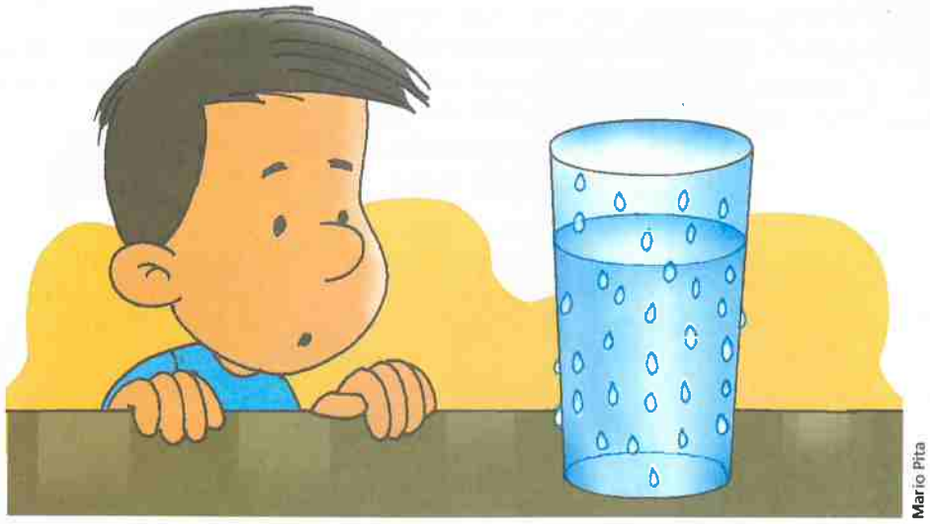
No nosso caso, como o ensino de Ciências ocorre com crianças dos anos iniciais, que geralmente têm dificuldade ou não estão acostumadas a criar por si mesmas *propostas de experimentos*, o professor deve auxiliá-las. De qualquer forma, ele deve se preocupar em ir aumentando pouco a pouco a autonomia das crianças. Isso possibilitará que, nos anos posteriores, elas formulem e executem seus próprios projetos experimentais.

No caso do copo com água gelada, uma das maneiras de o professor auxiliar seus alunos a elaborar um experimento seria indicar-lhes um possível caminho investigativo a ser seguido. Caberia aos alunos, com base nessa dica do professor, segui-lo ou não. Por exemplo, para testar a hipótese de que as gotinhas do lado externo do copo vieram de dentro dele, o professor poderia perguntar: "Se o líquido gelado que está dentro do copo fosse colorido, de que cor você acha que seriam as gotinhas que se formariam do lado de fora?".

Diante dessa pergunta, é quase certo que os alunos perceberão que uma atividade simples lhes dará alguma ideia sobre a veracidade da hipótese explicativa: deixar um copo com líquido colorido gelado em algum lugar e observar o que acontece. Se a hipótese explicativa "as gotinhas de água que aparecem na superfície externa do copo vêm de dentro" estivesse correta, os alunos esperariam que as gotinhas do lado de fora também fossem coloridas.

Mas isso não encerraria as nossas investigações! Afinal de contas, apesar de essa atividade poder esclarecer que a água não vem de dentro do copo, ela não é suficiente para explicar de *onde* a água vem.





Mario Pita

*Com base na observação de algo tão corriqueiro como o aparecimento de gotinhas de água na superfície de um copo gelado, pode ocorrer uma investigação, desde que os alunos indaguem sobre o que ocorre, formulem hipóteses explicativas e percebam claramente quais delas estão sendo testadas.*

Para resolver esse problema central da investigação, é necessário formular novas hipóteses explicativas e testá-las:

- Se a água não veio de dentro do copo, de onde ela pode ter vindo?
- Será que isso só acontece com a água?

A resposta a essas questões talvez não leve diretamente à resposta do problema central, ou seja, de onde vem a água que aparece do lado de fora do copo. Contudo, experimentos que forneçam elementos para compreender melhor o papel da água de dentro do copo nesse processo talvez sejam importantes para conseguir, no futuro, abordar mais diretamente o problema central.

Considerando esse um dos caminhos para prosseguir a investigação, poderia ser testada a hipótese:

- Qualquer líquido colocado no copo — suco, refrigerante ou outra bebida — promoverá o aparecimento de gotinhas de água em sua superfície externa.

Esse caminho, embora não responda diretamente à questão "de onde vem a água que aparece do lado de fora do copo", fornece mais alguns elementos sobre o problema que está sendo investigado. Além disso, é fácil para os alunos sugerirem atividades experimentais para verificar se com qualquer líquido aparecem as tais gotinhas. Podem sugerir, por exemplo, que coloquemos suco de laranja feito na hora em um copo e um refrigerante tirado da geladeira em outro.

Para que essa atividade constitua um experimento em seu sentido mais legítimo, os alunos têm de *prever* e depois *constatar* em quais casos se observa a formação das gotículas. Dessa forma, a investigação pode ganhar outras informações que permitirão trilhar novos rumos investigativos. Isso porque, para testar suas hipóteses, supõe-se que as crianças acabem por usar diversos líquidos, geralmente em diferentes temperaturas (por exemplo, bem gelado, somente ligeiramente resfriado, à temperatura ambiente). Assim, constatarão que no caso de líquidos à temperatura ambiente não ocorre a formação de gotículas na parte externa do copo.

## O PROFESSOR EM UM TRABALHO INVESTIGATIVO

Em um trabalho investigativo como este que estamos exemplificando, cabe ao professor ajudar os alunos a não centralizarem tanto a atenção em hipóteses que se desviem do problema central que está sendo investigado.

Suponha, por exemplo, que um aluno esteja preocupado com o fato de não terem surgido gotículas na parte externa do copo com suco de laranja, dirigindo todas as suas hipóteses ao suco em si. O professor, como *orientador* da investigação, pode sugerir à criança que, para resolver o problema, procure o que existe em comum entre os líquidos em que ocorreu o aparecimento das gotículas.

Um bom argumento poderia ser: "Se em todos os copos contendo líquidos que foram tirados da geladeira apareceram as gotículas, deve haver algo em comum entre eles que favorece a ocorrência desse fenômeno. O mais importante a ser estudado no momento não são as diferenças entre esses líquidos, mas alguma semelhança que se relacione ao fenômeno estudado".

Com isso, os alunos vão obtendo vários elementos que lhes permitem formular hipóteses como: "Não interessa o que há dentro do copo; se for gelado, sempre aparecerão gotinhas de água do lado de fora".

Com base nessa hipótese, o professor pode colaborar com os alunos apresentando a seguinte questão, que serviria como indicador de novos experimentos: "Se o importante é a temperatura, o que aconteceria se houvesse dentro do copo algo gelado mas que não fosse líquido? Poderiam aparecer gotinhas do lado de fora?".

Nesse caso, um simples teste que muitos alunos prontamente indicam é colocar pedras de gelo num copo. Logo, perceberíamos que aparecem gotinhas de água na superfície externa do recipiente.



Como se vê, durante toda a realização de uma atividade como a apresentada, cabe ao professor o papel de orientador *científico* das investigações. O quadro a seguir resume esses encaminhamentos.

**O professor deve:**

- Incentivar os alunos a formular hipóteses explicativas.
- Auxiliar na elaboração das hipóteses e dos experimentos para testá-las.
- Possibilitar a efetiva comprovação experimental das hipóteses dos alunos.
- Colaborar nas discussões, evitando que os alunos se desviem demais do objetivo central.
- Propor atividades em que o aluno perceba claramente *o que* e *por que* vai fazer, e as relações com aquilo que já foi feito.

## PROCEDIMENTOS E ATITUDES

Esse trabalho investigativo do "copo com água gelada" permite que os alunos aprendam significativamente conceitos como água, estado físico, temperatura e vapor de água (afinal, as gotículas que apareceram do lado de fora do copo são provenientes do vapor de água que se condensou no ar). Além disso, possibilita que lidem com vários conteúdos procedimentais e atitudinais relacionados à atividade científica.

É possível também que desenvolvam uma atitude mais favorável em relação às próprias ciências da natureza e à atividade científica como um todo. Isso quer dizer que, se antes as crianças concebiam os cientistas como pessoas excêntricas ou "iluminadas" — a exemplo do professor Marcos — e a Ciência como um conjunto de respostas verdadeiras sobre tudo, agora têm a oportunidade de perceber que a Ciência se faz de outra forma. Percebem que ela é feita por meio da indagação contínua sobre as coisas, da elaboração e verificação de hipóteses explicativas e da formulação de modelos teóricos mais amplos. Mais que isso, podem sentir que ao trilhar esse caminho não se chega a um lugar final, mas sempre se avança, construindo e remodelando o conhecimento sobre os fatos e fenômenos.

Não vamos nos estender na investigação que utilizamos como exemplo para uma turma de 4º ano. Até aqui, nosso trabalho preocupou-se mais em averiguar *como* aparecem gotinhas do lado de fora do copo e não *por que* tal fato ocorre. Foi feita uma investigação, e os dados obtidos permitiram descrever melhor um processo e compreender que a temperatura influi nele.

Ainda não sabemos quais são as causas desse fenômeno, ou seja, "o que é que a temperatura faz para desencadear a formação das gotinhas".

Dependendo da profundidade com que o professor deseje trabalhar o conteúdo conceitual, ele pode dirigir futuras atividades para ajudar, por exemplo, os alunos a responder mais especificamente à questão: "De onde vêm as gotinhas que aparecem do lado de fora do copo?".

# Uma classificação dos tipos de atividades práticas

Para analisar as situações apresentadas neste capítulo, convém conhecer uma classificação das atividades práticas.

### Classificação das atividades práticas

*Demonstrações práticas*

Atividades realizadas pelo professor, às quais o aluno assiste sem poder intervir. Possibilitam ao aluno maior contato com fenômenos já conhecidos, mesmo que ele não tenha se dado conta deles. Permitem também o contato com novos elementos — equipamentos, instrumentos e até fenômenos.

*Experimentos ilustrativos*

Atividades que o aluno pode realizar e que cumprem as mesmas finalidades das demonstrações práticas.

*Experimentos descritivos*

Atividades que o aluno realiza e que não são obrigatoriamente dirigidas o tempo todo pelo professor. Nelas o aluno tem contato direto com fatos ou fenômenos que precisa apurar, sejam ou não comuns no seu dia a dia. Aproximam-se das atividades investigativas, porém não implicam a realização de testes de hipóteses.

*Experimentos investigativos*

Atividades práticas que exigem grande atividade do aluno durante sua execução. Diferem das outras por envolverem obrigatoriamente discussão de ideias, elaboração de hipóteses explicativas e experimentos para testá-las. Possibilitam ao aluno percorrer um ciclo investigativo, sem contudo trabalhar nas áreas de fronteira do conhecimento, como fazem os cientistas.

Na demonstração prática do destilador, os alunos não tiveram oportunidade de intervir. Além disso, o "segredo mágico" do destilador não foi bem esclarecido. Não houve oportunidade para o questionamento dos alunos sobre o que observaram nem foram desenvolvidas atitudes diretamente relacionadas à investigação de um problema. Talvez, nesse caso, nem mesmo um verdadeiro problema tenha sido proposto.

Quando um aluno duvidou do professor Marcos, lançando a hipótese de que a água sairia azul do outro lado do destilador, sua ideia em nenhum momento foi considerada uma hipótese verdadeira, passível de verificação. O professor pareceu muito mais preocupado em mostrar que as afirmações dele, professor, é que eram verdadeiras.

Assim, além de simplesmente verem um destilador, os alunos só puderam constatar que o professor estava com a razão: "a água que era azul saiu incolor do outro lado do destilador".

Situações como essa têm um efeito muito negativo na aprendizagem das Ciências, pois reforçam o estereótipo de que cientistas são pessoas especiais, que detêm todo o conhecimento. Reafirmam ideias estereotipadas de que o conhecimento científico corresponde à verdade sobre os fatos, e não que é uma *interpretação* do mundo, baseada num corpo de conhecimentos e nas circunstâncias em que são construídos.

Daí a importância de um trabalho investigativo com crianças. Ao fazermos um trabalho de investigação, todas essas falhas que apareceram na demonstração prática do professor Marcos devem ser evitadas. Principalmente porque, em uma atividade de investigação, a preocupação não é só com as mudanças



conceituais que, eventualmente, venham a ocorrer. Objetiva-se a produção, a ampliação e a reformulação de conteúdos tanto conceituais como procedimentais e atitudinais. Ou seja, uma mudança não só conceitual, mas também metodológica e atitudinal.

Conforme já destacamos, as demonstrações também têm finalidades didáticas específicas. No quadro a seguir, apresentamos lado a lado algumas diferenças entre os objetivos das *demonstrações* (e experiências meramente ilustrativas) e das *investigações e experimentos com testes de hipóteses*.

| Demonstrações e experiências ilustrativas | Investigações e experimentos |
|---|---|
| • Ser uma ponte entre a realidade e uma teoria abstrata. | • Desenvolver a autonomia dos alunos. |
| • Possibilitar o contato com materiais, fatos ou fenômenos que os alunos teriam dificuldade em conhecer de outra forma. | • Promover a aprendizagem significativa pela mudança não só conceitual, mas também metodológica e atitudinal. |
| | • Possibilitar a visão de ciências como uma *interpretação* do mundo, e não como um conjunto de respostas prontas e definidas. |
| | • Desenvolver amplamente habilidades e capacidades relacionadas à aprendizagem. |

## O trabalho investigativo com crianças

O trabalho investigativo com crianças mais novas tem características próprias. Por um lado, seria inadequado, por exemplo, exigir de alunos do 1º ou 2º ano que percorram todo um ciclo investigativo, formulando claramente hipóteses e meios de testá-las. Por outro, seria insuficiente não realizar nenhum trabalho que os ajude a superar a *metodologia das superficialidades* e a fazer investigações.

O objetivo de um trabalho baseado na investigação, nessa etapa do Ensino Fundamental, é menos que as crianças adquiram conhecimentos compatíveis com o *científico* e mais que desenvolvam a observação dos fatos da vida, comecem a enxergar *problemas* ao seu redor, arriscando-se a dar palpites para suas próprias indagações.

Para isso, são adequadas as atividades exploratórias e de busca e os experimentos ilustrativos, descritivos ou investigativos, desde que o professor estabeleça metas a serem atingidas em cada etapa curricular, formule problemas adequados às crianças e favoreça um processo de mudança metodológica.

É importante que o professor não se esqueça de que, ao fazer tais atividades, deve possibilitar que as crianças mais jovens comecem a conhecer e a indagar mais sobre o mundo. Assim, elas podem gradualmente adquirir informações, compreendê-las, começar a fazer previsões e até tentar explicá-las.

Em síntese, não podemos dizer em que ano o professor pode começar a realizar verdadeiras investigações com seus alunos. Cabe ao professor propor a eles verdadeiros problemas e fazer um trabalho visando que gradativamente deixem de encarar as coisas pelo senso comum, superficial e acriticamente. É natural que, ao avançarem nesse caminho, as crianças comecem a exigir que o professor as ajude a averiguar, de forma mais rigorosa e crítica, o mundo. Ou seja, são elas que nos indicam claramente o momento em que podemos de modo efetivo ser orientadores de suas investigações.

Ser orientador de uma investigação implica dar dicas, que ajudam os alunos na busca do conhecimento que está sendo procurado. Cabe ao professor orientar e indicar um caminho de investigação, e não ficar a todo momento dando respostas definitivas ou sugerindo conhecimento pronto ou elaborado. Isso não quer dizer, no entanto, que o professor não deve fornecer fatos novos aos alunos.

Cabe ao professor estar atento para o fato de que não é uma atividade prática isolada, mas todo um processo que inclui discussões e atividades intercaladas, que permite a formulação de ideias e a construção de teorias e conhecimentos sobre o problema que está sendo investigado.

O quadro a seguir (Gil Pérez e Valdés Castro, 1996, p. 155-63) apresenta uma síntese dos elementos das atividades investigativas que devem estar presentes no trabalho realizado com os alunos.

### Alguns aspectos fundamentais para a orientação investigativa da intervenção didática

- Apresentar situações problemáticas abertas com nível de dificuldade adequado.
- Favorecer a reflexão sobre o interesse e a relevância das situações expostas.
- Favorecer a análise qualitativa das situações propostas.
- Estabelecer a elaboração de hipóteses como atividade central da investigação científica.
- Dar importância à elaboração de projetos e à realização de experimentos pelos próprios alunos.
- Estabelecer uma análise rigorosa dos resultados à luz dos conhecimentos disponíveis.
- Fazer considerações sobre as possíveis perspectivas e as relações entre ciência/técnica/sociedade e os estudos realizados.
- Buscar a integração do estudo realizado para a construção de um corpo de conhecimentos coerente.
- Dar importância à elaboração de registros, memoriais ou relatórios científicos, como documentos que reflitam o que foi feito.
- Enfatizar a dimensão coletiva do conhecimento científico, favorecendo o trabalho cooperativo grupal e a integração entre os grupos de trabalho.



## O QUE OS ALUNOS PODEM FAZER

Muitos aspectos apresentados no quadro anterior constituem tarefas extremamente complexas que nos anos iniciais do Ensino Fundamental devem ser consideradas não na perspectiva de como os adultos fazem investigações, mas, sim, de como as crianças lidam com os problemas.

Por exemplo, tarefas como a formulação de hipóteses podem ser trabalhadas logo no início do Ensino Fundamental. Com os conhecimentos que já possuem, os alunos arriscam palpites sobre possíveis respostas a suas dúvidas. É verdade que tais palpites não podem ser tomados como hipóteses com embasamento teórico. Sua importância está no fato de indicar qual a "matéria-prima" de que o professor dispõe para desenvolver com os alunos a superação da metodologia das superficialidades ou, em outras palavras, para favorecer a ocorrência de hipóteses cada vez mais rigorosas no trabalho em sala de aula e fora dela.

No entanto, quando um professor promove nos alunos uma mudança metodológica e ajuda-os a desenvolver o hábito de formular hipóteses e experimentos para testá-las, precisa estar atento a alguns aspectos. Com crianças que estão começando a realizar investigações, é muito mais fácil indagar e testar poucas variáveis que influem em um fenômeno de uma só vez. Também é mais fácil começar a fazer investigações abordando variáveis contínuas e discretas relacionadas a contextos mais rotineiros e familiares do que apresentar variáveis quantitativas centradas em contextos distantes de sua realidade.

Por exemplo, é melhor começar a investigar *variáveis categóricas*, isto é, aquelas que não se prestam à medição, mas à averiguação de sua presença (ou ausência) e de seu tipo ou qualidade, como temperatura (fria/quente), cor de um objeto ou líquido (azul/não tem cor), tipo de material. Logo no início de uma investigação com crianças pequenas, seria mais difícil preocupar-se em medir variáveis como, por exemplo, graus de temperatura da água e gradação da cor da água que sai do destilador, entre outras.

Da mesma forma, é importante não esquecermos que os alunos devem ir gradativamente percebendo a importância do *controle experimental* nas atividades que realizam. Muitas crianças costumam ir mudando mais de uma variável simultaneamente nos "experimentos" que realizam. Evidentemente, quando assim o fazem, não podem concluir se os efeitos que observam devem-se à alteração desta ou daquela variável que está sendo manipulada.

Por isso, o professor deve orientar o trabalho de crianças mais novas a fim de valorizar a existência de um controle experimental, isto é, uma situação padrão em que não haja interferência de nenhum fator ou variável externa conhecida. A diferença entre essa situação padrão e a experimental deve estar apenas em uma variável: a que está sendo estudada.

Se na investigação sobre as gotas de água o professor pegasse dois copos idênticos com água da mesma fonte — uma gelada e outra na temperatura ambiente —, ficaria claro que a única diferença é a temperatura da água. Assim, como o aparecimento de gotinhas ocorre somente no copo com água gelada, é provável que o que ocorre só possa estar associado à diferença de temperatura da água.

Lembramos que o passo inicial em toda investigação é a elaboração de perguntas e hipóteses explicativas. Para isso, o professor deve valorizar aquilo que os alunos dizem, favorecendo e incentivando a expressão de suas ideias. Mais ainda, deve tentar superar o egocentrismo infantil promovendo situações em que as crianças sejam apresentadas a outras opiniões e hipóteses diferentes das suas.

Poderíamos dizer que a comparação e o conflito de ideias antagônicas constituem um primeiro "teste" às hipóteses formuladas pelas crianças. Mas, além disso, experimentos podem ser planejados e executados no momento oportuno para avaliar suas hipóteses. Juntamente com os resultados desses experimentos surgirão respostas às indagações feitas anteriormente; algumas hipóteses serão descartadas, outras tentarão persistir mesmo estando ameaçadas. Novas perguntas serão feitas e novas hipóteses formuladas... e, quando isso ocorrer, as crianças estarão construindo conhecimento.

O quadro a seguir resume o que um trabalho investigativo na área de Ciências deve favorecer.

***As atividades investigativas devem favorecer***

- Que os alunos expressem suas ideias, explicitem suas hipóteses e seus modelos explicativos.
- A manifestação da diversidade de opiniões.
- Situações de contraste e de conflito de ideias.
- Ambiente propício ao trabalho cooperativo mais do que ao trabalho competitivo.
- A realização de testes de hipóteses (por meio de experimentos, por exemplo).
- Que um mesmo problema possa ser abordado por diferentes alunos ou por grupos de alunos de diversas maneiras.
- Situações de comunicação e discussão das conclusões obtidas das tarefas realizadas.
- Uma visão da ciência como uma interpretação do mundo, e não como um conjunto de respostas prontas e definidas.



Como vimos no esquema do ciclo investigativo, o processo de construção do conhecimento é, de certa forma, algo sem um fim muito definido. Ou seja, no decorrer desse processo as fronteiras do saber são alteradas e, consequentemente, aspectos da realidade que sequer imaginávamos podem agora ser pensados. Da mesma forma, coisas a respeito das quais não ocorriam indagações constituem agora tema de interrogações e alvo potencial de novas investigações.

Acreditar que o experimento dará um resultado e no final deparar-se com um resultado distinto do esperado é somente o início do teste e da negação de hipóteses. Em outras palavras, tentar explicar por que tal experimento dá determinado resultado envolve a solicitação de modelos explicativos e, portanto, todo um corpo de conhecimentos muito amplo por parte do aluno.

Lembramos que é muito comum, principalmente entre crianças no início do Ensino Fundamental, que os resultados de experimentos realizados por elas sejam explicados por meio de modelos já existentes, muitos dos quais podem não ser cientificamente aceitos.

Evitar o uso de tais modelos não é algo que se possa obter apenas pela negação de uma hipótese explicativa. A negação de uma hipótese deve ser vista como algo capaz de gerar um desequilíbrio no corpo de conhecimentos do aluno, apesar de não dizer nem para ele nem para o professor como se dará essa reestruturação.

Para superar o senso comum e as concepções alternativas das crianças, é necessário um corpo de conhecimentos mais robusto e o desenvolvimento de diferentes formas de lidar com os problemas, algo que elas também irão construindo.

Consequentemente, cabe ao aluno (aquele que investiga) e ao professor (aquele que orienta a investigação) lidarem com as situações de desequilíbrio e com suas capacidades cognitivas, buscando a construção de um corpo de conhecimentos coerente com as evidências (empíricas ou não) que vão surgindo nas atividades investigativas.

## LEITURA COMPLEMENTAR

### 1. [A visita do inspetor]

Já faz um certo tempo que ouvi a seguinte anedota: um inspetor visita o professor de Ciências de uma escola e lhe pergunta sobre as atividades práticas dos alunos. O professor lhe respondeu que não era possível fazer atividades práticas, porque não havia laboratório.

O inspetor, interessado no assunto, conseguiu então que as autoridades competentes arrumassem espaço e instalações adequadas. Algum tempo depois, os dois voltaram a se encontrar e o inspetor fez a mesma pergunta. A resposta dessa vez foi que as atividades práticas não podiam ser feitas porque não havia material disponível. Como não era de desanimar facilmente, o inspetor conseguiu enviar à escola o material adequado.

Passado algum tempo, outra vez se repetiram a visita e a famosa pergunta. Dessa vez, a resposta não se fez por esperar: "Pois veja você que não fazemos atividades práticas porque todos os alunos se comportam mal e estão de castigo".

NIEDA, J. Algunas minucias sobre los trabajos prácticos en la enseñanza secundaria. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales* (2): 15-20, 1994.

## Sobre o texto

1. Compare o que diz o texto com as atividades práticas realizadas no local em que você estuda.
2. Na ausência de laboratório, equipamento e material, o que se pode fazer no ensino das ciências da natureza?

## 2. [O que importa é ser bem compreendido]

Reconheci a necessidade de começar minha instrução química e de observar, de tudo o que havia aprendido, apenas os fatos, tentando organizá-los em minha memória, numa ordem metódica, conforme a marcha própria, a natureza mesma. Essas ideias, disse eu a mim mesmo, só podem nos chegar pelos sentidos.

A criança que acaba de nascer faz, com ajuda dos objetos que a cercam, uma espécie de curso de física experimental. É dessa maneira que ela toma noções sobre o peso dos corpos, sobre sua dureza, sua transparência. É assim que aprende a julgar a sua forma, o seu distanciamento. Um aluno de química é essa mesma criança que procura, com o auxílio de diversos instrumentos, fazer recuar os limites de seu conhecimento. Os aparelhos de física e de química não passam de suplementos que ele junta aos órgãos que lhe deu a natureza e com cujo auxílio ele deve constatar fatos, interrogar a natureza (sob outra forma?), exigir dela novas respostas e adquirir novos conhecimentos.

*Custa mais do que se pensa a obtenção do que sabemos, a distinção numa ciência — sobretudo na química — entre as verdades dadas pela experiência e aquelas obtidas pelo raciocínio, e entre as suposições e as verdades. Mas embora eu tenha por muito tempo refeito minha educação química — e ela ainda não está completamente terminada —, destruí nessa caminhada erros importantes, erros abandonados também pela maior parte dos químicos e que abandonarão todos aqueles que se dispam de todo o preconceito; erros que tive a felicidade de poupar às pessoas que estudarão a ciência nos dias vindouros. [...]*

Assim, ao se começar a ensinar, duas perguntas devem ser feitas aos alunos: "O que vocês sabem?" e "O que vocês querem saber?". Aquele que ensina, com maior razão, deve se fazer duas perguntas: "Onde começa e onde acaba o *livro* que me proponho a utilizar?".

Parece-me que há menos inconvenientes em partir de longe demais do que de demasiado perto. Mas o que importa é ser bem compreendido.

Chassot, Attico I. Lavoisier, o pedagogo. In:_____. *Catalisando transformações na educação*. Ijuí: Unijuí, 1995. p. 27-30.

## Sobre o texto

1. O autor comenta no artigo um texto escrito por Lavoisier em 1789 às vésperas da Revolução Francesa. Nele é possível verificar quanto ele estava preocupado em levar o aluno do conhecido para o desconhecido, em incentivar a construção do conhecimento por parte do aluno. Discuta o trecho selecionado (3º parágrafo) fazendo uma comparação com o que ocorre hoje em dia no ensino de Ciências.
2. Comente a afirmação: "A criança que acaba de nascer faz, com ajuda dos objetos que a cercam, uma espécie de curso de física experimental".



## 3. [Ensinar Ciências através do fazer ciências]

[...] as investigações em Ciências frequentemente se referem aos estudantes seguirem receitas para chegarem ao que é percebido como um resultado predeterminado. No entanto, pode-se pensar em uma interpretação mais ampla para o que significa "fazer ciências". [...] "Fazer ciências" envolve se engajar e desenvolver *expertise* em indagações científicas e resolução de problemas em diferentes contextos. [...]

Um professor certa vez descreveu a excitação e as ambiguidades envolvidas nesse processo:

"[...] Os estudantes não se detêm porque não há uma resposta única e correta. A ambiguidade do desconhecido os mantém engajados. Os estudantes aprendem a fazer perguntas ligadas à ciência e tecnologia, a ponderar hipóteses, a esboçar experimentos para gerar dados, a observar, analisar, fazer relatórios etc. Eles se engajam em Ciências não para seguirem os passos de um 'exercício de laboratório' cuidadosamente elaborado, mas para responderem as suas próprias questões e construírem seu conhecimento." [...]

Nesse processo, os estudantes precisam que os professores ensinem determinadas habilidades. Por exemplo, é preciso ensiná-los "o que procurar", "como procurar", "como reconhecer a significância do que se vê". Também como construir argumentos científicos. [...]

É necessário focar no que os estudantes estão fazendo e como esta atividade influencia o "como" estão aprendendo. É preciso fornecer oportunidades para que estudantes com diferentes estilos de aprendizagens se engajem nas lições e identifiquem conexões entre o material que está sendo ensinado e o "mundo dos estudantes". Por fim, não podemos deixar de lado que temos de despender tempo para refletir sobre as lições, separando o que funciona do que não funciona.

Assim, talvez os maiores "mandamentos" para o educador em Ciências sejam:

- não é o que você faz, é o que os estudantes fazem;
- varie a sua abordagem de modo que nem você nem seus estudantes se sintam entediados;
- os estudantes aprenderão o que percebam como relevante para eles;
- a lição que não seja examinada não vale a pena ser ensinada. [...]

Alsop, Steve e outros. *Analysing exemplary science teaching*. Berkshire: Open University Press, 2008. p. 209. (Tradução dos autores.)

## Sobre o texto

1. Analise o relato "O destilador mágico" apresentado no início deste capítulo. Você acha que os alunos foram convidados a "Fazer ciência"? Justifique a sua resposta apresentando argumentos com base no texto de Alsop e outros que você acabou de ler.
2. Analise a atividade de investigação do "Aparecimento das gotas de água do lado de fora de um copo gelado" que foi apresentada neste capítulo. Procure identificar se foi trabalhado com os alunos: "o que procurar", "como procurar", "como reconhecer o significado do que se vê".

# 8
# AVALIAÇÃO: "MOTOR" DA APRENDIZAGEM

Tim Platt/fcon ica/Getty Images

Como são as avaliações que você faz com seus alunos?

Neste capítulo vamos discutir o tema avaliação, enfocando particularmente as provas escritas. Analisaremos diferentes questões e discutiremos como as perguntas feitas nas provas escritas podem ser elaboradas de forma a estarem mais coerentes com orientações construtivistas para o ensino-aprendizagem.

Mario Pita

## De olho na sala de aula

### *Dia de prova*

Raquel começou a se sentir diferente. Não tirava aquilo da cabeça. Um minuto depois do outro queria abrir algum de seus livros. Depois, recitava em voz alta aquilo que lia.

Com João não era muito diferente: não saía da frente de seu caderno; preocupado, com os cabelos em pé.

Marianinha fazia pouco caso. "Eu, heim! Para que me preocupar com isso?"

Paulo nem pouco caso conseguia fazer; estava com as orelhas quentes de tanto ouvir seus pais: "Menino, vem estudar. Você não quer dar um vexame na semana que vem, não é?".

E assim acontece com as crianças um pouco antes das avaliações. Nossa sensação é que, para a maioria delas, não importa se estejam mais ou menos preocupadas, o dia a dia muda. É o calendário escolar que avança. É a "semana de provas" que chega. São os ânimos que se alteram.

Nós, adultos, já fizemos muitas provas na nossa vida. E ainda continuamos fazendo: quando prestamos um concurso, quando concorremos às poucas vagas de um curso etc. Mesmo com toda essa experiência, na hora H parece que não há como evitar aquele friozinho na barriga. Será que com as crianças isso poderia ser diferente?

### Questionamento

- *Como você se sente ao fazer uma prova escrita? Por que será que você se sente dessa maneira?*
- *Há quem ache que as crianças na faixa etária do 1º ao 5º ano do Ensino Fundamental não deveriam ser expostas a uma situação de "dia de prova". Qual a sua opinião?*

## Ensino-aprendizagem-avaliação

Em função da experiência pessoal, a maioria dos jovens professores tende a encarar a avaliação como algo que ocorre somente em momentos isolados, após o processo de ensino-aprendizagem, com a finalidade única de classificar o desempenho dos alunos em bom ou ruim.

Atualmente, porém, considera-se que a avaliação permeia todo o processo de ensino-aprendizagem, ajudando o professor a buscar respostas para as seguintes perguntas:

- Quais as concepções dos alunos sobre dado assunto?
- Ocorreu aprendizagem significativa dos conteúdos?
- Que estratégias devem ser adotadas para promover essa aprendizagem?
- De que ajuda cada aluno precisa para continuar avançando?

Por isso, cada vez mais se fala em *ensino-aprendizagem-avaliação* para enfatizar a associação entre esses três conceitos. Isso significa que o professor e o aluno vão constantemente verificar e analisar a coerência de suas explicações, os procedimentos que adotam e as atitudes que tomam. As avaliações devem, portanto, nortear as decisões a serem tomadas, agindo como um "motor" das mudanças de todo o processo de ensino-aprendizagem.

## Avaliação escrita: em busca de novos caminhos

### Vantagens das provas escritas

Muitos profissionais da educação criticam o uso de provas escritas como instrumento de avaliação por não analisarem aspectos mais subjetivos relacionados ao aprendizado. Realmente, para essa finalidade seriam mais adequados outros instrumentos, como a autoavaliação e os relatórios ou registros dos professores sobre o progresso de cada um dos alunos.

A prova escrita, contudo, é o formato mais difundido de avaliação. Uma das razões que pode justificar sua grande ocorrência em diferentes situações de ensino-aprendizagem é o fato de que a prova escrita apresenta uma série de vantagens práticas, entre elas:

- Avalia muitos alunos e conteúdos de uma só vez.
- É um documento que se pode rever e analisar.
- É relativamente fácil de aplicar e pode ser fácil de corrigir.
- Sua execução exige um tempo relativamente curto.



Por ser o instrumento de avaliação mais utilizado, pretendemos priorizar neste capítulo a análise das provas escritas, destacando principalmente formas de utilizá-las como um instrumento "inserido" no processo ensino-aprendizagem.

### Analisando um exemplo

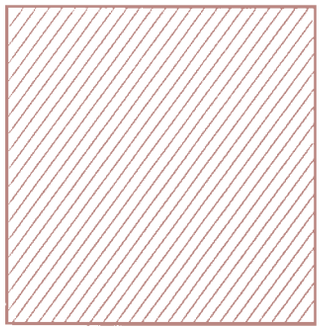
Vejamos uma prova escrita elaborada para alunos do 3º ano do Ensino Fundamental após uma unidade didática sobre *vegetais* e *aquários*. Na sequência, vamos propor algumas sugestões de como professores que utilizam metodologias pautadas numa visão construtivista para o ensino-aprendizagem poderiam reformular tais questões, de modo a torná-las mais coerentes com suas propostas didáticas.

**Aluno:** ☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺ **Ano:** ☺☺☺☺ **Data:** ☺☺☺☺

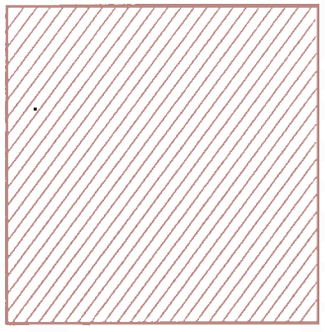
**Prova de Ciências**

1. Desenhe e escreva o nome das duas partes mais importantes:

da flor



do fruto



☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺

☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺

☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺

☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺

2. Escreva o nome das plantas nos lugares certos:

linho — eucalipto — algodão — imbuia — cana-de-açúcar — peroba

| *Móveis* | *Tecidos* | *Indústria* |
|---|---|---|
| ☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺ | ☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺ | ☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺ |
| ☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺ | ☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺ | ☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺ |
| ☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺ | ☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺ | ☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺ |

3. Escreva o que é necessário para montar um aquário:

a) ☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺

b) ☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺

c) ☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺

d) ☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺

## Questionamento

- *Na sua opinião, que objetivos essa prova está avaliando?*
- *Que metodologia de ensino você acha que o professor que elaborou essa prova deve ter utilizado? Justifique sua resposta.*

A prova citada reflete uma situação muito comum de avaliação no ensino de Ciências para os anos iniciais. Ela tem o formato de uma prova escrita e fica evidente que o professor espera que o aluno "devolva" aquilo que foi transmitido; diga ou repita algo que já foi estabelecido em sala de aula.

A primeira e a terceira questões são exemplos disso. Do modo como estão apresentadas, sugerem que o aluno pode respondê-las acertadamente utilizando apenas a memória. Não convidam o aluno a fazer uma real seleção ou escolha, respectivamente, de quais seriam as partes mais importantes do fruto e da flor ou de quatro procedimentos para se montar um aquário.

No entanto, uma prova escrita com a intenção de avaliar a aprendizagem significativa dos conteúdos deve exigir mais dos alunos. Ou seja, para responder às questões com que se deparam em seu dia a dia e nas provas escritas, os alunos devem utilizar diferentes capacidades relacionadas ao ensino-aprendizagem e não somente a memória.

### Capacidade

Refere-se à associação entre *habilidade* e *conteúdo específico*.

Para lidar com determinada situação, são requisitadas certas habilidades relacionadas ao domínio cognitivo, como memória, crítica etc. E como dada situação remete sempre a determinado conjunto de fatos, conceitos e princípios específicos, para designar a associação de habilidade mais conteúdo usamos o termo capacidade.

Analisando a primeira questão da prova, podemos perceber como essas capacidades podem ser exigidas para que os alunos formulem suas respostas. Numa situação de ensino baseada na aprendizagem significativa dos conteúdos e diante de uma questão como a apresentada, espera-se que o aluno não dê uma resposta mecanicamente. Isto é, o reconhecimento do que vem a ser "duas partes mais importantes" de uma estrutura vegetal é algo que exige muita discussão. Espera-se, assim, que diferentes alunos cheguem a diferentes respostas. Para dar uma resposta o aluno deve, além de se lembrar do que já memorizou, ter bom conhecimento do assunto e saber lidar com esse conhecimento manifestando:

- Perceber a existência de diferentes elementos que influem na vida vegetal.
- Reconhecer quais são esses elementos, esses fatores e essas variáveis.
- Selecionar, entre eles, aqueles que vai utilizar em sua resposta.
- Posicionar-se pessoalmente diante da circunstância proposta e emitir sua opinião.
- Dominar os recursos da língua escrita para conseguir expressar-se bem e demonstrar a coerência do seu pensamento.

Portanto, não só a memória, mas diferentes capacidades são requeridas para que sejam elaboradas as respostas às questões que surgem sobre os fenômenos da natureza. Assim, devemos ter cuidado ao elaborar e corrigir as questões das provas escritas, de forma a considerar essas outras capacidades.

Algumas capacidades cognitivas elementares que podem ser requeridas para responder a questões que avaliam a aprendizagem significativa dos conteúdos são (Nigro, 1995, p. 347-61):

### Capacidades relacionadas ao ensino-aprendizagem

| | |
|---|---|
| ***Memória*** | Recordação ou "chamado". Evocação, no plano abstrato, de um conteúdo. |
| ***Percepção*** | Certa clareza do conteúdo no plano consciente.<br>*Percepção pontual ou particular*<br>Restrita a aspectos mais delimitados do conhecimento.<br>*Percepção global*<br>Percepção de diferentes aspectos do conhecimento que se articulam fornecendo respostas a uma situação-problema. |
| ***Critério*** | Percepção acentuada de um conteúdo:<br>a) dos aspectos particulares de um fenômeno ou de uma situação;<br>b) das variáveis que influem num fenômeno ou numa situação. Refere-se ao fenômeno em si. |
| ***Crítica*** | Posicionamento do indivíduo em relação às variáveis, aos fatores e às evidências que suportam a existência de um fenômeno. |

## Modificando as provas escritas

Se é possível estabelecer que as questões para serem respondidas exigem dos alunos diferentes capacidades, em diferentes graus (forte, médio ou fraco), então também é possível classificar as questões de nossas provas escritas. Assim, ao planejar as provas escritas, o professor pode definir de antemão quais as capacidades que pretende avaliar.

A seguir, apresentamos uma possível classificação das questões de acordo com as capacidades que requerem dos alunos para respondê-las (Nigro, 1995, p. 347-61):

**CAPACIDADES SUBJACENTES A DIFERENTES TIPOS DE QUESTÕES**

| Capacidades requeridas / Tipos de pergunta | Ultra-objetiva | Objetiva | Objetiva de discussão | Discussão e argumentação | Associação de conhecimentos |
|---|---|---|---|---|---|
| Memória | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Expressão escrita | 1 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| Percepção pontual | 1 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| Critério | | | 2 | 3 | 4 |
| Crítica | | | | 3 | 4 |
| Percepção global | | | | 2 | 3 |

A capacidade deve estar presente em um grau de desenvolvimento:
1. Pelo menos baixo, ou igualmente em um grau alto; o grau alto não favorece uma resposta correta.
2. Pelo menos baixo.
3. Pelo menos médio.
4. De preferência médio, com tendência a forte.

Nessa classificação, repare que foram identificados cinco tipos de questões nas provas escritas realizadas pelos alunos, conforme a exigência das capacidades de memória, expressão escrita, percepção pontual, critério, crítica e percepção global que elas demandem. Alguns desses tipos de questões serão explicados e exemplificados a seguir.

## Questão ultraobjetiva e objetiva

Uma questão é considerada *ultraobjetiva* quando exige quase exclusivamente o uso da capacidade de memória para ser respondida.

São chamadas *objetivas* as questões que exigem, além de boa memória, a capacidade de percepção particular, ou seja, a percepção dos aspectos próximos e que se relacionem ao conteúdo da questão. Além disso, as questões objetivas caracterizam-se por exigir do aluno a expressão por escrito de suas ideias.

Para entender melhor a diferença entre questão ultraobjetiva e objetiva, vamos utilizar a segunda questão da prova apresentada como exemplo.



2. Escreva o nome das plantas nos lugares certos:

linho — eucalipto — algodão — imbuia — cana-de-açúcar — peroba

| *Móveis* | *Tecidos* | *Indústria* |
|---|---|---|
| ______ | ______ | ______ |
| ______ | ______ | ______ |

Essa questão, como está formulada, supõe que o aluno tenha memorizado que existem tecidos de linho e de algodão; que móveis podem ser feitos de imbuia; que com a cana-de-açúcar se faz álcool; que se usa eucalipto para fazer papel etc. O aluno é capaz de dar respostas corretas somente relembrando isso e colocando o nome certo na lacuna adequada. Trata-se, pois, de uma questão ultraobjetiva.

Para transformar essa questão de forma que, para respondê-la, o aluno se utilize de outras capacidades além da memória, podemos apresentá-la da seguinte maneira:

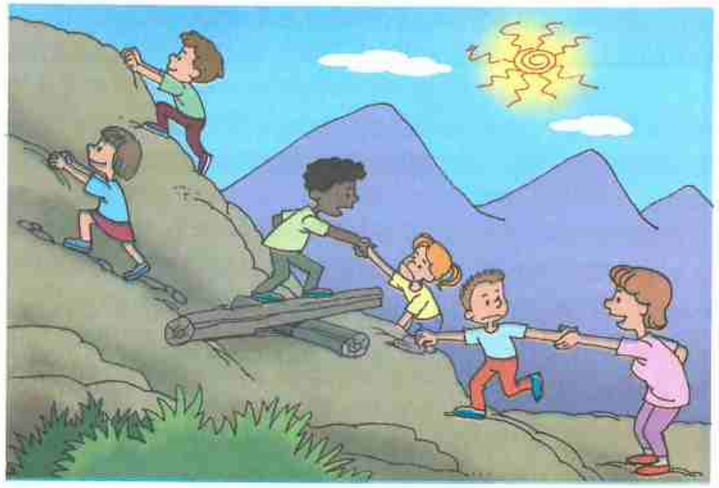
2. Explique por que a frase abaixo deve ser considerada falsa.

*O ser humano utiliza as plantas somente para sua alimentação.*

Na resposta, procure usar os seguintes termos: *linho, algodão, cana-de-açúcar, imbuia, peroba, eucalipto.*

______

______



Mario Pita

*Uma metáfora para avaliação em Ciências: os momentos de avaliação podem ser encarados como pequenos desafios (pedras, buracos, troncos no meio do caminho) que surgem no meio do processo de ensino-aprendizagem (aqui representado pela escalada de uma montanha). Enquanto alguns alunos avançam sozinhos e com facilidade nesse processo, outros precisam de ajuda dos colegas e do professor durante a "escalada".*

Essa questão reformulada é de caráter objetivo do tipo dissertativo. Ao corrigir a resposta, o professor pode não só verificar como o aluno está *articulando* os conceitos arrolados, mas também avaliar o desenvolvimento de suas *habilidades para escrever e relacionar conceitos* referentes ao tema. Desse modo, o professor passa a ter informações sobre a aprendizagem significativa, e não exclusivamente memorista, dos conteúdos. Portanto, a questão reformulada é mais coerente com um modelo de ensino segundo a orientação construtivista.

## QUESTÕES OBJETIVAS DE DISCUSSÃO E DE DISCUSSÃO E ARGUMENTAÇÃO

As questões *objetivas de discussão* exigem, além de bom desenvolvimento da memória, expressão escrita e percepção pontual ou particular, certa *capacidade de critério*.

A primeira questão da prova, por exemplo, pode ser reformulada para se tornar uma questão desse tipo. Vejamos como.

1. Desenhe e escreva o nome das duas partes mais importantes:

da flor

do fruto

Como a questão requer que o aluno:

- perceba e indique a existência de várias estruturas da flor e do fruto;
- pondere sobre os critérios a adotar para estabelecer a importância de uma estrutura;
- argumente por que deu uma dada resposta.

Em vez de solicitar que o aluno "desenhe e escreva o nome das duas partes mais importantes da flor e do fruto", a questão poderia ser subdividida em alguns itens. O professor poderia sugerir, por exemplo, que o aluno analisasse imagens de flores e frutos distintos dos trabalhados durante as aulas, e, com base nessa análise, propor:

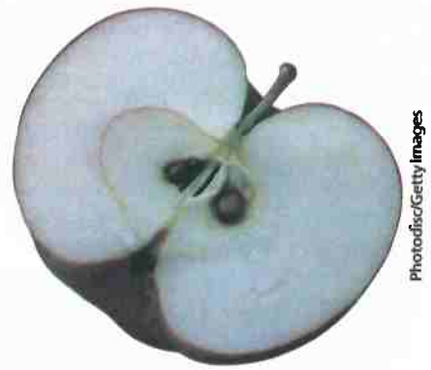


a) Identifique e indique nos desenhos as partes das flores e dos frutos.

b) Escreva um pequeno texto descrevendo as partes que você identificou.

c) Escreva qual é a função de cada estrutura que você identificou.

Corel Stock Photo



Photodisc/Getty Images

Para responder a essa questão, o aluno terá de reconhecer, em diferentes frutos e flores apresentados, aquelas estruturas que foram estudadas durante as aulas de Ciências. Para isso, terá de perceber os elementos constantes nas imagens e que coincidam com as estruturas que aprendeu em aula e espera identificar nas flores e nos frutos que encontre em qualquer lugar.

O que os alunos forem capazes de indicar nas imagens e explicar nos textos dará ao professor importantes informações a respeito das diferentes aprendizagens que ocorreram. Por exemplo, se a maioria indicar poucos elementos nas imagens, é sinal de que as estratégias adotadas pelo professor para o estudo desse assunto precisam ser reelaboradas.

Entretanto, se muitos alunos tiveram "bons resultados", o professor pode centrar sua atenção naqueles que não foram tão bem e procurar detectar as falhas que ocorreram nas suas aprendizagens. As estratégias serão, desse modo, direcionadas especificamente para esses alunos.

A reformulação dessa questão pode ainda ser expandida com a proposta de uma *questão de discussão e argumentação*, o que nos possibilita obter importantes informações sobre o desenvolvimento de outras capacidades associadas à aprendizagem. Para formular uma questão desse tipo teríamos de exigir dos alunos, além das capacidades já citadas, outras envolvendo crítica e percepção global em graus de exigência não muito elevados.

Poderíamos fazer isso acrescentando um item à questão reformulada anteriormente:

> d) Quais das estruturas que você indicou nos desenhos, escreveu nos textos e cujas funções explicou acha que são as mais importantes? Por quê?

Para responder a essa questão, o aluno é solicitado a apresentar um *posicionamento pessoal* a respeito dos fatos que demonstra conhecer. O professor intencionalmente demanda esse posicionamento da criança ao pedir que reflita sobre a importância atribuída às diferentes partes das estruturas vegetais.

Gostaríamos de destacar que numa situação de prova escrita no ensino por transmissão-recepção é possível encontrar uma pergunta como: "Quais são as partes mais importantes das flores e dos frutos?". Mas, nesse contexto, o professor já terá transmitido aos alunos que "tal e tal partes são as mais importantes", estando subentendido que eles vão devolver essa informação na prova. A questão, nesse caso, seria classificada como ultraobjetiva.

Portanto, tão importante quanto as tentativas para reformular as questões é o contexto em que elas são feitas.

## Correção transparente

Na *correção coletiva* de uma questão da prova escrita, é possível retroalimentar o processo de ensino-aprendizagem e tornar as avaliações mais transparentes para os alunos. Por exemplo, na questão 1 reformulada e ampliada, o professor pode apresentar para toda a turma as partes das flores e dos frutos não indicadas por muitos alunos, as mais indicadas e as que apresentaram mais erros de identificação.

É interessante, no momento da correção, levar para a sala de aula as flores que antes o aluno só conhecia pela imagem apresentada na prova, para que ele possa manuseá-las. Dessa forma, o professor dá condições para que cada aluno comece a identificar aquilo que não conseguiu ver (ou diferenciar) e assim aprenda algo com o erro ou a informação incompleta.

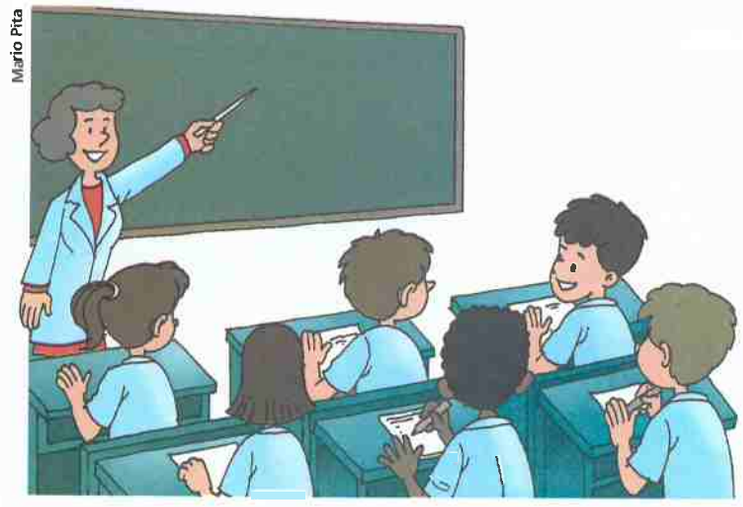
A situação de correção coletiva da prova é também uma oportunidade para promover o *trabalho cooperativo*. Por exemplo, os alunos podem formar grupos e ler textos selecionados pelo professor com informações mais específicas sobre as partes das flores e dos frutos e trocar ideias sobre as que consideram mais importantes.

Como vários alunos já arriscaram uma resposta na prova, principalmente aqueles que não estavam sabendo muito sobre o assunto, agora terão a oportunidade de ouvir seus colegas e, com isso, aperfeiçoar suas aprendizagens.

Além disso, nesse tipo de atividade os alunos exercerão atitudes como: saber ouvir e respeitar a opinião do colega, buscar refletir sobre as opiniões apresentadas, procurando reconhecer em quais aspectos suas opiniões são semelhantes (ou diferentes) às dos colegas, entre outras.

É possível, pois, dizer que são várias as opções para tornar as provas escritas mais coerentes com o ensino, segundo as orientações construtivistas. Isto é, além de elaborar adequadamente as questões, para que reflitam o desenvolvimento de diferentes capacidades pelos alunos, é importante utilizar as situações de avaliação (entre elas, a fase de correção) como um elemento que estimula a produção de novos trabalhos.

Dessa forma a avaliação deve ser vista como algo inserido no processo de ensino-aprendizagem e, conforme o momento em que ocorra, cumprirá diferentes finalidades, como explicaremos a seguir.




## Momentos da avaliação

A avaliação ocorre em diversos momentos do ensino e não apenas ao final de uma unidade didática. Conforme o momento em que ela se dá, cumpre diferentes finalidades.

A avaliação realizada no início de uma unidade didática, cumprindo a finalidade de *avaliação inicial*, examina os conhecimentos prévios ou alternativos. É essa avaliação que fornece subsídios sobre o modo como o aluno considera determinado assunto, antes que seja feita uma sequência de atividades. Nesse sentido, a avaliação inicial tem uma função diagnóstica, fornecendo importantes pistas para todo o planejamento.

Usaremos a terceira questão da prova apresentada anteriormente para explorar o tema dos diferentes momentos da avaliação.

3. Escreva o que é necessário para montar um aquário:

a) ☺ ☺ ☺ ☺ ☺ ☺ ☺ ☺ ☺ ☺ ☺ ☺ ☺

b) ☺ ☺ ☺ ☺ ☺ ☺ ☺ ☺ ☺ ☺ ☺ ☺ ☺

c) ☺ ☺ ☺ ☺ ☺ ☺ ☺ ☺ ☺ ☺ ☺ ☺ ☺

d) ☺ ☺ ☺ ☺ ☺ ☺ ☺ ☺ ☺ ☺ ☺ ☺ ☺

Se está sendo trabalhada uma unidade didática sobre montagem de aquários, como avaliação inicial, o professor poderia pedir: "Escreva o que você acha necessário para montar um aquário".

As informações que o professor obtiver com base nas respostas dos alunos o ajudarão a refletir e a planejar quais serão suas intervenções didáticas.

Também serão documentos importantes para os alunos consultarem durante a sequência de atividades, poderem comparar suas respostas em diferentes momentos do trabalho e a partir daí refletirem "o que estão aprendendo".

Se for conveniente, após a avaliação inicial, uma das possibilidades é apresentar aos alunos fotos de diferentes aquários e textos sobre aquicultura, visitar e analisar o que há no aquário da escola, ouvir o relato dos alunos que têm aquário em casa etc.

Em seguida, o professor poderia avaliar o que os alunos aprenderam com isso, pedindo que façam uma nova lista descrevendo "o que os aquários têm".

A tarefa seguinte poderia ser a análise, em grupo, das listas elaboradas pelos colegas, a fim de selecionar os itens mais importantes.

Dependendo dos objetivos do professor, é possível utilizar essa tarefa para reforçar ainda mais o trabalho das capacidades de critério e crítica. Basta solicitar aos alunos que identifiquem os itens nas listas dos colegas que não estão na sua, bem como os que estão na sua e não estão presentes nas listas dos colegas.

Além disso, o professor poderia ainda sugerir aos grupos que discutam e elaborem procedimentos para montar um aquário próprio. Esse problema daria oportunidade aos alunos para que utilizem e desenvolvam todas as capacidades relacionadas ao ensino-aprendizagem citadas até aqui.

Os procedimentos sugeridos pelos alunos podem ser analisados com um olhar avaliativo. Ou seja, analisando-os, o professor pode verificar o que foi aprendido: certificar-se se os alunos indicam (ou não) aspectos relevantes e necessários para montar um aquário e a forma como eles os indicam.

Ao fazer esse tipo de análise, o professor obterá informações que lhe permitirão realizar uma avaliação *formativa processual*. Ou seja, uma avaliação do caminho de aprendizagem seguido até o momento na unidade didática. Com isso ele terá informações sobre a aprendizagem dos seus alunos no que se refere ao desenvolvimento de certas capacidades e à aprendizagem dos conteúdos conceituais e até procedimentais durante a unidade didática que está sendo desenvolvida. É evidente que os resultados obtidos nessa avaliação lhe fornecerão elementos que o habilitarão a refletir sobre possíveis caminhos a serem seguidos, na continuação do trabalho com os alunos.

## Como avaliar atitudes?

Neste trabalho de montagem de aquários, o professor poderia propiciar aos grupos de alunos a oportunidade de realizarem a montagem dos seus aquários.

Essa situação seria aproveitada para avaliar conteúdos atitudinais relacionados ao trabalho cooperativo.

Atualmente, as formas mais comuns de avaliação de atitudes são aquelas feitas por meio de escalas do tipo *Likert*. Nelas, o aluno atribui um valor de 1 a 5 a um conjunto de enunciados sobre determinado tema.

Podemos construir escalas com diferentes conteúdos atitudinais a serem avaliados, desde o posicionamento do aluno quanto à atividade científica, à presença ou ausência de atitudes consideradas científicas, até as atitudes do aluno com relação ao trabalho em grupo.

A seguir apresentamos um instrumento associado a uma escala do tipo *Likert* para avaliação do tema *trabalho em grupo* (Bolívar, 1995, adaptado), mais indicada para crianças de 9 a 10 anos em diante.

**Para avaliar minhas atitudes em relação ao trabalho em grupo**

| | |
|---|---|
| 1. Quando estou em um grupo de companheiros e amigos, sempre tento que façam o que quero. | 1 – 2 – 3 – 4 – 5 |
| 2. Falar em grupo não serve para nada, porque ninguém dá bola. | 1 – 2 – 3 – 4 – 5 |
| 3. Quando estou em grupo, tento convencer os outros quando acho que eles estão errados. | 1 – 2 – 3 – 4 – 5 |
| 4. É importante escutar os outros quando fazemos atividades em grupo. | 1 – 2 – 3 – 4 – 5 |
| 5. Não gosto de fazer trabalhos em grupo porque nunca entro em acordo com meus companheiros. | 1 – 2 – 3 – 4 – 5 |
| 6. Se estou em grupo e os outros querem que eu faça algo, eu respeito a decisão do grupo. | 1 – 2 – 3 – 4 – 5 |
| 7. Quando se decide algo em grupo, levo em consideração a decisão dele, mesmo que não esteja de acordo. | 1 – 2 – 3 – 4 – 5 |
| 8. Quando trabalho em grupo, eu mesmo prefiro estabelecer as regras. | 1 – 2 – 3 – 4 – 5 |
| 9. Só trabalho em grupo quando o professor obriga. | 1 – 2 – 3 – 4 – 5 |
| 10. Quando estou em um grupo e alguém me diz algo de que não gosto, fico agressivo. | 1 – 2 – 3 – 4 – 5 |
| 11. Quando estou discutindo em grupo, espero os outros terminarem o que estão dizendo para eu, então, falar. | 1 – 2 – 3 – 4 – 5 |
| 12. Quando estou em um grupo, não fico calado e digo aquilo que penso. | 1 – 2 – 3 – 4 – 5 |
| 13. Quando estou em um grupo, tento falar com os outros para entrarmos em acordo. | 1 – 2 – 3 – 4 – 5 |
| 14. Os grupos funcionam melhor quando todos concordam com as normas. | 1 – 2 – 3 – 4 – 5 |
| 15. Gosto de cooperar com meus companheiros de grupo. | 1 – 2 – 3 – 4 – 5 |
| 16. É mais agradável trabalhar em grupo. | 1 – 2 – 3 – 4 – 5 |
| 17. Fazer atividades em grupo é uma chateação. Prefiro trabalhar sozinho. | 1 – 2 – 3 – 4 – 5 |
| 18. É uma perda de tempo ter de escutar os outros quando estou em grupo. | 1 – 2 – 3 – 4 – 5 |
| 19. Defendo as ideias do meu grupo, mesmo que não esteja de acordo. | 1 – 2 – 3 – 4 – 5 |
| 20. Quando estou em um grupo, me aborrece escutar o que os outros dizem. | 1 – 2 – 3 – 4 – 5 |
| 21. É melhor trabalhar em grupo, pois se aprende mais. | 1 – 2 – 3 – 4 – 5 |



A utilização dessa escala poderia permitir ao professor refletir sobre algumas atitudes de seus alunos. É o momento de se perguntar:

- Como os meus alunos encaram o trabalho em grupo?
- Os meus alunos sabem trabalhar em grupo?
- O que mais incomoda os alunos no trabalho em grupo?
- O que mais agrada os alunos no trabalho em grupo?

A partir dessas reflexões, o professor pode então pensar em estratégias específicas para a aprendizagem de determinados conteúdos atitudinais relacionados ao trabalho em grupo.

*Os dados obtidos com base nas avaliações devem estimular a reflexão docente. Acima exemplificamos algumas inquietações que podem surgir no professor, com base em um trabalho de avaliação de conteúdos atitudinais.*

## Avaliação diagnóstica final

Ao término de uma unidade didática o professor pode fazer uma avaliação diagnóstica final.

Utilizando a unidade didática sobre montagem de aquários, podemos exemplificar como o professor pode fazer uma *avaliação somativa* ou *diagnóstica final*, em forma de prova escrita, com questões que requerem diferentes capacidades. Alguns exemplos de perguntas nesse sentido:

- Explique como você montou seu aquário.
- Como você ensinaria alguém a montar um aquário? Para escrever sua resposta, faça de conta que vai escrever um manual com as orientações para um jovem aquarista.
- Quais as coisas mais importantes que devemos ter para montar um aquário? Justifique sua resposta.

Não iremos nos estender mais na questão da avaliação por meio de provas escritas. Com esses exemplos de perguntas feitas durante uma unidade didática sobre montagem de aquários pretendemos enfatizar que as provas escritas não devem se restringir ao final de uma unidade didática ou de uma etapa do trabalho. As provas escritas também devem estar permeadas em nosso trabalho e constituir verdadeiros meios de avaliação, possibilitando que o ensino-aprendizagem-avaliação seja realmente um processo único. Devem, portanto, tornar

possível que nós, professores, obtenhamos informações que nos possibilitem monitorar o que se passa, verificar o desenvolvimento de certas capacidades relacionadas ao ensino-aprendizagem em nossos alunos, replanejar o nosso trabalho e, assim, termos elementos à mão que nos facilitem realizar uma regulação contínua do processo de ensino-aprendizagem.

Para finalizar, apresentamos um quadro-resumo das principais orientações para avaliação no ensino de Ciências, que se recomenda que sejam seguidas inclusive para as provas escritas (Rodríguez Barreiro; Muzquiz; Cea, 1992, p. 254-67):

***A avaliação no ensino de Ciências deve:***

- Estar integrada ao ensino-aprendizagem.
- Propiciar informação (para professor e aluno) sobre possíveis iniciativas para modificar o trabalho.
- Ser considerada, por alunos e professores, um instrumento de ajuda.
- Ser um instrumento investigativo para retroalimentar todo o planejamento.
- Não ser seletiva ou classificatória, isto é, preocupada em classificar os alunos em bons ou ruins.
- Abranger diferentes capacidades, e não só a memorização.
- Procurar discernir os avanços dos alunos.
- Refletir a qualidade de aprendizagem.
- Objetivar que a maioria dos alunos consiga fazê-la bem.
- Ser diferenciada conforme seus objetivos: a *inicial*, buscando reconhecer as ideias dos alunos; a *formativa*, retroalimentando o ensino-aprendizagem; a *somativa*, possibilitando o diagnóstico final.
- Ser instrumento a serviço da melhora do ensino.

## Leitura complementar

### 1. [A confiabilidade e a validade na avaliação]

Uma prova confiável é aquela em cujos resultados numéricos a ela atribuídos se pode acreditar. O fato de, em uma mesma prova, diferentes professores atribuírem diferentes resultados aos mesmos alunos (ou de um mesmo professor atribuir resultados distintos em diferentes momentos) caracteriza que as provas em questão não possuíam *confiabilidade*. Ou seja, de certa forma a confiabilidade está associada a uma "imutabilidade dos resultados" da avaliação, sob qualquer circunstância.

Acrescentando-se a isso, uma boa avaliação deve ter *validade*. Por isso, entendemos que o valor numérico, dado como resultado da avaliação, deve significar algo. Assim, em uma avaliação que tenha validade, a nota conferida a determinado aluno permite ao professor fazer várias inferências sobre a sua aprendizagem. Por exemplo, se uma avaliação tiver validade, o professor pode inferir que uma nota alta implica, necessariamente, uma boa aprendizagem.

Já em avaliações sem validade, os números não correspondem à realidade. Isto é, nessas avaliações, quando um aluno tira uma nota boa, o professor não pode inferir, com certeza, que o aluno teve uma boa aprendizagem.



### Sobre o texto

1. O que é validade de um instrumento de avaliação?
2. O que é confiabilidade de um instrumento de avaliação?
3. Explique a frase: "Já em avaliações sem validade, os números não correspondem à realidade".

### 2. [Avaliando conceitos, procedimentos e atitudes]

Tradicionalmente, a avaliação restringe-se à verificação da aquisição de conceitos pelos alunos, através de questionários em que grande parte das questões exige definição de significados. Pergunta-se: "o que é...?".

Em muitos casos, os alunos respondem com exemplos a perguntas desse tipo. Respondem escrevendo: "Por exemplo...". Diante dessa situação, duas são as ocorrências mais frequentes: o professor aceita os exemplos como definição, passando para o aluno a noção de que exemplificar é definir, ou considera errada a resposta, entendendo que o aluno não conseguiu aprender. Nos dois casos, a intervenção do professor compromete a aprendizagem do aluno, pois em nenhum deles considerou que a inadequação era da pergunta e não do aluno.

Outro tipo bastante frequente de perguntas dos tais questionários são aquelas que solicitam aos alunos respostas extraídas diretamente dos livros-textos ou das lições ditadas pelo professor. O fato de os alunos responderem de acordo com o texto não significa que tenham compreendido o conceito em questão. Se a exploração do conceito não se prolongar em outros momentos, o aluno não terá a oportunidade de compreendê-lo.

De acordo com a concepção destes PCN, a avaliação da aquisição dos conteúdos pode ser efetivamente realizada ao solicitarmos aos alunos que interpretem situações determinadas, cujo entendimento demanda os conceitos que estão sendo aprendidos. Essas situações podem ser muito variadas: uma história, uma figura (foto ou ilustração), um texto ou um trecho de texto, um problema ou um experimento. São situações semelhantes, mas não iguais àquelas vivenciadas anteriormente no decorrer dos estudos. São situações que também solicitam ao aluno realizar comparações, estabelecer relações, proceder determinadas formas de registro, entre outros procedimentos que desenvolveu no curso de sua aprendizagem. Dessa forma, tanto a evolução conceitual quanto a aprendizagem de procedimentos e atitudes estão sendo avaliadas.

Brasil. Ministério da Educação e do Desporto. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências*. Brasília: MEC-SEF, versão agosto de 1996.

### Sobre o texto

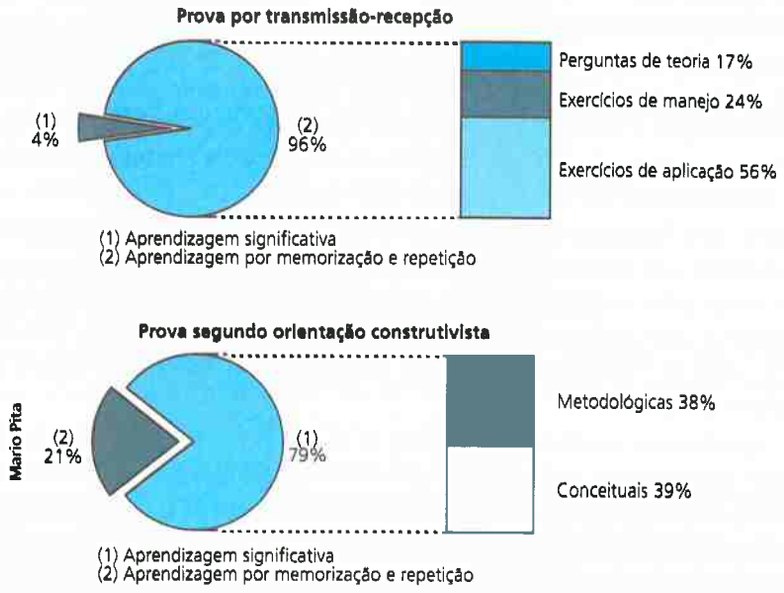
1. Tente explicar como procedimentos e atitudes podem ser avaliados por meio de questões de "interpretação de situações específicas".
2. Analise as perguntas do tipo "O que é..." e aquelas que pedem respostas extraídas de textos que são produzidos na escola onde você estuda. Quais são as capacidades que elas exigem dos alunos para serem respondidas? Como elas poderiam ser melhoradas?

### 3. [Provas escritas que seguem a orientação construtivista]

Se um professor trabalha segundo as orientações construtivistas para o ensino-aprendizagem, será que as provas escritas que venha a elaborar serão diferentes daquelas feitas em um modelo por transmissão-recepção? Será que tais provas serão mais coerentes com os novos paradigmas de avaliação no ensino de Ciências?

A resposta que temos a essas questões é *sim*. Para entender melhor isso, veja as figuras a seguir que representam as porcentagens de ocorrência de certos tipos de questões em provas escritas, de cursos nos quais o ensino se deu nos moldes de transmissão-recepção, e segundo os paradigmas construtivistas.

**Porcentagem de ocorrência de questões relacionadas à aprendizagem significativa ou memorística dos conteúdos**




[...] Noventa e seis por cento (96%) das questões presentes nas provas escritas de professores que trabalham nos moldes do ensino por transmissão-recepção são:

- Perguntas de teoria respondidas por mera repetição memorística.
- Exercícios de aplicação com enunciado extremamente diretivo.
- Exercícios de manejo, que exigem somente a repetição mecânica de destrezas operativas.

Já nas provas que seguem a orientação construtivista, setenta e nove por cento (79%) das questões analisadas na pesquisa exigem uma aprendizagem significativa, e não somente memorística dos conteúdos. Isso significa que elas consideram:

- O manejo significativo dos conceitos analisados.
- A análise crítica da metodologia científica.

Assim, no trabalho de professores que ensinam Ciências segundo as orientações construtivistas, as provas escritas continuam sendo o instrumento de avaliação mais utilizado, embora com diferenças significativas em relação àqueles que trabalham nos moldes do ensino por transmissão-recepção.



ALONSO, M. e outros. Los exámenes de física en la enseñanza por transmisión y en la enseñanza por investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, n. 10, p. 132,1992.

#### SOBRE O TEXTO

1. Segundo os autores, o que diferencia uma prova escrita que segue uma orientação por transmissão-recepção de uma outra coerente com as orientações construtivistas?
2. Embora o texto se refira à realidade existente na Espanha, você diria que os resultados obtidos seriam os mesmos aqui no Brasil?

### 4. [Quanto mais avaliação qualificadora, maior a aprendizagem?]

[...] Não deveríamos nos esquecer de que bons resultados em uma avaliação final são a consequência de uma boa aprendizagem, e não a causa. É certo que alguns alunos estudam "para a prova", mas geralmente sua aprendizagem é pouco significativa e eles se esquecem rapidamente. Também é certo que alguns alunos, estimulados por seus familiares com algum tipo de recompensa em função dos resultados — seja um prêmio ou simplesmente uma valorização afetiva —, têm mais incorporado o valor do estudo que outros alunos cujos ambientes são menos estimulantes. No entanto, será difícil que estes últimos se motivem mais se os submetermos a mais provas ou se eles se sentirem ameaçados de repetir o ano. O mais certo é que ocorra o contrário.

A única afirmação possível de ser generalizada é que quanto mais se aprende, melhores serão os resultados obtidos em provas finais e maior será a motivação e o empenho por continuar aprendendo. Sabe-se que a verdadeira motivação se produz quando os alunos descobrem o prazer de utilizar um novo conhecimento para entender um livro, resolver problemas, explicar os fenômenos que ocorrem ao nosso redor, interpretar um quadro ou escutar música. Se não se aprende, os exames e as avaliações qualificadoras somente levam a mais desânimo e deserção do esforço para continuar tentando.

Ocorre o mesmo com os professores: é muito duvidoso que estes melhorem no exercício profissional somente por serem mais e mais avaliados, sem que tenham meios para aprender a ensinar melhor e, em consequência, consigam que seus alunos aprendam. [...]

SANMARTÍ, Neus. *10 Ideas clave: evaluar para aprender*. Barcelona: Graó, 2007. p. 93. (Tradução dos autores.)

#### SOBRE O TEXTO

1. Você concorda com a autora do texto: "bons resultados em uma avaliação final são a consequência de uma boa aprendizagem, e não a causa"? Explique a sua resposta.
2. Baseado na sua experiência profissional, você concorda ou discorda da colocação da autora: "quanto mais se aprende, melhores serão os resultados obtidos em provas finais e maior será a motivação e o empenho por continuar aprendendo"? Explique sua resposta, apresentando argumentos que justifiquem a sua opinião.

# Bibliografia


ABRAMS, E.; WANDERSEE, J. H. How to infuse actual scientific research practices into science classroom instruction. In: *International Journal of Science Education* (17): 683-94, 1995.

ALONSO, M. e outros. Concepciones docentes sobre la evaluación en la enseñanza de las Ciencias. In: *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales* (4): 6-15, 1995.

_____. Los exámenes de física en la enseñanza por transmisión y en la enseñanza por investigación. In: *Enseñanza de las Ciencias* (10): 127-38, 1992.

ALVES, R. *Filosofia da Ciência: introdução ao jogo e suas regras*. São Paulo: Brasiliense, 1981.

ARNOLD, P. e outros. Children's knowledge of the earth's shape and its gravitational field. In: *International Journal of Science Education* (17): 635-41, 1995.

BENLLOCH, M. *Por un aprendizaje constructivista de las ciencias*. Madrid: Visor Distribuciones, 1984.

BIZZO, N. M. Graves erros de conceito em livros didáticos de Ciências. In: *Ciência Hoje* (21): 26-35, 1996.

_____. Historia de la Ciencia y Enseñanza de la Ciencia: ¿qué paralelismos cabe establecer? In: *Comunicación, language y educación* (18): 5-14, 1993.

_____. Metodologia e prática de ensino de Ciências: a aproximação do estudante de magistério das aulas de Ciências no 1º grau. In: PICONEZ, S. C. B. (Org.) e outros. *A prática de ensino e o estágio supervisionado*. Campinas: Papirus, 1991.

BLOOM, J. W. The development of scientific knowledge in elementary school children: a context of meaning perspective. In: *Science Education* (76): 399-413, 1992.

BOLÍVAR, A. *La evaluación de valores y actitudes*. Madri: Grupo Anaya, 1995.

BRASIL. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais*. Ministério da Educação e do Desporto / Secretaria do Ensino Fundamental – SEF. Brasília, 1996.

CAAMAÑO, A. La comprensión de la naturaleza de la ciencia. Un objetivo de la enseñanza de las ciencias en la ESO. In: *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales* (8): 43-51, 1996.

CAAMAÑO, A. e outros. Los trabajos prácticos en las ciencias experimentales. In: *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales* (2): 4-5, 1994.

CAMINO, N. Ideas previas y cambio conceptual en astronomia. Un estudo con maestros de primaria sobre el día y la noche, las estaciones y las fases de la luna. In: *Enseñanza de las Ciencias* (13): 81-96, 1995.

CANIATO, R. *Com ciência na educação*. Campinas: Papirus, 1987.

CARVALHO, A. M. P. *Física: proposta para um ensino construtivista*. São Paulo: EPU,1989.

CARVALHO, A. M. P.; GIL PÉREZ, D. *Formação de professores de Ciências: tendências e inovações*. São Paulo: Cortez, 1993.

CAVALCANTI, Z. (Coord.). *Trabalhando com História e Ciências na pré-escola*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1995.

COLL, C. Um modelo de *curriculum* para la enseñanza obligatoria. In:_____. *Psicologia y curriculum*. Buenos Aires: Paidós, 1987. (Em português: *Psicologia e currículo*. São Paulo: Ática, 1996.)

COROMINAS, J. V.; LOZANO, M. T. Trabajos prácticos para la construcción de conceptos: experiencias y experimentos ilustrativos. In: *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales* (2): 21-6, 1994.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. *Metodologia do ensino de Ciências*. São Paulo: Cortez, 1990.

DRIVER, R. Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. In: *Enseñanza de las Ciencias* (6): 109-20, 1988.

_____. Psicologia cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. In: *Enseñanza de las Ciencias* (4): 3-15, 1986.

DUMAS, A. C. e outros. Formación inicial del professorado de ciencias en Francia, Inglaterra e Gales e España. Análisis de la organización de los estudios y nuevas tendencias. In: *Enseñanza de las Ciencias* (8): 274-81, 1990.

DUMON, A. Formar a los estudiantes en el método experimental: ¿utopía o problema superado? In: *Enseñanza de las Ciencias* (10): 25-31, 1992.

DUSCH, R. A.; GITOMER, D. H. Epistemological perspectives on conceptual change: implications for educational practice. In: *Journal of Research in Science Teaching* (28): 839-58, 1991.

ESCAMILLA, A.; LIANOS, E. *La evaluación del aprendizaje y de la enseñanza en el aula*. Zaragoza: Edelvives, 1995.

FLEER, M. The importance of conceptually focused teacher-child interaction in early childhood science learning. In: *International Journal of Science Education* (17): 325-42, 1995.

FRACALANZA, H. *O ensino de Ciências no 1º grau*. São Paulo: Atual, 1986.

FRIZZO, M.; MARIM, E. B. *O ensino de Ciências nas séries iniciais*. Ijuí: Unijuí, 1986.

FROTA-PESSOA, O. e outros. *Como ensinar Ciências*. 5. ed. São Paulo: Nacional, 1985.

FUMAGALI, L. ¿Qué enseño cuando enseño ciencia? In: _____. *El desafio de enseñar ciencias naturales*. Buenos Aires: Troqvel Educación, 1993.

FURIÓ, C. J. Las concepciones alternativas del alumnado en ciencias: dos décadas de investigación. In: *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*. (7): 7-17, 1996.

FURIÓ, C. J.; GIL PÉREZ, D. La didáctica de las ciencias en la formación inicial del professorado: una orientación y un programa teóricamente fundamentados. In: *Enseñanza de las Ciencias* (7): 257-65, 1989.

FURIÓ, C. J. e outros. ¿Cuánto contaminará una central térmica que funciona con fuel? Un ejemplo de resolución de problemas como investigación. In: *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales* (5): 27-36, 1995.

GARRET, R. M. Resolver problemas en la enseñanza de las ciencias. In: *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales* (5): 6-15, 1995.

GARRET, R. M. e outros. Turning exercises into problems: an experimental study with teachers in training. In: *International Journal of Science Education* (12): 1-12, 1990.

GELI, A. M. C. La evaluación de los trabajos prácticos. In: *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales* (4): 25-32, 1995.

GIL PÉREZ, D. Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. In: *Enseñanza de las Ciencias* (11): 197-212, 1993.

_____. Los programas-guía de actividades: una concreción del modelo constructivista de aprendizaje de las ciencias. In: CATAYUD, M. L. e outros. *La construcción de las ciencias físico-químicas*. Valencia: Nau Libres, 1992.

_____. ¿Qué hemos de saber y saber hacer los professores de ciencias? In: *Enseñanza de las Ciencias* (9): 69-77, 1991.

_____. La metodologia científica y la enseñanza de las ciencias. Unas relaciones controvertidas. In: *Enseñanza de las Ciencias* (4): 111-21, 1986.

GIL PÉREZ, D.; CARRASCOSA, J. What to do about science "misconceptions". In: *Science Education* (74): 531-40, 1990.

GIL PÉREZ, D.; VALDÉS CASTRO, P. La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo. In: *Enseñanza de las Ciencias* (14): 155-63, 1996.

GISBERT, T.; LOPEZ, A. B. *Las ideas de los alumnos en el aprendizaje de las ciencias*. Madrid: Narcea, 1988.

GONZÁLEZ, E. M. ¿Qué hay que renovar en los trabajos prácticos? In: Enseñanza *de las Ciencias* (10): 206-11, 1992.

GRAU, R. ¿Qué es lo que hace difícil una investigación? In: *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales* (2): 27-35, 1994.

HARLEN, W. Research and the development of science in the primary school. In: *International Journal of Science Education* (14): 491-503, 1992.

IGNÁCIO, J. P. e outros. Aprendizaje de estrategias para la solución de problemas en ciencias. In: *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales* (5): 16-26, 1995.

IZQUIERDO, M. Relación entre la historia y la filosofía de la ciencia y la enseñanza de las ciencias. In: *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales* (8): 7-21, 1996.

JESÚS, M. C. e outros. La enseñanza de la biologia y la resolución de problemas. In: *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales* (5): 53-8, 1995.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; SANMARTI, N. P. The development of new science curriculum for secondary school in Spain: opportunities for change. In: *International Journal of Science Education* (17): 425-39, 1995.

KEMPA, R. F. Resolución de problemas de química y estructura cognitiva. In: *Enseñanza de las Ciencias* (4): 99-110, 1986.

KRASILCHIK, M. The ecology of science education: Brazil 1950-90. In: *International Journal of Science Education* (17): 413-23, 1995.

_____. A case of international cooperation in science education: dependence or development. In: *International Journal of Science Education* (11): 135-39, 1989.

———. *O professor e o currículo de Ciências.* São Paulo: EPU/Edusp, 1987.

Kruger, C. e outros. Surveys of english primary teachers' conceptions of force, energy and materials. In: *Science Education* (76): 339-91, 1992.

Langlois, F. e outros. Influencia de la formulación del enunciado y del control didáctico sobre la actividad intelectual de los alumnos en la resolución de problemas. In: *Enseñanza de las Ciencias* (13): 179-91, 1995.

Linder, C. J. A challenge to conceptual change. In: *Science Education* (77): 293-300, 1993.

Lopes, B.; Costa, N. Modelo de enseñanza-aprendizaje centrado en la resolución de problemas: fundamentación, presentación e implicaciones educativas. In: *Enseñanza de las Ciencias* (14): 45-61, 1996.

Lucas, A. M.; Garcia-Rodeja Gayoso, I. Contra las interpretaciones simplistas de los resultados de los experimentos realizados en el aula. In: *Enseñanza de las Ciencias* (8): 11-6, 1990.

Menoyo, M. P. D. La evaluación formativa como instrumento de atención a la diversidad: una experiencia en secundaria. In: *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales* (4): 42-54, 1995.

Miguens, M.; Garrett, R. M. Prácticas en la enseñanza de las ciencias: problemas y posibilidades. In: *Enseñanza de las Ciencias* (9): 229-36, 1991.

Miller, J. *The body in question*. London: Jonathan Cape, 1978.

Monk, M. On the identification of principles in science that might inform research students' beliefs about natural phenomena. In: *International Journal of Science Education* (17): 565-73, 1995.

Muthukrishna, N. e outros. Children's alternative frameworks: should they be directly addressed in science instruction? In: *Journal of Research in Science Teaching* (30): 233-48, 1993.

Nigro, R. G. Un modelo de prueba escrita que revela capacidades relacionadas con el proceso de aprendizaje. In: *Enseñanza de las Ciencias* (13): 347-61, 1995.

Nussbaum, J. La tierra como cuerpo cósmico. In: Driver, R. e outros. (Orgs.). *Ideas científicas en la infancia y adolescencia*. Madri: Morata, 1989.

Olivares, E. J. Tipos de contenidos y instrumentos de evaluación. In: *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales* (4): 16-23, 1995.

Ormastroni, M. J. S. (Coord.). *Aprendendo a aprender: Artes, Ciências, Cultura espontânea, Linguagem, Matemática, Banco de ideias.* Petrópolis: Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura – IBECC, 1990.

Perales, F. J. La resolución de problemas: una revisión estructurada. In: *Enseñanza de las Ciencias* (11): 170-8, 1993.

Pérez de Eulate, L. La historia de la ciencia como hilo conductor de una unidad didáctica. Un ejemplo concreto: la respiración humana. In: *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales* (8): 71-9, 1996.

Piaget, J.; Inhelder, B. *O desenvolvimento das quantidades físicas na criança*. 2. ed. Rio de Janeiro: Zahar, 1975.

Pinto, R. e outros. Tres enfoques de la investigación sobre concepciones alternativas. In: *Enseñanza de las Ciencias* (14): 221-32, 1996.

Pomés Ruiz, J. La metodologia de resolución de problemas y el desarrollo cognitivo: un punto de vista postpiagetiano. In: *Enseñanza de las Ciencias* (9): 78-82, 1991.

Porlán, R.; Martín del Pozo, R. Ciencia, professores y enseñanza: unas relaciones complejas. In: *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales* (8): 23-32, 1996.

Pozo, J. I. Las ideas del alumnado sobre las ciencias: de onde vienen, a dónde van... y mientras tanto qué hacemos con ellas. In: *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales* (7): 18-26, 1996.

Pozo, J. I. e outros. Las ideas de los alumnos sobre la ciencia: una interpretación desde la psicología cognitiva. In: *Enseñanza de las Ciencias* (9): 83-94, 1991.

Pro Bueno, A. Reflexiones para la selección de contenidos procedimentales en ciencias. In: *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales* (6): 77-87,1995.

Pujol, R. M. V. Los trabajos prácticos en la educación infantil y en la educación primaria. In: *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales* (2): 6-14, 1994.

Rodríguez Barreiro, L. M. e outros. Una propuesta integral de evaluación en ciencias. In: *Enseñanza de las Ciencias* (10): 254-67, 1992.

Roman, M. P.; Diez, E. L. *Inteligencia y potencial de aprendizaje: evaluación y desarrollo*. Madrid: Cincel-Kapelusz, 1988.

Rotger, B. A. *Evaluación formativa*. Madrid: Cincel, 1989.

Saltiel, E. Un ejemplo de aportación de la didáctica de la física a la enseñanza: los ejercicios cualitativos y los razonamentos funcionales. In: *Enseñanza de las Ciencias* (9): 257-62, 1991.

Saltiel, E.; Viennot, L. ¿Qué aprendemos de las semejanzas entre las ideas históricas y el razonamiento espontáneo de los estudiantes? In: *Enseñanza de las Ciencias* (3): 137-44, 1985.

Sánchez, J. M. J. Comprender el enunciado: primera dificultad en la resolución de problemas. In: *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales* (5): 37-45, 1995.

Sanmartí, N.; Jorba, J. Autorregulación de los procesos de aprendizaje y construcción de conocimientos. In: *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales* (4): 59-77, 1995.

Segura, D. Una premisa para el cambio conceptual: el cambio metodológico. In: *Enseñanza de las Ciencias* (9): 175-80, 1991.

Serrano, T. Condicionantes del aprendizaje de las ciencias. Las ideas de los alumnos. In: Marco, B. e outros. *La enseñanza de las ciencias experimentales*. Madrid: Narcea, 1987.

Serrano, T.; Blanco, A. L. *Las ideas de los alumnos en el aprendizaje de las ciencias*. Madrid: Narcea, 1988.

Sigüenza, A. F.; Saez, M. J. Análisis de la resolución de problemas como estrategia de enseñanza de la biologia. In: *Enseñanza de las Ciencias* (8): 223-30, 1990.

Stavy, R. Children's conception of changes in the state of matter: from liquid (or solid) to gas. In: *Journal of Research in Science Teaching* (27): 247-66, 1990.

Stewart, J.; Hafner, R. Extending the conception of "problem" in problem-solving research. In: *Science Education* (75): 105-20, 1991.

Tamir, P. Training teachers to teach effectively in the laboratory. In: *Science Education* (73): 59-69, 1989.

Vázquez, A.; Manassero, M. A. Actitudes relacionadas con la ciencia: una revisión conceptual. In: *Enseñanza de las Ciencias* (13): 337-46, 1995.

Weissmann, H. Que enseñan los maestros cuando enseñan ciencias naturales, y que dicen querer enseñar. In: *Didáctica de las ciencias naturales: aportes e reflexiones*. Buenos Aires: Paidós, 1993.

Zabala, A. Los enfoques didácticos. In: Coll, C. e outros. *El constructivismo en el aula*. Barcelona: Graó, 1993.


A seguir sugerimos livros e *sites* na internet que você talvez possa utilizar no seu dia a dia de trabalho. É importante que, antes de utilizá-los, se faça uma criteriosa seleção, tendo em vista objetivos, adequação ao público-alvo, contexto ou oportunidade.

## Sugestões de livros


Ashcroft, F. *A vida no limite: a ciência da sobrevivência*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2001.

Asimov, I. *O cérebro humano: suas capacidades e funções*. São Paulo: Hemus, 2002.

Astolfi, J. P.; Develay, M. A. *Didática das Ciências*. Campinas: Papirus, 1989-2005.

Barreto, E. S. S. (Org.). *Os currículos do Ensino Fundamental para as escolas brasileiras*. Campinas: Autores Associados, 1998.

Bizzo, N. *Ciências: fácil ou difícil?* São Paulo: Ática, 2000.

Brasil. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais 1º e 2º ciclos do Ensino Fundamental*. Ministério da Educação e do Desporto / Secretaria do Ensino Fundamental – SEF. Brasília, 1996.

Carvalho, A. M. P. e outros. *Ciências no Ensino Fundamental: o conhecimento físico*. São Paulo: Scipione, 1998.

Gleiser, M. *A dança do Universo: dos mistérios da criação ao Big Bang*. São Paulo: Companhia das Letras, 1997.

Gould, S. J. *Darwin e os grandes enigmas da vida*. São Paulo: Martins Fontes, 1999.

Gribbin, J. *Fique por dentro da física moderna*. São Paulo: Cosac & Naif, 2003.

Lajolo, M. *Do mundo da leitura para a leitura do mundo*. São Paulo: Ática, 2000.

Leite, M. *Meio ambiente e sociedade*. São Paulo: Ática, 2005.

Mawhinney, M. *Desenvolvimento sustentável: uma introdução ao debate ecológico*. São Paulo: Loyola, 2002.

Moreira, M. A.; Buchweitz, B. *Mapas conceituais: instrumentos didáticos de avaliação e de análise de currículo*. São Paulo: Moraes, 1987.

Mourão, R. R. F. *O livro de ouro do Universo*. Rio de Janeiro: Ediouro, 2000.

Novak, J. D.; Gowin, D. B. *Aprendiendo a aprender*. Barcelona: Martinez Roca, 1988.

Guia Philips. *Parques Nacionais do Brasil*. São Paulo: Empresa das Artes/Publifolha, 1999.

Queiroz, R. G. *O mundo mágico das plantas*. Brasília: Thesaurus, 2003.

Sacks, O. *Tio Tungstênio: memórias de uma infância química*. São Paulo: Companhia das Letras, 2002.

Seber, M. G. *Construção da inteligência pela criança*. São Paulo: Scipione, 1989.

Shayer, M. M. e outros. *Lixo e sustentabilidade*. São Paulo: Ática, 2008.

Singer, P. *Libertação animal*. Porto Alegre: Lugano, 2004.

Sis, P. *O mensageiro das estrelas*. São Paulo: Ática, 1998.

Suplicy, M. *Papai, mamãe e eu*. São Paulo: FTD, 1999.

Teberosky, A.; Coll, C. *Aprendendo Ciências*. São Paulo: Ática, 1999.

Vanin, J. A. *Alquimistas e químicos: o passado, o presente e o futuro*. São Paulo: Moderna, 2005.

Watson, J.; Berry, A. *DNA: o segredo da vida*. São Paulo: Companhia das Letras, 2003.

Weissmann, H. (Org.). *Didática das Ciências Naturais: contribuições e reflexões*. Porto Alegre: Artmed, 1998.

Wilson, E. O. *A criação: como salvar a vida na Terra*. São Paulo: Companhia das Letras, 2008.

Zabala, A. (Org.). *Cómo trabajar los contenidos procedimentales en el aula*. Barcelona: Graó, 1993.


## Sugestões de *sites*

**Associação Brasileira de Centros e Museus de Ciência – ABCMC**
www.abcmc.org.br

**Museu Nacional do Mar**
www.museunacionaldomar.com.br

**Centro de Divulgação Científica e Cultural – USP**
www.cdcc.sc.usp.br

**Projeto Investigando a Terra – IAG-USP**
www.iag.usp.br/siae98/index.html

**Nasa para crianças [em português]**
http://heasarc.gsfc.nasa.gov/nasap/docs/StarChild.html

**Fundação Parque Zoológico de São Paulo**
www.zoologico.sp.gov.br

**Fundação SOS Mata Atlântica**
www.sosmatatlantica.org.br

**Agenda 21**
www.agenda21local.com.br

**Radar Ambiental**
www.radarambiental.com.br

**Biodiversidade**
www.biodiversitas.org.br

**Lixo**
www.lixo.com.br

**Recicloteca**
www.recicloteca.org.br

**Ministério do Meio Ambiente**
www.mma.gov.br

**Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência**
www.sbpcnet.org.br

**Biblioteca Virtual de Educação**
http://bve.cibec.inep.gov.br

**Revista Ciência Hoje**
http://cienciahoje.uol.com.br

**Revista Ciência Hoje das Crianças**
http://cienciahoje.uol.com.br/235

**Revista Pesquisa Fapesp**
www.revistapesquisa.fapesp.br

**Ciência em Tela**
www.cienciaemtela.nutes.ufrj.br

**Revista Ensaio — Pesquisa em Educação e Ciências**
www.cecimig.fae.ufmg.br/ensaio

**Revista Ciência & Educação**
www2.fc.unesp.br/cienciaeeducacao

**Revista Investigações em Ensino de Ciências**
www.if.ufrgs.br/ienci


Impresso no Parque Gráfico da Editora FTD
Avenida Antonio Bardella, 300
Fone: (0-XX-11) 3545-8600 e Fax: (0-XX-11) 2412-5375
07220-020 GUARULHOS (SP)