



**Blucher**

A reflexão e a prática no Ensino Médio

8

Física

Márcio Rogério de Oliveira Cano  
coordenador da coleção

*Anne L. Scarinci*

*Valéria Silva Dias*

autoras

*Coleção A reflexão e a prática no Ensino Médio – volume 8 – Física*

© 2017 Márcio Rogério de Oliveira Cano (coord.), Anne L. Scarinci, Valéria Silva Dias

Editora Edgard Blücher Ltda.

# Blucher

---

Rua Pedroso Alvarenga, 1245, 4º andar

04531-012 – São Paulo – SP – Brasil

Tel.: 55 11 3078-5366

**contato@blucher.com.br**

**www.blucher.com.br**

Segundo o Novo Acordo Ortográfico, conforme 5. ed. do *Vocabulário Ortográfico da Língua Portuguesa*, Academia Brasileira de Letras, março de 2009.

É proibida a reprodução total ou parcial por quaisquer meios sem autorização escrita da editora.

---

Todos os direitos reservados pela Editora Edgard Blücher Ltda.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Angélica Ilacqua CRB-8/7057

---

Scarinci, Anne L.

Física / Anne L. Scarinci, Valéria Silva Dias – São Paulo : Blucher, 2017.

176 p. : il. (Coleção A reflexão e a prática no Ensino Médio, v. 8 / Márcio Rogério de Oliveira Cano, coord.)

Bibliografia

ISBN 978-85-212-1195-2

1. Ensino 2. Física (Ensino médio) – Estudo e Ensino – Metodologia 3. Didática (Ensino Médio) 4. Professores de segundo grau – Formação I. Título. II. Dias, Valéria Silva. III. Cano, Márcio Rogério de Oliveira. 17-0512 CDD 373

---

Índice para catálogo sistemático:

1. Educação – Ensino médio

---

## Coordenação e autoras

---

COORDENADOR  
DA COLEÇÃO

MARCIO ROGÉRIO DE OLIVEIRA CANO

Professor do curso de Letras do Departamento de Ciências Humanas da Universidade Federal de Lavras (UFLA), mestre e doutor pelo Programa de Estudos Pós-Graduados em Língua Portuguesa da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP). Desenvolve pesquisas na área de Ensino de Língua Portuguesa e Análise do Discurso. Possui publicações e trabalhos apresentados na área, além de vasta experiência nos mais variados níveis de ensino. Também atua na formação de professores de Língua Portuguesa e de Leitura e Produção de Textos nas diversas áreas do conhecimento.

AUTORAS

ANNE L. SCARINCI

Possui graduação em Física e em Pedagogia, mestrado em Ensino de Ciências e doutorado em Educação. Desenvolve pesquisas sobre a formação de professores de Ciências e sobre o ensino e a aprendizagem de ciências e de física. É autora de livros didáticos e paradidáticos em ciências naturais e atua tanto na formação inicial como no desenvolvimento profissional de professores. Já atuou como professora de ciências e de física na Escola Básica, na Educação Infantil e no Ensino Fundamental 1. Atualmente é professora no Instituto de Física da Universidade de São Paulo (USP).

VALÉRIA SILVA DIAS

É licenciada em Física pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), mestre em Ensino de Ciências (Modalidade Física) pela Universidade de São Paulo (USP) e doutora em Educação para a Ciência pela Universidade Estadual Paulista (Unesp). Desenvolve pesquisas na área de Ensino de Ciências sobre os temas História da Ciência e Formação Inicial e Continuada de Professores. Atuou como coordenadora pedagógica e como professora de Física no Ensino Médio. Atualmente é professora do Instituto de Física da USP.



---

## Apresentação da coleção

---

A sociedade em que vivemos hoje é um espaço dos lugares virtuais, do dinamismo, da diversidade, mas também do consumo, da compra da felicidade e do seu envelhecimento para ser trocada por outra. Formar o sujeito em dias como esses é nos colocarmos no lugar do risco, da complexidade e do vazio que vem a ser preenchido pelos vários sentidos que esse sujeito existente produz nos espaços em que circula, mas que não são fixos. A escola é hoje um desses espaços. Em outras épocas, em lógicas anteriores, ensinar o conteúdo em detrimento da falta de conteúdo bastava; a escolha era entre aprovar e reprovar, entre a verdade e a mentira. Agora, o trabalho dessa mesma escola (ou de outra escola) é produzir o desenvolvimento desse sujeito no cruzamento de suas necessidades individuais com as do coletivo, do seu modo de aprendizagem com o modo coletivo, do local harmonizado com o global. Isso faz do ensino um trabalho árduo para contemplar essas adversidades e poder desenvolver um trabalho competente a partir delas.

Se a sociedade e a escola estão nessas dimensões, ao pensarmos em uma modalidade específica como o Ensino Médio, temos um exemplo em maior potencial de um lugar esvaziado pela história e pelas políticas educacionais. Qual a função do Ensino Médio em meio ao Ensino Fundamental e à Graduação, em meio à infância, à pré-adolescência e à fase adulta? O objetivo centra-se na formação para o trabalho, para o mundo do trabalho, para os processos seletivos de entrada em universidades, para uma formação humanística ou apenas uma retomada com maior complexidade do Ensino Fundamental?

Em meio a esses questionamentos, surgiu o projeto dessa coleção, voltado especificamente para pensar metodologias pedagógicas para as diversas áreas que compõem o Ensino Médio. A questão

central que se colocava para nós, no início, não era responder a essas perguntas, mas sistematizar uma proposta, nas diversas áreas, que pudesse, ao seu término, produzir um discurso que preenchesse o espaço esvaziado dessa modalidade de ensino e que, de certa forma, se mostrasse como emblemático da discussão, propiciando outros questionamentos a partir de um lugar já constituído.

Por isso, nesta coleção, o professor que já atua em sala e o professor em formação inicial poderão ter contato com um material produzido a partir das pesquisas e reflexões de vários professores e pesquisadores de diversas instituições de pesquisa e ensino do Brasil que se destacaram nos últimos anos por suas contribuições no avanço da educação.

Aqui, a proposta contempla não formas e receitas para se trabalhar conteúdos, mas metodologias e encaminhamentos pedagógicos que possam contribuir com a reflexão do professor acerca do seu trabalho local em relação ao coletivo, bem como os objetivos de aprendizagens nas diversas instituições que formam professores.

Nossos pilares para a construção desse material foram definidos a partir das pesquisas já desenvolvidas, focando, primeiro, a noção de formação de um sujeito transdisciplinar/interdisciplinar, pois concordamos que o foco do ensino não deve ser desenvolver este ou aquele conteúdo, mas este e aqueles sujeitos. Por isso, entendemos que o ensino passou de um paradigma centrado no conteúdo para outro focado no ensino e, agora, na aprendizagem. Por isso, tendo como centro o sujeito e a sua aprendizagem, as propostas são construídas de forma a servirem de ponto de partida para a ação pedagógica, e não como roteiro fixo de aprendizagem, pois, se as aprendizagens são diferentes, todos os trabalhos precisavam ser adaptados às suas realidades.

Essa ação pedagógica procura primar pelo eixo experiência-reflexão. Amparada pela história e por um ensino tradicional, a escola ainda reproduz um modelo puramente intelectualivo sem, no entanto, oportunizar a experiência, fazendo a reflexão sobre o que não se viveu. O caminho que apresentamos aqui leva ao inverso: propor a experiência para os alunos e depois fazer a reflexão, seguindo o próprio caminho que faz com que a vida nos ensine. Vivemos as experiências no mundo e aprendemos com ela. À escola, cabe sistematizar essa reflexão sem nunca negar a experiência.

Se o sujeito e suas experiências são centrais, a diversidade dos sentidos apresentará um modelo bastante complexo de dis-



cussão, sistematização e encaminhamento pedagógico. A diversidade contempla as diferentes histórias, de diferentes lugares, de diferentes etnias, gêneros, crenças etc., mas só com ela presente em sala de aula podemos fazer com que esse sujeito veja sentido naquilo que aprende e possa construir um caminho para a vida a partir de sua diversidade.

Assim, pensamos, enfim, em contribuir com o Ensino Médio como um lugar cuja maturidade possibilite a ligação entre uma experiência de vida que se abre para o mundo, uma experiência local, familiar, muitas vezes protegida, que se abre para um mundo de uma ação de trabalho coletiva, democrática, centrada no outro, das adversidades das escolhas universitárias (ou não), de outros caminhos possíveis, de um mundo de trabalho ainda opressor, mas que pode ser emancipador. E, nesse espaço, queremos refletir sobre uma possibilidade de função para o Ensino Médio.

Agradecemos a escolha e convidamos todos a refletir sobre esse mundo conosco.

Márcio Rogério de Oliveira Cano

*Coordenador da coleção*



---

## Conteúdo

---

O CONVITE.....	13
PRELÚDIO.....	17
1. OUVINDO UMA COISA E ENTENDENDO OUTRA: A EXISTÊNCIA DE CONCEITOS PREVIAMENTE CONSTRUÍDOS.....	21
2. DA SUPERFÍCIE DO ERRO ÀS IDEIAS DOS ALUNOS: ACESSANDO CONCEPÇÕES PRÉVIAS .....	31
3. DOS MODELOS INTUITIVOS AOS MODELOS CIENTÍFICOS: A SUSTENTAÇÃO DO PROCESSO DE APRENDIZAGEM .....	51
4. AS BASES FILOSÓFICAS DO CONSTRUTIVISMO .....	79
5. PLANEJAMENTO DE AULAS COM FOCO EM CONSTRUÇÃO DE MODELOS FÍSICOS.....	91
6. O QUE A HISTÓRIA DA CIÊNCIA NOS ENSINA SOBRE A NATUREZA DA CIÊNCIA QUE QUEREMOS ENSINAR? .....	109
7. UM MAPA PARA O TESOURO – PENSANDO O PLANEJAMENTO DO ENSINO.....	133
REFERÊNCIAS .....	169



---

## O convite

---

Este livro é um convite. Um convite para todas as pessoas interessadas no ensino de ciências e especialmente para professores de física. É um convite para conhecer experiências de professores da Educação Básica e as nossas como formadoras de professores. É também um convite para refletir sobre algumas teorias sobre o ensino das ciências naturais e suas relações com as práticas de ensino de física.

Trabalhamos há mais de dez anos com formação inicial e continuada de professores da Educação Básica. Boa parte dos exemplos, das situações-problema que discutimos nesse livro, tiveram lugar nos cursos e projetos de formação que acompanhamos. São situações concretas, ocorridas em escolas do estado de São Paulo, das quais apenas alteramos os nomes de professores e estudantes para preservar suas identidades. Escrever este livro partindo do relato de situações reais de sala de aula nos pareceu mais significativo, na medida em que acreditamos que a teoria precisa ser vivenciada, ou seja, as teorias educacionais devem ter como objetivo entender e aprimorar as práticas de ensino (e revestir-se delas).

Os professores que dessa forma se tornaram personagens deste livro participavam de grupos de pesquisa-ação, que se constituíram em ambientes altamente favoráveis ao diálogo e à discussão de ideias, estratégias, atividades e planejamento de aulas. Eles merecem nossa profunda admiração e nosso agradecimento, pois, sem eles, este livro e nosso aprendizado sobre a docência da física não seriam possíveis.

Optamos por escrever este livro em capítulos independentes, ou seja, é possível ler o livro em qualquer sequência. Em todos os capítulos, de alguma forma, abordamos os temas principais que

elegemos, sendo que cada capítulo explora mais profundamente um deles.

Iniciamos o livro com um prelúdio. Na música, prelúdio é uma obra curtinha, leve e jovial, que anuncia o que vem a seguir. Nosso prelúdio, naturalmente, traz uma prática docente genuína: uma aula. A aula escolhida é da professora Marta, personagem frequente ao longo dos capítulos seguintes. A aula é a célula da prática docente, de modo que a de Marta anuncia nossa estratégia escolhida para abordar os conteúdos na obra.

No Capítulo 1, discorremos sobre o problema das “aulas dadas”, ou seja, das usuais aulas expositivas transmissivas. Colocamos em foco a constatação de que tais aulas, por mais bem planejadas, raramente são suficientes para que o aluno aprenda. Dentre os vários fatores que concorrem para esse resultado, elegemos um que está ao alcance do planejamento do professor: a *presença de ideias interpretativas* diferentes e muitas vezes contraditórias à ideia científica que o professor explica. Sugerimos, assim, que essas ideias sejam consideradas durante a aula e analisamos algumas atividades em que os alunos tiveram espaço para expressar suas formas intuitivas de interpretação do mundo. As atividades experimentais são apontadas como um bom recurso para levantar concepções alternativas dos estudantes.

Em seguida, no Capítulo 2, analisamos como os *erros* que os alunos cometem podem servir de indício para descobrirmos ideias prévias subjacentes, relativamente estruturadas e que se configuram como obstáculos ao aprendizado. A partir dessa constatação, colocamos, no centro da ação didática, o recurso do diálogo. Nesse capítulo, examinamos relatos de aulas cujos temas eram o movimento relativo do planeta Terra e os circuitos elétricos. Defendemos que ouvir o aluno, buscando compreender seu pensamento e sua forma de pensar os fenômenos, é um ponto de partida privilegiado para a ação didática.

No Capítulo 3, damos enfoque à persistência das concepções alternativas, ou seja, à dificuldade de modificar ideias previamente alicerçadas. Discutimos a importância de acompanhar e dar suporte ao aluno no processo de mudança de suas concepções e mostramos a importância de promover situações que possam exercitar novas concepções construídas na sala de aula. Apresentamos, ainda, uma extensa análise das escolhas feitas por uma professora para conduzir uma aula sobre as relações entre o período dia-noite e os movimentos da Terra, do Sol e da Lua. Destacamos como a escolha de colocar

os alunos como protagonistas do desenvolvimento das ideias mostrou-se bem-sucedida.

O Capítulo 4 faz uma breve consideração sobre as bases filosóficas do construtivismo e de sua relação com as propostas pedagógicas. Em especial, apresentamos aquela que defendemos ao longo do livro.

Aprofundamos a análise da prática de um professor no Capítulo 5. Utilizamos, como fio condutor, um planejamento de aula que objetivou construir um modelo para a interpretação de fenômenos magnéticos. A temática principal do capítulo é a modelagem científica em situações didáticas. Como subsídio para compreender as formas de atuação docente para a condução do aprendizado, traçamos considerações sobre duas partes do conhecimento científico: uma mais superficial, que é de natureza descritiva, e outra mais aprofundada, que é explicativa.

No Capítulo 6, abordamos o tema da história da ciência, apresentando suas contribuições para um ensino de física que leve em consideração a natureza do conhecimento científico. Como os estudantes, que aprendem construindo ideias novas a partir de ideias previamente construídas, a ciência também constrói conhecimentos reelaborando ideias anteriores, e nem sempre isso ocorre de forma linear e coerente. Avanços e retrocessos são comuns no processo de construção de conhecimento (como na aprendizagem).

O Capítulo 7 inicia tratando do processo de planejar o ensino. Apresentamos uma metáfora divertida que compara o processo de planejamento docente com o planejamento de uma viagem para levar um amigo a uma ilha. Ao desenvolver o tema, acabamos por aportar nos objetivos do ensino. E, assim, fechamos o livro, fazendo uma defesa da educação como ferramenta essencial para a construção da cidadania e da valiosa contribuição que a física, como disciplina, proporciona.

Fechamos porque era necessário colocar um ponto-final. Viajar é bom, mas aportar também faz parte. E desembarcar é preciso. Dentre tantas experiências que desejávamos compartilhar, tantos temas dos quais quisemos tratar, tivemos de escolher um conjunto que coubesse no espaço-tempo deste livro. Porém, todo bom ponto-final também deve ser um convite. Ao partilhar destas experiências, também queremos convidá-lo a produzir novos questionamentos, novas inquietações – que possam, por sua vez, gerar novos conhecimentos e práticas felizes de ensino. Se quiser, compartilhe-as conosco!





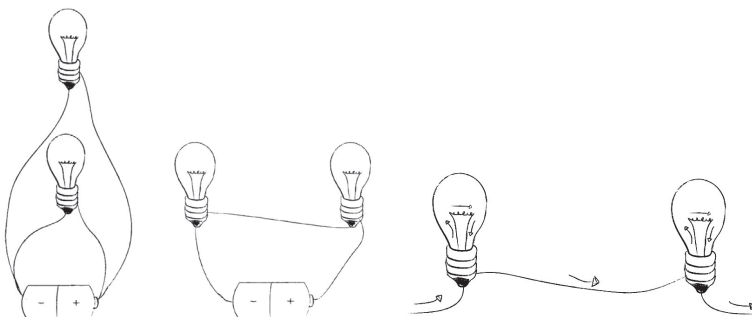
## Prelúdio

A professora Marta fala a um interlocutor – que identificamos como “E” – sobre como está ministrando suas aulas, motivada pelas novidades que aprendeu em um grupo de professores. A “nova forma de fazer as aulas” é um aprendizado considerado difícil e Marta admite que fica confusa ou perdida em alguns momentos. Porém, em essência, está entusiasmada e se divertindo muito.

*E – E como você iniciou o tema de circuitos?*

*MARTA – Eu comecei perguntando para eles como poderiam ligar duas lâmpadas na mesma pilha. Eles deram várias sugestões e pedi que desenhassem cada ideia na lousa (Figura 1). Aí, surgiu a ideia do circuito em série e a do paralelo. Eu não sabia muito bem o que fazer com o paralelo, porque a ideia minha, o que eu queria fazer, era começar trabalhando só em série. Mas como surgiu, eu agora não podia ignorar, né? Então, bom... Distribuí as pilhas e as lâmpadas, os fios e tal, e pedi que eles, em grupos, fizessem um e outro circuito. Aí me lembrei que tinha que fazer uma pergunta, para a parte experimental não ficar só comprovação, só mecânica. Então fiz uma pergunta assim: em qual situação as lâmpadas brilham mais?*

Nota: A organização usual da eletrodinâmica nos livros didáticos faz pensar que os circuitos em série devem ser estudados antes dos circuitos em paralelo. Do ponto de vista do aprendizado, no entanto, não há justificativa para essa sequência, de modo que não há problema em invertê-la ou em trabalhar as duas combinações simultaneamente.



**Figura 1** – Ideias dos alunos de como montar um circuito com duas lâmpadas.

Observação: É comum as pessoas imaginarem que a lâmpada mais perto da fonte de energia brilhará mais. Essa hipótese é reforçada quando se fala em “energia” ou “eletricidade” percorrendo o circuito e não em elétrons (ou, mais genericamente, portadores de carga elétrica).

*E – Essa pergunta foi motivadora para eles?*

*MARTA – Eu achei que foi. Foi sim, porque eles ficaram curiosos. Só que foi engraçado que eles entenderam a pergunta diferente do que eu imaginei. Eles disseram que no circuito em série uma lâmpada ia brilhar mais que a outra, porque a que estava mais perto do polo positivo deveria brilhar mais. E no circuito em paralelo, uma garota falou que a lâmpada do circuito mais curto ia brilhar mais porque estava mais perto da pilha. E os outros concordaram. Então eles acabaram elaborando hipóteses (que foi uma coisa que eu esqueci de pedir antes de distribuir o material, porque eu me atrapalhei no planejamento dessa aula). Mas eles fizeram as hipóteses mesmo assim, acho que porque já estão se acostumando a trabalhar desse jeito.*

*E – Mas eles desconsideraram o conceito de corrente elétrica nessas hipóteses...*

*MARTA – É, eu percebi isso. Até fiquei um pouco frustrada, porque era para eles já saberem, nós já tínhamos trabalhado bastante nele. Só que aí na hora eu decidi não levantar esse ponto e deixei eles montarem os circuitos. E no paralelo deu mais certo, porque as duas lâmpadas tiveram brilho igual, e aí eu pedi para eles interpretarem esse resultado pensando no que acontecia com os elétrons no fio. E eles conseguiram! Fiquei tão entusiasmada com isso, porque eles falaram direitinho. Quer dizer, primeiro se atrapalharam, mas aí um foi falando uma coisa, outro foi complementando e no fim chegaram lá.*

*E – Ah, então eles se lembraram do conceito de corrente, no fim.*

*MARTA – Sim, depois de montados os circuitos eu retomei.*

*E – E você ajudou nessa interpretação?*

*MARTA – Ajudei. Mas eu não queria falar muito, porque percebi que eles estavam tendo ideias boas, então quis deixar que discutissem. Aí, a minha ajuda foi mais com os esquemas: pedi para cada um que dava uma ideia, para colocar o esquema na lousa, então todos visualizavam melhor. E foi isso o que fez a discussão evoluir, achei. Foi muito bom, eles ficaram também superfelizes, que tinham resolvido um quebra-cabeças e tanto, né! E eles realmente sentiram que foram*

*eles, porque a professora não deu a resposta. Então, ficaram muito orgulhosos.*

*E – E com o circuito em série, não deu certo?*

*MARTA – Pois é, com o em série não deu. Uma lâmpada brilhou mais que a outra, e não devia, porque as lâmpadas eram iguais, então deviam ter brilho igual. Só que em alguns grupos a que brilhou mais foi a que ficava mais perto do polo positivo [da pilha] e, em outros grupos, foi a próxima ao negativo. E eles perceberam isso e ficaram discutindo o que devia ser. Mas aí acabou a aula e eu até fiquei aliviada, porque não sabia como conduzir a coisa... Na verdade, eu mesma não sabia por que uma lâmpada tinha brilhado mais que a outra!*

*E – Mas no geral como você avaliou essa aula inicial de circuitos?*

*MARTA – Ah, eu avalio bem! Eu gostei, porque todos estavam muito envolvidos. E era isso o que eu queria, porque antes [nos anos anteriores] eles não ficavam. Achavam tudo chato, diziam que não entendiam nada, não prestavam atenção nas aulas... E nessa aula, até aqueles mais bagunceiros estavam fazendo, estavam discutindo, tinham dúvidas! Nossa, os alunos tinham dúvidas, eles queriam saber, queriam investigar, nossa, foi ótimo!*

Marta está aprendendo uma nova forma de planejar e conduzir aulas. Dentre as ações que planejou, podemos apontar que ela:

- utilizou atividades mão na massa, de investigação direta do mundo empírico;
- procurou incentivar uma atitude investigativa (por exemplo, quando fez a pergunta sobre quais lâmpadas iriam brilhar mais);
- permitiu que os alunos expressassem seu conhecimento e elaborassem hipóteses (por exemplo, quando, logo no início da aula, pediu que imaginassem circuitos com duas lâmpadas);
- trabalhou a partir das ideias dos alunos (por exemplo, quando ideias de circuitos em paralelo foram levantadas, apesar de ela ter planejado trabalhar com circuitos em série);
- enfatizou o uso de modelos e esquemas explicativos.

Observação: “E eles realmente sentiram que foram eles”

A sensação de competência é uma excelente fonte de motivação. Quando o aluno resolve um quebra-cabeça científico, o prazer da conquista gera uma motivação intrínseca e uma memória afetiva positiva com a ciência.

Nota: Por que uma lâmpada pode brilhar mais do que outra em um circuito em série?

Lâmpadas não são resistores ôhmicos e as lâmpadas de lanterna, comumente usadas em situações didáticas, podem ter incerteza na resistência de até 5%. Dependendo das características dos elementos do circuito, uma das lâmpadas se aquece primeiro, e o aquecimento aumenta sua resistência elétrica, fazendo com que a diferença de resistência entre as lâmpadas aumente e, às vezes, impedindo a outra lâmpada de brilhar.

Marta avaliou muito positivamente essas mudanças, pois conseguiu trabalhar de forma mais construtivista e, finalmente, enfrentar um problema que considerava crônico no ambiente escolar do Ensino Médio: o desinteresse dos alunos.

Você certamente já ouviu falar muito sobre construtivismo. Por outro lado, possivelmente não *viveu*, como aluno, aulas construtivistas. Então, uma pergunta muito propícia para iniciar este livro é: o que, afinal, seria uma aula construtivista? Dessa pergunta inicial, surgem outras: precisa ter experimentos? É proibido o professor dar aulas expositivas? Não pode dar respostas? Deve deixar o aluno descobrir sozinho? Usa-se livro didático? Faz-se prova como avaliação da aprendizagem?

Vamos tratar, ao longo do livro, desta não tão nova ideia no ensino das ciências: o professor conduz o aluno em uma *reconstrução* do conhecimento sobre o mundo físico. Nessa direção, o professor não *inicia* as aulas discorrendo sobre conceitos científicos, mas, em vez disso, apresenta situações que permitem aos alunos construir problemas que demandem o aprendizado de novos conceitos. Os conceitos científicos, portanto, são elaborados em resposta às necessidades geradas.

Desse modo, a aula passa a girar em torno de um diálogo, que tem, como foco, interpretações possíveis e plausíveis que elaboramos para os fenômenos. Professor e alunos trabalham juntos no empreendimento de elaborar modelos interpretativos que deem conta de explicar e prever os fenômenos em estudo. Os alunos aprendem e o professor não apenas acompanha o aprendizado como também participa dele efetivamente; re-aprende o que já sabe e aprende coisas novas. Porque o mundo natural sempre nos surpreende. *Há sempre mais mistérios do céu e da Terra a serem desvendados...*

## Ouvindo uma coisa e entendendo outra: a existência de conceitos previamente construídos

Por que *não* iniciar a aula discorrendo sobre conceitos científicos? Por que essa opção didática, que nos acompanha há tantos séculos, produz, em geral, resultados tão insatisfatórios? Neste capítulo, vamos relatar e analisar o que aconteceu nas aulas de alguns professores, quando estes as iniciaram tentando explicar os conceitos aos seus alunos. Queremos evidenciar que a dificuldade no aprendizado não foi decorrente de uma falha do professor em fornecer boas explicações (“claras e didáticas”). O problema foi outro...

*E – Por que você não gostou?*

*MAURO – Porque eu fiz a aula, usei atividade experimental (aquela do circuito simples), depois expliquei a corrente elétrica, mas quando chegou nos exercícios, aqueles de  $i = q/t$  eles fizeram certinho, mas os de indicar a corrente elétrica ou de esquematizar, saíram umas respostas estapafúrdias, fiquei muito desanimado. Então eu tive esse trabalhão para planejar e não dar aquela aula de lousa usual, e o resultado foi o mesmo. A atividade experimental parece que... não fez efeito. Não fez o efeito que eu queria.*

Com as tradicionais aulas transmissivas – “de lousa”, como mencionou o professor Mauro –, é comum que poucos alunos aprendam física. Esse é um resultado bastante insatisfatório. Por isso, Mauro, Marta e outros estavam desenvolvendo formas

Observação: “Não fez o efeito que eu queria”

Refletir sobre a função de uma aula experimental é importante. Muitos professores deixam de planejar atividades experimentais para as aulas de ciências por chegarem a conclusões parecidas com a relatada pelo professor Mauro. Entretanto, não podemos “jogar a criança fora com a água do banho”! A atividade experimental é importante na física. Por que ela é importante? O que é possível aprender com ela?

diferentes de ministrar aulas, procurando melhorar o aprendizado – e o interesse pela ciência – de seus alunos.

O diagnóstico de Mauro parece sensato. Os exercícios mais simples costumam ser aqueles em que o aluno precisa substituir variáveis em uma fórmula. Para resolvê-los, muitas vezes não é necessário saber muita física. Porém, interpretar o que ocorre em um circuito, de forma a esquematizá-lo, indicar a corrente ou explicar o que está se passando nos fios, na pilha ou no resistor, exige um conhecimento maior dos conceitos físicos envolvidos.

Para obter um aprendizado mais aprofundado, uma estratégia interessante parece ser incluir aulas experimentais. Propiciar que o aluno desenvolva os conceitos a partir dos fenômenos que vivencia parece ser uma forma adequada de planejar o ensino da ciência, que traga significado ao aprendiz.

O plano de Mauro para as primeiras aulas de eletrodinâmica efetivamente incluiu atividades experimentais. Ele colocou o experimento em uma posição inicial no plano, de modo a provocar uma problematização e uma análise do fenômeno. Em linhas gerais: os alunos elaboraram um esquema, mostrando como montariam um circuito com pilha, fios e lâmpada; montaram esse circuito experimentalmente, usando apenas fios, pilha e lâmpada (sem soquetes para lâmpada nem pilha); constataram diferença ou semelhança entre seus esquemas prévio e a montagem; entregaram um relatório; por fim, o professor discutiu com eles a interpretação do fenômeno, apresentando a entidade elétron e definindo a corrente elétrica, e depois passou exercícios.

Por que, então, Mauro ficou descontente com os resultados? Por que a aula “não deu certo”? Bom... Primeiro, vamos entender o que significa “dar certo”, ou, em outras palavras, vamos discutir o que podemos ou não esperar de uma atividade investigativa. Para tanto, apresentamos um diálogo ocorrido com os professores Roseli, Lucas e Nely.

*E – Vocês montaram o circuito, vocês viram os elétrons?*

*ROSELI – Sim.*

*E – Os elétrons, Roseli, você viu?*

*ROSELI – A corrente nada mais é que o “caminho dos elétrons”.*

Nota: Por que o professor Mauro não usou soquetes para a lâmpada nem para a pilha?

Quanto mais simples é o aparato experimental, sem “caixas-pretas” desnecessárias, maior é a autonomia do aluno para analisar o fenômeno e propor uma interpretação. O soquete da lâmpada, por exemplo, mascara os locais dos contatos elétricos. Isso atrapalha o aprendizado do conceito de corrente, porque dificulta a constatação de que há um circuito, ou seja, um caminho por onde algo passa.

LUCAS – Não, nunca ninguém viu.

E – Ninguém nunca viu um elétron, então como é que a gente diz que são elétrons que percorrem o fio?

NELY – No circuito, a lâmpada acendeu.

E – Exato, Nely, a gente não vê elétrons, a gente vê um fenômeno – no caso, a gente vê que a lâmpada acendeu.

A primeira constatação é de que o aluno não consegue *ver* conceitos físicos ao olhar para um fenômeno. Nós, professores, “*vemos*” tais conceitos. Porém, nosso olhar é de quem já tem os conceitos na mente! Então, olhamos um fio elétrico ligado a uma lâmpada acesa e *vemos* (com os olhos de uma mente que já domina um modelo interpretativo), a corrente elétrica; *vemos* os elétrons passando, chocando-se com os átomos da rede cristalina... Mas o aluno não tem ainda os elétrons como elementos interpretativos, nem os átomos, nem a rede cristalina; e, admita – nada disso é visível por mais criteriosa que seja a observação.

Então, primeiro ponto:

---

Não podemos esperar que o aluno aprenda os conceitos físicos diretamente de uma atividade experimental investigativa.

---

A atividade investigativa é muito proveitosa para várias finalidades. Ela pode ajudar o aluno a elaborar perguntas e hipóteses causais para um fenômeno, por exemplo. Porém, após essa elaboração, o plano de ensino precisa prever um momento em que tais hipóteses sejam discutidas. O professor tem um papel central na condução do ensino, de maneira a chegar aos conceitos físicos desejados.

No caso exposto, o professor Mauro previu que teria de dar uma explicação, porém ela não foi compreendida pelos alunos. Ao investigar o motivo, Mauro descobriu algo surpreendente para ele: os alunos tinham outras ideias, algumas bastante consistentes, sobre o que poderia estar acontecendo na montagem experimental para acender a lâmpada. Vamos examinar algumas dessas concepções a seguir.

Nota: “A gente não vê elétrons”

O aprendizado modifica nosso olhar para o mundo, criando um novo universo que não víamos antes. Talvez por isso, quando já dominamos os conceitos, frequentemente nos esquecemos de como pensávamos e agíamos. Se isso acontece, corremos o risco de não conseguir compreender a dificuldade do aprendiz.

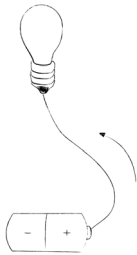


Figura 1.1

## A) O fluido que sai e não volta

Esta explicação prevê que alguma coisa vai sair da pilha em direção à lâmpada, transformando-se em luz (Figura 1.1). Quando o aluno monta o circuito experimentalmente, percebe que são necessários dois fios, mas não consegue produzir uma explicação para a necessidade do outro fio. Então, ele geralmente muda sua ideia para a concepção (B) a seguir. O modelo explicativo (A) não apresenta o conceito de carga elétrica. O “algo” que sai da pilha já foi entendido historicamente como um fluido e, algumas vezes, nossos alunos apresentam essa ideia quando questionados sobre o tema. O fato de não produzirem uma explicação faz os alunos passarem a acreditar na concepção (B).

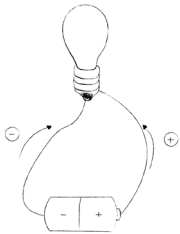


Figura 1.2

## B) As duas correntes que saem e não voltam

Nessa ideia, cada polo da pilha forneceria “eletricidades” de sinais contrários, que se encontrariam na lâmpada, e produziriam luz a partir de sua união (Figura 1.2). Alguns alunos, inclusive, argumentam que essa união gera uma explosão, que é o que produz a luz. Com esse modelo, os alunos conseguem explicar a necessidade dos dois fios. Seguindo esse pensamento, muitas vezes o termo *carga elétrica* já está presente, apesar de os alunos entenderem seu significado de modo diferente do modelo científico. Em outros casos, os alunos falam em duas “energias” que cada polo da pilha forneceria à lâmpada (Figura 1.3).

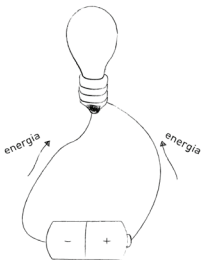


Figura 1.3

As ideias anteriores são as mais frequentes quando se começa a estudar o assunto. O aprendiz concebe que algo apenas sai da pilha e não retorna. O motivo de a pilha acabar seria o esgotamento de cargas, fluidos ou “aquilo” que está armazenado nela.

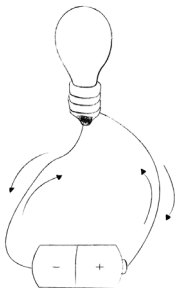


Figura 1.4

## C) A circulação dupla em cada fio

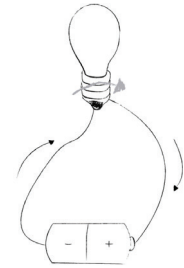
Essa explicação propõe que aquilo que acende a lâmpada passa pelo circuito percorrendo os fios nos dois sentidos (Figura 1.4). Geralmente, as “coisas” que percorrem o circuito seriam fluidos de naturezas diferentes e que não se misturam. Nessa ideia, fica obscuro como tais fluidos produziriam luz na lâmpada.



#### D) O circuito em curto

Esse modelo expressa uma compreensão de que a “coisa” (carga, fluido, energia...) que circula tem apenas um sentido, saindo da pilha por um lado e entrando pelo outro (Figura 1.5). Porém, o modelo não inclui uma parte importantíssima para explicar o acendimento da lâmpada, o filamento.

Esse modelo, embora mais próximo do científico que os anteriores, não explica o motivo de a pilha descarregar, tampouco esclarece sobre a produção de luz na lâmpada.



**Figura 1.5**

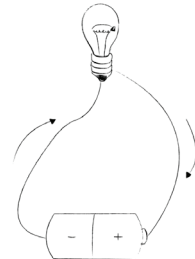
#### E) O circuito que inclui o filamento da lâmpada

Apesar da aparente compreensão do fenômeno, o aluno que apresenta o modelo explicativo com uma corrente que passa pelo filamento da lâmpada (Figura 1.6) frequentemente não tem clareza conceitual suficiente para explicar por que a pilha se descarrega e compreender a razão de o filamento da lâmpada esquentar e produzir luz, já que o mesmo não ocorre com os fios condutores. Também é bastante frequente que o aluno não consiga contra-argumentar com os colegas que defendem outros modelos explicativos.

Em resumo, observamos que a atividade conduzida pelo professor Mauro demonstrou que os alunos estavam em intenso trabalho mental de tentar compreender e interpretar o fenômeno. Eles usaram algumas ideias que já conheciam do cotidiano, baseadas em vivências anteriores. Obviamente, do ponto de vista da ciência, muitas dessas ideias são inadequadas, mas, pensando no processo de aprendizagem, são ótimas, pois indicam que o aprendiz está genuinamente interessado e tentando dar significado ao que faz.

Esperamos que esteja ficando claro que, quando o professor ignora a explicação do aluno e impõe a explicação da ciência sem promover um diálogo, pode criar um dificultador para a aprendizagem. Isso ocorre porque uma característica dessas ideias prévias dos alunos é que elas acontecem invariavelmente, mesmo que o professor não as provoque. Não é possível impedir o pensamento, o raciocínio. A busca por explicações para os fenômenos é espontânea, quase automática. Por isso, quando o professor vai explicar a causa do acendimento da lâmpada, os alunos já têm alguma explicação elaborada.

**Sugestão:** Para mais aprofundamento sobre o assunto há um artigo interessante disponível na internet intitulado “Corrente elétrica e circuito elétrico: algumas concepções do senso comum”, de Pacca et al. (2003).



**Figura 1.6**

No preâmbulo desta obra, quando tratamos da experiência da professora Marta, mostramos um exemplo do que estamos debatendo agora. Ela relatou: “Eles disseram que, no circuito em série, uma lâmpada ia brilhar mais que a outra, porque aquela que estava mais perto do polo positivo deveria brilhar mais. E no paralelo, uma garota falou que a lâmpada do circuito mais curto ia brilhar mais porque estava mais perto da pilha”. Marta havia perguntado aos alunos em qual situação as lâmpadas brilhariam mais e esperava que os alunos fossem comparar as lâmpadas do circuito em série com as do circuito em paralelo. Entretanto, eles entenderam a pergunta de outra forma, porque tinham outras ideias. O relato de Marta não deixa explícito quais poderiam ser essas ideias, mas a investigação de Mauro dá uma pista, pois a ideia de um “fluido energético” que sairia da pilha para a lâmpada é compatível com o que os alunos pensaram.

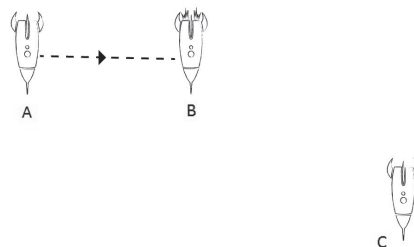
*Você não está convencido de que seu aluno tem explicações prévias para as situações problemas que você apresenta? Faça o teste!*

**Nota:** O problema do foguete foi elaborado para identificar concepções espontâneas.

Uma pequena análise de respostas fornecidas por professores pode ser encontrada em Arruda (2001, p. 47-49).

Quer saber o que pensam sobre movimento? Apresente para eles a seguinte situação:

- No espaço, um foguete está se movimentando com o motor desligado, indo da posição A até a posição B. Ele não sente efeito de nenhum planeta nem qualquer outra força externa. Na posição B, os motores traseiros são ligados e permanecem assim durante dois segundos, enquanto o foguete vai da posição B à posição C.
- a) Na figura abaixo (Figura 1.7), desenhe a trajetória do foguete de B para C.



**Figura 1.7**

- b) Em C, os motores são desligados. Desenhe a trajetória do foguete após C.

Quais são as respostas mais prováveis? Apresentamos esse teste a mais de sessenta alunos do Ensino Superior, de várias áreas das ciências exatas. As respostas mais comuns foram:

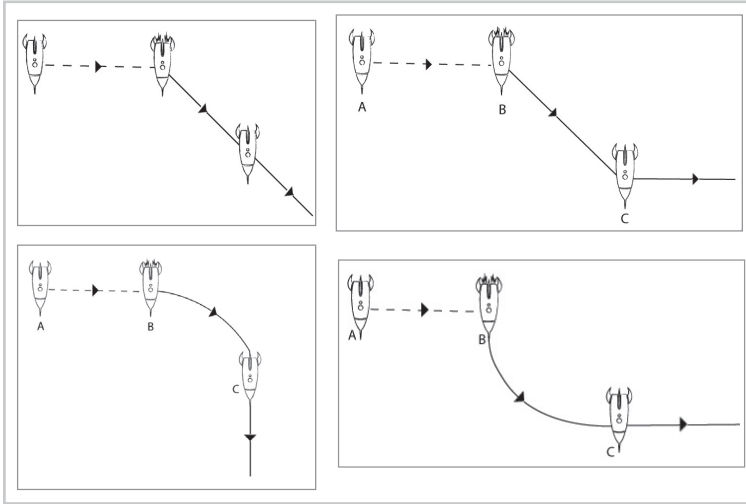


Figura 1.8

Surpreendentemente, apenas dois dos sessenta alunos indicaram trajetórias coerentes com a lei da inércia (Figura 1.9). Todos já haviam estudado mecânica no Ensino Médio e no Ensino Superior. Por que erraram? Por que a lei da inércia é tão difícil? Provavelmente, os alunos já tinham uma explicação intuitiva prévia sobre como o movimento ocorre. Essa explicação, se não for adequadamente trabalhada, prevalece sobre a explicação do professor.

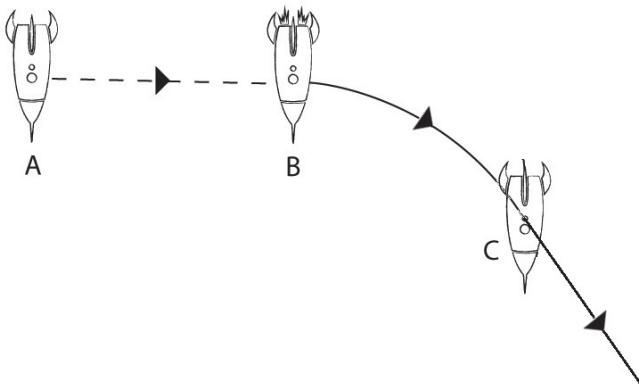


Figura 1.9

**Observação:** Analisando o problema: segundo a lei da inércia, a velocidade inicial do foguete não é perdida em B. Porém, há uma aceleração na direção perpendicular à trajetória, que faz surgir outra (componente de) velocidade, que aumenta de magnitude com o tempo ( $\Delta v = a \cdot \Delta t$ ). Por isso, a partir de B, a trajetória é parabólica. Em C, quando os motores são desligados, a velocidade deixa de variar e permanece aquela que o foguete tinha em C.

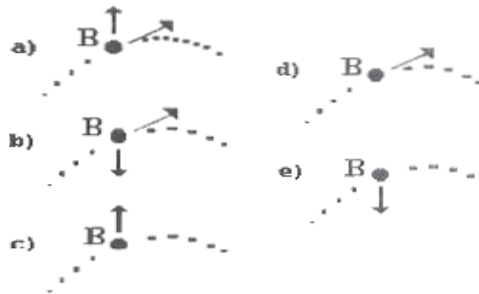
**Sugestão:** Erros e obstáculos epistemológicos são muitas vezes encontrados também entre cientistas, no processo de produção do conhecimento científico. Um bom livro sobre o assunto é *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*, de Bachelard (1996).

Um teste similar foi realizado pelo professor William em um curso pré-vestibular. Ele fez uma introdução ao estudo dos movimentos e, em seguida, ensinou movimento retilíneo uniforme, movimento retilíneo uniformemente variado, cinemática vetorial, lançamentos e movimento circular uniforme. Depois, começou a explicar a dinâmica dos movimentos, iniciando pelo conceito de força e pelas leis de Newton. Então, discutiu a concepção de força no cotidiano associada a sua noção mecânica, usando como exemplo a força que fazemos para empurrar, puxar, levantar ou atirar uma caixa. Na sequência, o professor William relacionou o conceito de força como causa das alterações dos movimentos – isto é, mudança na velocidade – e expôs na lousa diversos exemplos das aplicações das leis de Newton. No final da aula, propôs o exercício a seguir, retirado do exame vestibular realizado pela FUVEST em 1995.

- Um jogador de basquete arremessa uma bola B em direção à cesta. A figura representa a trajetória da bola e sua velocidade  $\vec{v}$  num certo instante.



Desprezando os efeitos do ar, as forças que agem sobre a bola, nesse instante, podem ser representadas por:



Sugestão: O trabalho completo pode ser consultado em Nascimento (2011).

O relato do professor apresenta o resultado alcançado:

*WILLIAM – Escrevi a questão e as alternativas na lousa e perguntei para toda a sala qual alternativa indicava corretamente as forças que estavam atuando sobre o corpo naquele ponto da*

*trajetória. A resposta, dada praticamente em coro pelos alunos, foi que as forças que atuavam sobre o corpo seriam a força peso (vetor na direção vertical e sentido para baixo) e outra força na direção do vetor velocidade (tangente à trajetória parabólica), conforme a alternativa **b** da questão. [...] Desta forma, os alunos “de forma intuitiva” associaram força com velocidade, ou seja, algo bem semelhante à explicação aristotélica para o movimento de projéteis. Mesmo sabendo da existência das concepções espontâneas dos alunos, “senti na pele” o quanto elas são intensas. Percebi nos livros que me serviram de apoio para o preparo da aula, que estas ideias não são consideradas de maneira mais cuidadosa. Notei que minha aula, apesar de conter explicação cuidadosa dos conceitos, sobre forças de contato, sobre forças de campo, sobre o caráter vetorial das forças, além de toda a cinemática estudada anteriormente, não foi conduzida de maneira a desconstruir a concepção de força atuando na mesma direção e sentido da velocidade, tão arraigada nos alunos (NASCIMENTO, 2011, p. 55-56).*

As ideias intuitivas são contundentes, porque são baseadas na vivência do sujeito e são frutos de uma elaboração mental própria. Além disso, tais ideias formam estruturas conceituais razoavelmente coerentes e que possivelmente já foram usadas como modelo interpretativo de vários fenômenos. Então, elas são poderosas! Como seria possível, em uma aula de cinquenta minutos, querer apagar toda a história anterior do aprendiz, tudo o que ele já pensou, todo o conhecimento que já construiu?

No final de década de 1970, educadores se viram desafiados pelo problema de promover mudanças nos conceitos prévios que os estudantes trazem para a sala de aula, uma vez que passaram a considerar que o aprendizado dos conceitos científicos aconteceria pela modificação das concepções espontâneas. O crescente estudo desse tema levou à criação do modelo de mudança conceitual (MMC). Com esse modelo, compreendemos que, em algumas situações, os estudantes conseguem tratar novos fenômenos com conceitos que já construíram previamente e que estão disponíveis em sua ecologia conceitual (processo de assimilação). Em outras situações, tais conceitos não são suficientes para dar conta do fenômeno novo e, assim, pode ocorrer a substituição ou a reorganização dos conceitos disponíveis na ecologia conceitual do sujeito (processo de acomodação).

**Nota:** O modelo de mudança conceitual teve como principais articuladores G. J. Posner e seus colaboradores. Eles indicaram um conjunto com quatro condições para ocorrência de acomodação de novos conceitos. São eles: o sujeito encontra **insatisfação** com seus conceitos anteriores; o novo conceito é **inteligível**, ou seja, faz sentido para o sujeito; o novo conceito é **plausível**, ou seja, deve potencialmente possibilitar a solução do problema gerado pela insatisfação com os conceitos prévios; por fim, o novo conceito é **fértil**, deve potencialmente ser usado para resolver problemas em outras situações. Para saber mais sobre o assunto, recomendamos a leitura do artigo de Strike e Posner intitulado “A revisionistic theory of conceptual change”, publicado em: DUSCHL, R. A.; HAMILTON, R. J. (ed.). *Philosophy of science: cognitive science and educational theory and practice*. Albany: Suny Press, 1992.

Se a professora “passa por cima” das ideias dos alunos e parte logo para a explicação científica, corre um sério risco de o aluno interpretar o que está ouvindo em conformidade com o que ele já sabe. Assim, ele pode aprender, por meio daquela explicação, algo muito diferente do que a professora intencionou ensinar (em termos técnicos, diríamos que ele fez um processo de assimilação, quando deveria ter havido uma acomodação). Cria-se, então, o famoso diálogo de surdos: um acha que está explicando muito bem; o outro acha que está entendendo tudo e apenas na hora da avaliação ambos descobrem que o aprendizado (processo de acomodação) não aconteceu.

“O que não é possível – repito-me agora – é o desrespeito ao saber de senso comum; o que não é possível é tentar superá-lo sem, partindo dele, passar por ele”.  
(FREIRE, 1999, p. 84)

Os professores Mauro e William, dos relatos apresentados, construíram atividades que mostraram aos alunos a pertinência do estudo de determinados temas. A principal evidência de que foram bem-sucedidos foi terem conseguido despertar o interesse dos alunos, que se mostraram atentos às aulas e participativos. Entretanto, no momento que foram avaliar a aprendizagem, os professores perceberam que simplesmente apresentar e explicar os conceitos científicos não foram suficientes para os alunos aprenderem.

Há um modelo físico implícito na explicação que o professor dá para um fenômeno – que é o modelo usado pela ciência. O aluno, por outro lado, interpreta a explicação do professor usando outro modelo físico (que já tinha, antes de o ensino acontecer). Desse modo, por melhor que seja uma explicação, ela será interpretada e, possivelmente, distorcida, porque o aluno vai tentar relacioná-la com o que ele já sabe.

## EM SUMA

*Trabalhar com as concepções prévias dos estudantes é tão importante quanto trabalhar com as concepções científicas que desejamos que aprendam.*

Neste capítulo, procuramos entender por que, muitas vezes, boas explicações não produzem aprendizado. Nosso principal argumento aponta que, por melhor que seja a exposição/explicação do professor, ela será inicialmente interpretada pelos alunos a partir dos conceitos prévios por eles construídos. Se o professor ignorar as concepções prévias dos alunos e não questionar as interpretações inicialmente produzidas por eles, dificilmente poderá conduzi-los à construção de novos conceitos. Nosso próximo passo, por conseguinte, será discutir o que fazer entre o diagnóstico das concepções prévias dos alunos e a chegada na explicação científica.