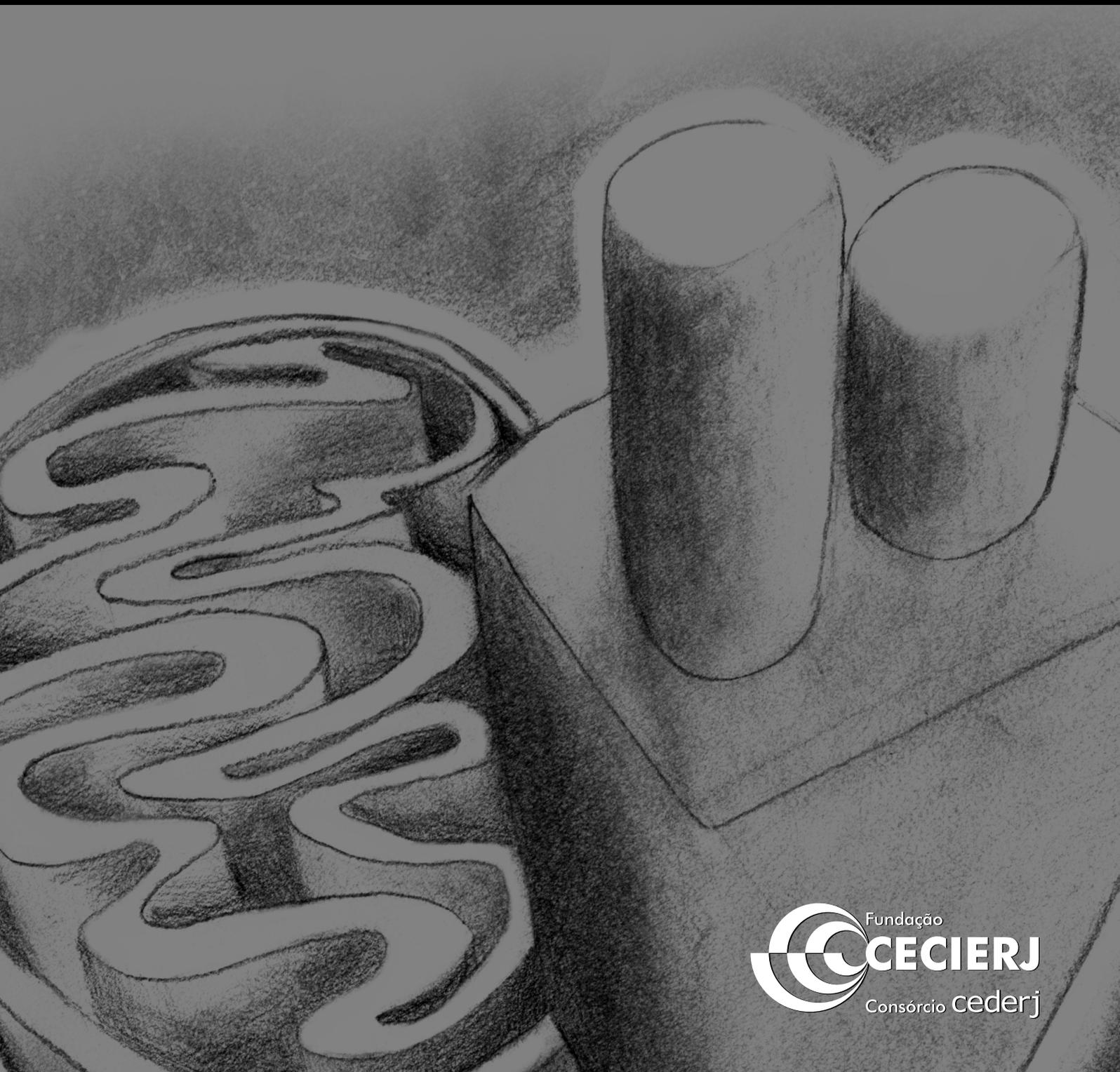


Módulos 1, 2 e 3

Volume único

Maurício Roberto Motta Pinto da Luz

Instrumentação ao Ensino de  
Bioquímica e Biologia Celular







Fundação

**CECIERJ**

Consórcio **cederj**

Centro de Educação Superior a Distância do Estado do Rio de Janeiro

# Instrumentação ao Ensino de Bioquímica e Biologia Celular

Volume único - Módulos 1, 2 e 3

Maurício Roberto Motta Pinto da Luz



SECRETARIA DE  
CIÊNCIA E TECNOLOGIA



Ministério  
da Educação



Apoio:



# Fundação Cecierj / Consórcio Cederj

Rua Visconde de Niterói, 1364 – Mangueira – Rio de Janeiro, RJ – CEP 20943-001

Tel.: (21) 2334-1569 Fax: (21) 2568-0725

## Presidente

Masako Oya Masuda

## Vice-presidente

Mirian Crapez

## Coordenação do Curso de Biologia

UENF - Milton Kanashiro

UFRJ - Ricardo Iglesias Rios

UERJ - Cibele Schwanke

## Material Didático

### ELABORAÇÃO DE CONTEÚDO

Maurício Roberto Motta Pinto da Luz

COLABORADORA:

Lucimar Soares Motta

### COORDENAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO INSTRUCIONAL

Cristine Costa Barreto

### DESENVOLVIMENTO INSTRUCIONAL E REVISÃO

Ana Tereza de Andrade

Anna Maria Osborne

Carmen Irene Correia de Oliveira

Raquel Queirós

### COORDENAÇÃO DE LINGUAGEM

Maria Angélica Alves

### REVISÃO TÉCNICA

Marta Abdala

## Departamento de Produção

### EDITORA

Tereza Queiroz

### COORDENAÇÃO EDITORIAL

Jane Castellani

### REVISÃO TIPOGRÁFICA

Jane Castellani

Kátia Ferreira dos Santos

Sandra Valéria Oliveira

### COORDENAÇÃO DE PRODUÇÃO

Jorge Moura

### PROGRAMAÇÃO VISUAL

Andréa Dias Fiães

Alexandre d'Oliveira

Sanny Reis

Yozo Kono

### ILUSTRAÇÃO

Sami Souza

### CAPA

Eduardo Bordoni

Sami Souza

### PRODUÇÃO GRÁFICA

Patricia Seabra

Copyright © 2005, Fundação Cecierj / Consórcio Cederj

Nenhuma parte deste material poderá ser reproduzida, transmitida e gravada, por qualquer meio eletrônico, mecânico, por fotocópia e outros, sem a prévia autorização, por escrito, da Fundação.

L979i

Luz, Maurício Roberto Motta Pinto da.

Instrumentação ao ensino de bioquímica e biologia celular: volume único / Maurício Roberto Motta Pinto da Luz. – Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2010.

234p.; 19 x 26,5 cm.

ISBN: 85-7648-114-6

1. Prática de ensino. 2. Biologia celular. 3. Bioquímica. 4. Células. I. Título.

CDD: 370.71

2010/1

Referências Bibliográficas e catalogação na fonte, de acordo com as normas da ABNT.

# Governo do Estado do Rio de Janeiro

**Governador**  
Sérgio Cabral Filho

**Secretário de Estado de Ciência e Tecnologia**  
Alexandre Cardoso

## Universidades Consorciadas

**UENF - UNIVERSIDADE ESTADUAL DO  
NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO**  
Reitor: Almy Junior Cordeiro de Carvalho

**UERJ - UNIVERSIDADE DO ESTADO DO  
RIO DE JANEIRO**  
Reitor: Ricardo Vieiralves

**UFF - UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE**  
Reitor: Roberto de Souza Salles

**UFRJ - UNIVERSIDADE FEDERAL DO  
RIO DE JANEIRO**  
Reitor: Aloísio Teixeira

**UFRRJ - UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL  
DO RIO DE JANEIRO**  
Reitor: Ricardo Motta Miranda

**UNIRIO - UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO  
DO RIO DE JANEIRO**  
Reitora: Malvina Tania Tuttman



# Instrumentação ao Ensino de Bioquímica e Biologia Celular

Volume único

## SUMÁRIO

### Módulo 1

- Aula 1** – Os modelos e o conhecimento científico \_\_\_\_\_ **7**
- Aula 2** – O raciocínio abstrato e as células em três dimensões \_\_\_\_\_ **23**
- Aula 3** – Aulas práticas sem laboratórios? \_\_\_\_\_ **43**
- Aula 4** – Uma única experiência, vários objetivos \_\_\_\_\_ **65**
- Aula 5** – Elaboração de protocolos experimentais \_\_\_\_\_ **79**

### Módulo 2

- Aula 6** – Os conhecimentos dos alunos e sua relação com o ensino \_\_\_\_\_ **95**
- Aula 7** – Integrando metabolismo \_\_\_\_\_ **115**
- Aula 8** – Os jogos e o ensino de Biologia Celular \_\_\_\_\_ **139**
- Aula 9** – Analisando resultados experimentais e aprimorando modelos:  
Membrana Plasmática II \_\_\_\_\_ **161**

### Módulo 3

- Aula 10** – Um modelo para o estudo da osmose \_\_\_\_\_ **177**
- Aula 11** – Fotossíntese, um tema transversal: experiências clássicas,  
ecologia, bioquímica \_\_\_\_\_ **191**
- Aula 12** – Temas introdutórios ou temas fundamentais:  
a química da célula \_\_\_\_\_ **207**
- Aula 13** – Propostas para reflexão futura \_\_\_\_\_ **223**



# Os modelos e o conhecimento científico

AULA

1

## objetivos

Nossos objetivos principais são: apresentar-lhe a proposta geral do curso e discutir uma atividade destinada a familiarizá-lo com a necessidade de incluir no nosso trabalho discussões sobre a natureza dos métodos de produção de conhecimento científico em Biologia em geral, e em Biologia Celular e Bioquímica, em especial.

## **INTRODUÇÃO**

Nesta disciplina, você entrará em contato com maneiras de discutir e explorar com seus alunos os conteúdos relacionados principalmente às disciplinas de Bioquímica e Biologia Celular. Note que utilizamos os verbos discutir e explorar e não apresentar. Isso porque esperamos que, ao longo deste curso, você seja capaz de perceber que os conceitos destes campos da Biologia se prestam a discussões muito ricas, bem como ao desenvolvimento de habilidades importantes nos estudantes.

Orientar e estimular a participação deles nestas discussões é uma parte importante do ensino de Ciências, em geral, e de Biologia, em particular. De certo modo, portanto, nossa expectativa é que você seja capaz de utilizar estratégias diversificadas no ensino de temas relacionados à Biologia Celular e à Bioquímica.

No parágrafo anterior, referimo-nos ao ensino de temas de Biologia Celular e Bioquímica, e não ao ensino destas disciplinas propriamente ditas. Não fizemos isso por acaso, e sim porque tais disciplinas não existem no ensino escolar, mas diversos de seus conteúdos fazem parte dos programas de Ciências e Biologia. O programa da 1ª série do Ensino Médio (EM), por exemplo, é dedicado essencialmente à Citologia. Esperamos ajudar você a se preparar para ensinar esses e outros conteúdos importantes do EM. Em nosso curso, discutiremos também atividades voltadas para estudantes de séries anteriores ao EM, pois, como veremos, há ainda muitos temas relacionados às nossas disciplinas distribuídos ao longo também das quatro últimas séries do Ensino Fundamental (5ª a 8ª séries).

Embora a Bioquímica e a Biologia Celular não sejam disciplinas do ensino escolar, uma grande quantidade de importantes temas a elas relacionados são discutidos ao longo dos ensinos Fundamental e Médio.

Neste curso, esperamos que cada aula sirva para que você perceba que existem diferentes visões sobre o que significa ensinar Ciências (ou Biologia). Cada proposta de ensino, portanto, está relacionada a uma ou mais de uma destas visões. Como professor, você deverá escolher e desenvolver a proposta que melhor se adequar aos seus objetivos e ao contexto educacional em que estiver trabalhando. Este contexto é um dos principais fatores que caracterizam o trabalho em educação.

De um modo geral, a faixa etária dos estudantes, por exemplo, é um dos fatores que determina o modo como um dado tema pode ser discutido. No caso específico da Biologia Celular e da Bioquímica,

é certo que fatores como a disponibilidade de laboratórios, de equipamentos e a carga horária destinada ao ensino de Biologia determinam, de modo decisivo, a proposta de ensino a ser adotada. A proposta, portanto, deverá variar de um contexto para outro.

Esperamos que esta breve discussão tenha sido útil para ajudá-lo a entender que, dada a grande quantidade de conteúdos, não apenas seria impossível, mas tampouco seria interessante transformar este curso em um manual sobre “como ensinar” cada um deles. No entanto, certamente apresentaremos muitas sugestões de propostas para vários temas importantes. E cada um dos exemplos deverá servir para que você desenvolva a capacidade de elaborar outras atividades sobre conteúdos que poderão não ser discutidos em nosso curso.

Nosso objetivo é contribuir para o desenvolvimento de sua autonomia como professor. Em resumo, a estratégia do curso é: **discutir, através de exemplos possíveis de serem utilizados em sala de aula, a importância do ensino de Bioquímica e Biologia Celular, relacionando-os às diferentes visões existentes sobre o ensino de Ciências em geral, e de Biologia, em particular.**

Existem várias concepções sobre como deve ser o ensino de Ciências e Biologia. Cada uma delas tem objetivos e modos de atuar diferentes por parte do professor. Cabe a ele conhecê-las e fazer suas escolhas, levando em conta seus objetivos e o contexto educacional em que estiver trabalhando.

## OS LIMITES DE NOSSOS SENTIDOS E DE NOSSOS INSTRUMENTOS DE VISUALIZAÇÃO

Podemos agora passar à discussão de um primeiro tema relacionado diretamente ao ensino de Biologia Celular e Bioquímica, que é: **como os conhecimentos são produzidos nestas áreas da ciência?** Antes, porém, é bom lembrar que ao longo deste curso nos remeteremos a diversas aulas de Bioquímica e Biologia Celular, e que, por isso, seria conveniente que você tivesse à mão os livros dessas disciplinas.

Nas primeiras aulas do curso de Biologia Celular, você entrou em contato com algumas técnicas utilizadas no estudo da morfologia, da estrutura e das funções das células. Na Aula 1, por exemplo, ficou claro que mesmo o melhor microscópio óptico tem limites quanto à sua resolução, o que torna bastante difícil o uso desse equipamento para estudar os detalhes das organelas celulares.

É claro que há técnicas clássicas, como a utilização de corantes (Aula 1), e outras mais modernas, como a imunofluorescência (Aula 6), que expandem o potencial de utilização da microscopia óptica. A maioria dessas técnicas, como você deve se recordar, depende de uma preparação prévia do material a ser observado, o que limita, e muito, seu uso com células vivas. A microscopia eletrônica, por sua vez (Aula 2), possui uma resolução muitas vezes maior do que a óptica, o que permite a observação de detalhes de praticamente todas as estruturas e organelas celulares. Mas por motivos semelhantes àqueles discutidos para a microscopia óptica, a microscopia eletrônica também não permite a observação de células vivas ou mesmo íntegras.

Nem a microscopia óptica nem a eletrônica possuem ampliação ou resolução capazes de permitir a visualização de detalhes estruturais de macromoléculas (como o DNA e as proteínas, por exemplo) a ponto de fornecer informações sobre sua composição química. Mas o fato é que a estrutura, a composição e as propriedades químicas destas moléculas são bem conhecidas. E os conhecimentos nesse campo aumentam diariamente.

E se a microscopia é limitada para o estudo das macromoléculas, como seria possível conhecer moléculas ainda menores, como aquelas que você estudou em Bioquímica I e que são componentes importantes das células, como os mono e dissacarídeos (Aula 33) e aminoácidos (Aula 2)? A observação destas moléculas está muito além da capacidade de ampliação e da resolução propiciadas por qualquer tipo de microscópio. No entanto a composição e as funções químicas destas moléculas são bastante conhecidas. E as complexas reações químicas que compõem o metabolismo celular? Como podem ser estudadas, se duram frações de tempo mínimas e envolvem moléculas virtualmente invisíveis? Mais uma vez, como vimos nas aulas sobre o metabolismo, em Bioquímica II, também estas reações são bastante conhecidas. Como isso é possível?

**Refleta sobre este assunto e depois continue com a aula.**

Ao longo das disciplinas de Biologia Celular (em especial na Aula 5) e Bioquímica I e Bioquímica II, travamos contato também com a grande diversidade de técnicas que são utilizadas naqueles campos da Ciência, tais como o uso de isótopos radioativos e a espectrofotometria (aula prática de Bioquímica I) que permitiram a construção de muitos desses conhecimentos que mencionamos há pouco.

Em resumo, embora enfrentem obstáculos relacionados às limitações de nossos sentidos e dos aparelhos disponíveis para a observação de coisas muito pequenas, a Bioquímica e a Biologia Celular desenvolveram, e continuam desenvolvendo, métodos de estudo que têm superado gradativamente estes obstáculos e permitido que estes campos da ciência produzam novos conhecimentos quase diariamente.

## OS MODELOS, A EXPERIMENTAÇÃO E O CONHECIMENTO CIENTÍFICO

Uma das coisas mais fascinantes a respeito de nossos conhecimentos sobre as células, é que eles foram e são formulados a partir de evidências produzidas utilizando uma grande diversidade de técnicas, que nos permitem ampliar as capacidades de nossos sentidos. São técnicas que no final das contas nos permitem ver o “invisível”.

Mas o que realmente vemos? E como vemos?

Graças a dados experimentais, freqüentemente expressos sob a forma de números, como as absorvâncias obtidas com o auxílio de um espectrofotômetro, por exemplo, podemos **construir modelos de moléculas, macromoléculas e reações químicas**. Usando estas mesmas técnicas associadas aos diferentes tipos de microscopia, chegamos a compreender e a **elaborar modelos de células e das estruturas que as compõem**. E quando falamos em modelos, não significa que construímos moléculas usando plástico ou madeira, ou mesmo que as desenhamos ou esquematizamos, mas que **construímos modelos teóricos e mentais das células e de seu funcionamento a partir de dados experimentais de diversos tipos**.

Você mesmo teve a oportunidade de fazer isto na **primeira atividade presencial de Bioquímica I**, quando utilizou o espectrofotômetro, para determinar a concentração de moléculas em diferentes soluções e para estudar as propriedades de uma enzima “invisível”, a fosfatase. É através de experimentos desse tipo que os modelos sobre o mecanismo de ação das enzimas são elaborados.

Seria interessante que os seus alunos fossem capazes de perceber esta característica fascinante da Biologia Celular e da Bioquímica, que é a **formulação de modelos capazes de explicar os resultados experimentais**. Mas como poderíamos fazer isto?



Voltaremos a falar sobre modelos mentais ao longo desta aula.

A estrutura e o funcionamento de diversos componentes celulares são explicados com o uso de modelos que se adequam aos resultados experimentais obtidos e permitem fazer previsões que podem ser testadas posteriormente.

## A CONSTRUÇÃO DE MODELOS PODE SER TRABALHADA “NA PRÁTICA”?

Uma opção seria realizar uma aula teórica introdutória destacando as idéias discutidas aqui, bem como usando exemplos das técnicas usadas no estudo das células. Dependendo dos recursos disponíveis, esta pode ser a única opção possível. Isto pode funcionar com estudantes mais maduros, adultos mesmo, como você. Nesse caso, porém, o aluno atua como um observador, ou, pelo menos, como um receptor do conhecimento transmitido pelo professor. As oportunidades de reflexão ou de raciocínio são limitadas.

Mas será que há maneiras de fazer com que o aluno perceba como se dá a construção de um modelo, literalmente construindo um, para depois discutir com ele como esta construção se deu?

Muitas experiências foram feitas neste sentido no ensino de Ciências e Biologia. E, aparentemente, elas deram resultados bastante interessantes.

Vamos agora experimentar uma dessas possibilidades.

Observe com atenção a **Figura 1.1**:

**!**  
Se você quiser usar uma caixa como esta esquematizada aqui, vá até o pólo ao qual está vinculado. Lá existe pelo menos um exemplar dela. Ou acesse a aula na plataforma para ver o modelo animado.



**Figura 1.1:** Uma caixa com um mecanismo oculto em seu interior.

Para começar, faça uma breve descrição por escrito da caixa em uma folha à parte. Mais tarde precisaremos desta descrição.

**Somente depois de fazê-la, prossiga com a aula!**

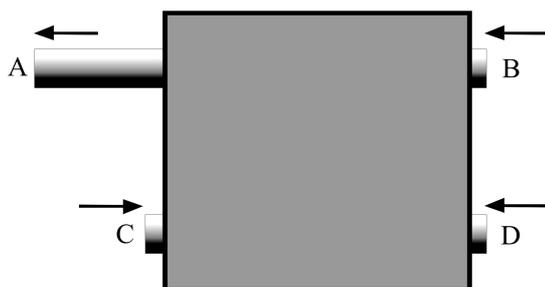
Uma descrição resumida poderia ser: trata-se de uma caixa retangular, cinza-escuro, da qual saem quatro hastes (ou barras), duas de cada um dos lados menores do retângulo.

Agora imagine que, quando empurramos a extremidade A para a direita (ou seja, para dentro da caixa), as hastes B e C se movem também para a direita (isto é, tornam-se mais compridas, pois pedaços delas “saem” da caixa), mas a haste D se move em direção oposta, ou seja, para a esquerda (saindo da caixa), conforme mostrado na **Figura 1.2**.



**Figura 1.2:** Movendo uma das traves, todas as outras se deslocam!

Se você empurrar a haste B para a esquerda, as hastes A e C se moverão na mesma direção, desse modo, A sairá da caixa e C entrará, enquanto D se moverá no sentido oposto (entrando na caixa). Isto é, não importa qual haste seja puxada ou empurrada, as hastes A, B e C sempre se movem em uma mesma direção e a D se move em direção oposta, conforme mostrado na **Figura 1.3**.



**Figura 1.3:** Movendo uma outra trave, as outras três também se movem.

Está claro que existe um mecanismo interligando as quatro hastes visíveis. E agora, você seria capaz de pensar e em desenhar um mecanismo (não se preocupe com o rigor nos desenhos, o que interessa é o funcionamento) que desse conta de explicar o movimento das hastes da nossa “caixa”?

A idéia é que você tente fazê-lo.

**Anote a hora exata em que começou a elaborá-lo. Desenhe o mecanismo que imaginou. Procure registrar os passos do raciocínio que desenvolveu. Seu mecanismo deve ser capaz de explicar as observações disponíveis (dados) a respeito da caixa, ou seja, os movimentos das hastes, usando mecanismos factíveis. Somente quando tiver desenhado sua proposta de mecanismo, prossiga com aula.cujos princípios você saiba explicar. Quando tiver um modelo pronto, registre o tempo que gastou para elaborá-lo.**

Se você encontrar muitas dificuldades, leia as dicas, mas o ideal é que você tente fazer isto sozinho.



Pense nas engrenagens (catracas) de uma bicicleta. Você pode também pensar em uma gangorra. Ficou mais fácil?

## Comparando e testando modelos

Agora veja a **Figura 1.4**. Nela, nós apresentamos o esquema de um mecanismo que permite com que as hastes se movam exatamente como descrito nas **Figuras 1.2 e 1.3** e no texto.

**Figura 1.4:** O mecanismo que está dentro da caixa?



Compare o esquema da **Figura 1.4** com o seu esquema. Eles são iguais ou diferentes? Se eles são diferentes, precisamos **testar** se o modelo da Figura funciona. Quando empurrarmos a haste A, as outras se movem conforme o esperado? Se você observar bem o mecanismo, verá que sim. Note que, na verdade, há uma única haste “AB” e duas outras, C e D, ambas ligadas à “AB”, porém por mecanismos distintos. O mecanismo de alavanca ligando a haste “AB” à D de fato inverte o movimento da haste D, conforme esperado. Ou seja, se AB vai para um lado, D vai para o outro. É como acontece em uma gangorra: se uma pessoa sobe, a outra desce (daí a nossa dica...). O esquema da **Figura 1.4** passou no teste. Isso significa que podemos dizer que ele é válido para explicar a nossa “caixa preta”. Será que o seu modelo também é válido?



Faça o mesmo tipo de previsões em relação ao seu modelo.

Considere as seguintes questões básicas:

1. Não importa qual haste seja puxada ou empurrada, A, B e C se movem sempre em uma mesma direção?
2. Essa direção é oposta à de D?

Se isso ocorrer, seu modelo é também, sem dúvida alguma, um modelo válido. Se o seu modelo não explicar de modo adequado a movimentação das hastes, então ele precisará ser reformulado. Se for o caso, reformule o seu modelo até que ele atenda as exigências de movimentação das hastes. Depois prossiga com a aula.

Agora que explicamos o funcionamento da caixa, você pode estar se perguntando: o que isso tem a ver com a Bioquímica e a Biologia Celular? Esta pergunta pode começar a ser respondida com outra pergunta: Como os modelos foram formulados?

## Será que muitos processos de construção de modelos têm características comuns?

É possível que nós, mesmo sem percebermos, tenhamos seguido seqüências de passos bastante semelhantes. Você provavelmente partiu da **observação** de um fenômeno (movimentação das hastes na caixa), ao elaborar um modelo para explicá-lo. Com base em seu modelo, você pôde fazer **previsões** (ou **hipóteses**) a respeito da movimentação das hastes, o que permitiu que você expusesse suas previsões a **testes**. Algo como “se eu puxar esta haste, aquela outra tem de se deslocar no outro sentido”. Se as suas previsões se confirmavam nos testes e estavam de acordo com o funcionamento da caixa, então, como dissemos, você produziu um **modelo válido**.

Ainda não está claro o que isto tem de parecido com o que se faz ao estudar as células e moléculas, não é mesmo? Esta é uma dúvida muito pertinente. Vamos ver se é possível relacionar a nossa “caixa preta” com o estudo das células através de um exemplo bastante simples.

Vamos analisar o caso de uma célula que está produzindo ATP e tem mitocôndrias. A princípio, ela poderia oxidar aminoácidos, carboidratos e proteínas para a produção de ATP. Ela poderia mesmo oxidar várias destas moléculas como combustíveis.

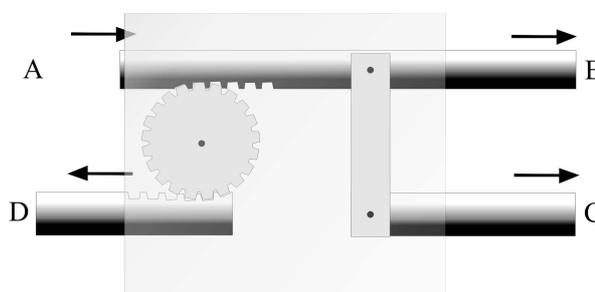
Como poderíamos saber qual ou quais destas moléculas estão sendo oxidadas na célula? Bem, se fizermos uma cultura destas células, conforme visto na Aula 4 de Biologia Celular, poderemos adicionar glicose “marcada” com Carbono radioativo ( $C^{14}$ ) ao meio de cultura. Se depois de algum tempo verificarmos a liberação de  $C^{14}O_2$  pelas células, poderemos estar seguros de que a glicose está sendo oxidada durante o metabolismo celular.

Se tivéssemos feito a experiência hipotética citada há pouco, porém, não apenas não teríamos visto a glicose, como tampouco a veríamos sendo oxidada. Muito menos veríamos o  $CO_2$  radioativo. No entanto, pudemos “ver” o que está ocorrendo no metabolismo celular graças à utilização de culturas de células associadas à adição de um isótopo radioativo e de instrumentos capazes de medir a radioatividade. Partimos de uma hipótese (“se a célula oxida glicose”) para fazermos previsões (“haverá liberação de gás carbônico radioativo”) e utilizamos diferentes instrumentos e técnicas para adquirir informações (dados experimentais) a respeito do metabolismo desta célula. Com eles, pudemos elaborar um modelo de metabolismo no qual a célula oxida glicose. De um certo modo, podemos dizer que “vimos coisas invisíveis”. Será que fizemos algo parecido quando estudamos nossa caixa preta? Voltemos a ele para discutir esse ponto.

Recordando Bioquímica: A mitocôndria é uma organela citoplasmática de células eucarióticas onde se dá a síntese de grande parte do ATP celular. Nas mitocôndrias, ocorrem as reações do Ciclo de Krebs e da Cadeia Respiratória. Nesta organela, ocorrem as etapas finais da oxidação de carboidratos, bem como a oxidação de aminoácidos e ácidos graxos. Se achar necessário, reveja as aulas sobre o metabolismo energético de Bioquímica II para rever estas informações.

Se o mecanismo que você propôs é igual àquele da **Figura 1.4** (baseia-se nos mesmos princípios), será então que podemos estar certos de que o mecanismo no interior da caixa é igual a ele?

A coisa fica mais interessante se o mecanismo que você propôs era diferente da **Figura 1.4**. Se os dois explicavam a movimentação das hastes, qual dos dois é o verdadeiro? Se o seu modelo era igual ou semelhante ao da **Figura 1.4**, a resposta pode parecer simples, ou seja, o mecanismo no interior da caixa é aquele baseado em alavancas. Examine com atenção a **Figura 1.5**. Faça mais uma vez as previsões a respeito da movimentação das hastes A, B, C e D e veja se o modelo da Figura está de acordo com elas.



**Figura 1.5:** Outro mecanismo para a mesma caixa?

Neste esquema, a haste AB está ligada à D através de uma engrenagem (como uma catraca da bicicleta). Quando AB se desloca em um sentido, a catraca gira e D forçosamente se move no sentido oposto.

Se você foi rigoroso em sua análise da **Figura 1.5**, deverá ter concluído que este esquema explica perfeitamente o funcionamento da “caixa”, pois AB e C se movem sempre em uma mesma direção, enquanto o movimento de D é invertido em relação a AB pela engrenagem. Temos, então, mais um modelo que explica o funcionamento da caixa.

Qual seria, afinal, o modelo verdadeiro no interior da caixa?

Bem, não fique desapontado, mas o fato é que isto é algo que dificilmente poderíamos responder.

### **Um só fenômeno, duas explicações coerentes?**

Quando temos vários modelos que descrevem um mesmo fenômeno, e todos têm igual capacidade de explicação, como determinar qual deles é o correto? Podemos preferir um, porque é mais simples ou porque ele nos atrai mais, mas determinar qual o correto não é possível.

Em muitas ocasiões existiram várias explicações para um mesmo fenômeno da Bioquímica ou da Biologia Celular. Muitas vezes, só a formulação de novas hipóteses e a realização de novos testes (experiências) permite que se exclua um ou mais destes modelos. E mesmo um modelo que tenha resistido aos testes até um dado momento poderá ser posto à prova futuramente e, se não for suficientemente consistente para explicar os novos dados obtidos, terá então de ser reformulado ou descartado.

A pergunta sobre o verdadeiro modelo no interior de nossa caixa, portanto, continua sem resposta. Mas, e se pudéssemos obrigar o criador da caixa a saciar nossa curiosidade? Será que poderíamos fazer com que nos dissesse qual o verdadeiro modelo?

Você pode se aborrecer de vez conosco, mas o fato é que, no caso específico de nossa caixa, esta pergunta sequer faz sentido. Por quê? Porque não há caixa alguma, apenas uma Figura desenhada no seu livro. Logo, não pode haver mecanismo algum, pois não há nada desenhado dentro da caixa.

Mas o curioso é que, usando etapas parecidas com as que descrevemos acima, você foi capaz de elaborar e testar mentalmente um mecanismo inexistente e desenhar um esquema que o descreve. Este é, portanto, um modelo abstrato ou mental, que pode até mesmo ser representado com Figuras ou esquemas, mas que funciona de fato apenas graças à nossa capacidade de abstração.

Para simplificar, vamos admitir que dispuséssemos de uma caixa que correspondesse ao desenho da **Figura 1.3** e que a tivéssemos estudado como fizemos aqui. Se não pudermos ver o interior da caixa, todos os mecanismos propostos aqui teriam de ser considerados igualmente válidos para explicar o seu funcionamento.

A Bioquímica e a Biologia Celular são campos da ciência essencialmente experimentais. Por isso mesmo, dependem da construção de modelos baseados em resultados de experiências rigorosas. Estes modelos raramente são criados a partir de uma única experiência ou surgem a partir do nada. Raramente as estruturas (organelas) e processos (reações químicas) em que eles ocorrem podem ser observados diretamente e em funcionamento. Podemos observar uma mitocôndria graças ao microscópio eletrônico, mas não podemos ver a respiração celular acontecendo. Muito menos podemos observar um gradiente de  $H^+$ . E não é este o caso do mecanismo de nossa caixa?

Nossa imaginação e nosso raciocínio nos permitem elaborar modelos que explicam fenômenos que escapam aos nossos sentidos. Este é o caso de muitos dos processos que acontecem no interior das células e dos seres vivos.

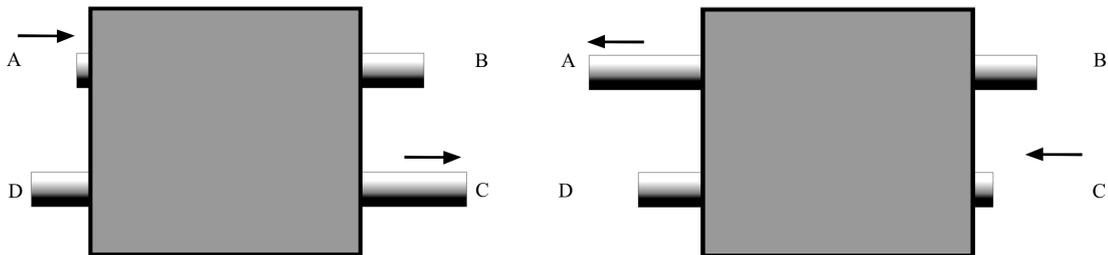
Em geral, os modelos desenvolvidos em Bioquímica e Biologia Celular se baseiam em conhecimentos anteriores. Da mesma forma, você, ao elaborar seu modelo da caixa, baseou-se em seus conhecimentos sobre alavancas ou engrenagens, mesmo que tenha sido lembrado deles graças às nossas dicas. Será que também esta afirmação a respeito dos modelos pode ser experimentada?

Examine com atenção a **Figura 1.6**. Ela é idêntica à 1.3, não é mesmo?



**Figura 1.6:** Uma outra caixa igual à primeira?

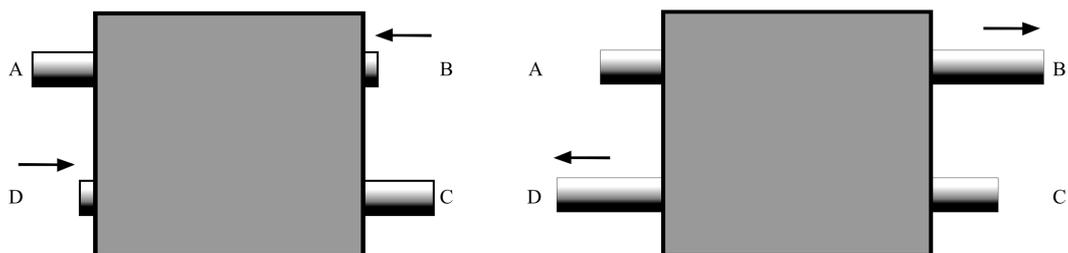
Embora esta nova caixa se pareça com a outra, neste caso, quando movemos a haste A, apenas a C se move em direção oposta (**Figura 1.7**) e as outras permanecem imóveis.



**Figura 1.7:** Nesta nova caixa somente a haste C se move quando a haste A é movida.

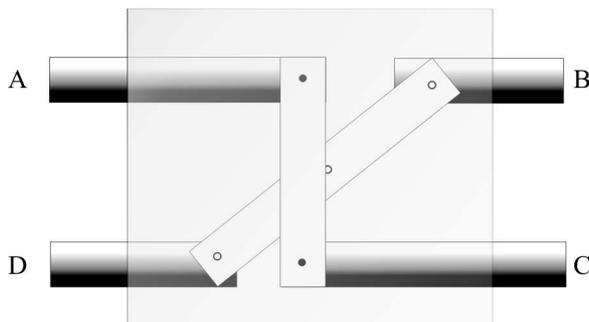
Quando empurramos a B, porém, apenas a D se move, e na mesma direção.

Anote agora a hora exata. Em seguida, proponha e desenhe um mecanismo para esta nova caixa. Quando concluir a elaboração do modelo, anote o tempo que gastou.



**Figura 1.8:** Nesta nova caixa, somente a haste D se move quando a haste B é empurrada ou puxada.

Na **Figura 1.9**, temos uma proposta de mecanismo que explica o funcionamento de nossa nova caixa. Compare-o com o seu e, se forem diferentes, faça os testes com ambos.



**Figura 1.9:** Um mecanismo para explicar a nova caixa.

Após realizar os testes, é possível que você verifique que ambos são válidos. Agora compare o tempo que gastou durante a formulação do primeiro modelo com o que consumiu na elaboração do segundo. Em geral, necessita-se de menos tempo na segunda tentativa. Isso se deve certamente ao fato de que você já dispunha de experiência anterior a respeito desse tipo de atividade, e também ao fato de que os princípios dos dois mecanismos são semelhantes. Assim, os seus conhecimentos anteriores serviram de base para a elaboração de um modelo para um novo fenômeno. É claro que o tipo de procedimento utilizado na formulação de modelos é comum a muitos campos da ciência e não está relacionado apenas à Bioquímica e à Biologia Celular.

### UM PROFESSOR PODE FAZER COM SEUS ALUNOS O QUE NÓS FIZEMOS AQUI?

As chamadas “caixa-pretas” têm sido muito utilizadas no ensino de ciências para evidenciar passos do chamado método científico (ou método hipotético dedutivo) e para destacar a própria natureza experimental e o uso de modelos do conhecimento científico. Se possível, a expressão “caixa-preta” deve ser evitada, pois está associada à idéia de segredos ocultos ou indecifráveis, o que está distante da idéia de conhecimento científico.

Em versões simplificadas, em especial nas séries iniciais, utilizam-se caixas lacradas contendo diferentes objetos que os alunos podem explorar usando os sentidos (sacudindo e ouvindo os ruídos no interior, por exemplo) visando a determinar os conteúdos da caixa.



Conhecimentos prévios, obtenção de dados experimentais e suas interpretações fazem parte do processo de construção do conhecimento científico na Bioquímica e na Biologia Celular.

Nesta proposta, no entanto, a atividade, embora extremamente lúdica, torna-se praticamente uma adivinhação, excluindo a formulação de modelos e de previsões testáveis, o que também as afasta dos objetivos propostos no início da aula. Ainda assim, muitos professores as utilizam para despertar a curiosidade dos alunos de séries iniciais.

Qualquer que seja a caixa, no entanto, **não é razoável que ela seja aberta ao final do trabalho**. Se a observação direta do mecanismo permitir confirmar ou não a veracidade de seus modelos, a razão de ser do trabalho se perde. Isso porque esta possibilidade não existe na maioria dos casos da Biologia Celular e da Bioquímica, nas quais a maior parte dos modelos não pode ser observada ou percebida diretamente pelos nossos sentidos, mesmo com o auxílio de equipamentos sofisticados. É claro que, em última análise, utilizamos nossos sentidos para coletar dados experimentais (olhando micrografias ou lendo resultados em espectrofotômetro, por exemplo). Mas estes resultados não são o processo ou o fenômeno em si, mas os resultados de nossas maneiras de medi-los ou observá-los indiretamente, com o objetivo de compreendê-los.

Atividades como as que acabamos de realizar podem ser úteis para iniciar um curso de Citologia, por exemplo, pois aproximam o aluno da natureza do trabalho nesta área, que, como dissemos, é eminentemente experimental. Além de ter um forte componente lúdico, essa atividade desenvolve no aluno diversas habilidades importantes para o ensino de Biologia, como a formulação de hipóteses e o próprio raciocínio abstrato. Ao elaborar seu modelo, o aluno adota também uma postura ativa diante do aprendizado, não permanecendo como um ouvinte ou espectador da atividade do professor. Esta é uma atitude considerada importante para o aprendizado de ciências experimentais, como discutiremos em aulas posteriores. A importância dessa atitude pode ser explicitada para o aluno ao final da atividade, de modo a estimulá-lo a adotá-la ao longo de todo o curso. Coerentemente, portanto, é importante que as atividades seguintes desenvolvam as habilidades utilizadas aqui e estimulem a ação dos alunos durante o aprendizado.

Caso deseje, você pode obter pela Internet as instruções detalhadas para montar caixas como aquela descrita na **Figura 1.1**. Acesse o *site* [www.inpi.org.br](http://www.inpi.org.br), localize a página do projeto “Inventiva Júnior”. Lá, você encontrará uma oficina sobre o assunto.

No decorrer das próximas aulas, seria conveniente que você dispusesse de pelo menos um livro didático da 1ª série do Ensino Médio e um da 7ª série do Ensino Fundamental. Eles serão especialmente necessários a partir da Aula 3, quando passaremos a consultá-los e analisá-los em profundidade.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produção de conhecimento em Bioquímica e Biologia Celular se dá essencialmente através de atividades experimentais. Estas experiências se baseiam em conhecimentos prévios e envolvem o teste de hipóteses capazes de explicar os fenômenos observados. Para isso, é necessário o raciocínio abstrato, que envolve mais do que a percepção direta dos fenômenos pelos nossos sentidos. O ensino dessas disciplinas, portanto, pode e deve, sempre que possível, desenvolver as habilidades de raciocínio abstrato e de raciocínio hipotético-dedutivo dos estudantes. Atividades lúdicas que envolvam a participação ativa do aluno e busquem atingir esses objetivos preparam o estudante para um curso no qual ele deverá construir o conhecimento e não apenas aguardar sua transmissão pelo professor.

As atividades iniciais de um curso podem preparar um aluno para o tipo de trabalho que se espera realizar nas aulas seguintes. Muitas atividades permitem também que o aluno se familiarize com características do conhecimento científico.

## EXERCÍCIOS

1. Peça a alguém (um voluntário) que não tenha visto o esquema da caixa ou participado da atividade que desenhe a caixa tomando como base somente a descrição feita por você. Compare o desenho feito pelo voluntário com o esquema da caixa. Há diferenças? Proponha explicações para os motivos das diferenças que possa ter encontrado.

2. Caso não tenha havido uma correspondência entre o desenho do voluntário e o esquema da caixa, refaça sua descrição e repita o procedimento. O voluntário pode ser o mesmo, desde que ele ainda não tenha visto o esquema da caixa. Compare o novo desenho do voluntário e reflita: ele está mais semelhante ao original? Por quê?

Observação: este tipo de atividade de esquematização a partir de descrições pode ser realizado com os alunos de modo a estimulá-los a perceber a importância da descrição rigorosa e cuidadosa de modelos em Bioquímica e Biologia Celular.

Esta é uma habilidade importante, pois tais modelos muitas vezes descrevem processos ou fenômenos que não podem ser visualizados. A atividade pode também auxiliar a destacar para os alunos a importância geral de uma redação de qualidade.

## O raciocínio abstrato e as células em três dimensões

# AULA 2

## objetivos

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- Avaliar propostas para a introdução ao estudo das células nos diferentes níveis de ensino.
- Discutir atividades para explicitar a importância do raciocínio abstrato e da análise de imagens especificamente na construção de modelos de células pelos alunos.

### Pré-requisitos

Rever o tema da construção de modelos na Aula 1.  
Rever os limites dos métodos de estudo das células discutidos nas Aulas 1 e 2 de Biologia Celular I.

## **INTRODUÇÃO**

Na primeira parte de nosso curso, tratamos de alguns assuntos ligados ao ensino de Biologia Celular e Bioquímica. Embora, como dissemos na Aula 1, as fronteiras entre esses dois campos do conhecimento não sejam rígidas, a maior parte dos assuntos que abordamos estavam relacionados mais diretamente à Bioquímica. Afinal, entre esses temas estavam algumas propriedades das biomoléculas e o metabolismo energético, conteúdos que você estudou nos cursos de Bioquímica I e II, respectivamente. Escolhemos esses temas porque permitiam a discussão de uma seqüência coerente de atividades e também porque podiam ser trabalhados tanto no EF quanto no EM. Mas, agora, seria interessante se tratássemos diretamente de um de nossos principais assuntos: a célula.

A esta altura do curso de Licenciatura em Biologia, você já deve ter se dado conta de que o estudo da célula é muito mais complexo do que sua simples observação ao microscópio, seja ele óptico ou eletrônico. No entanto, é difícil imaginar que uma escola possa dispor de mais recursos do que microscópios ópticos bastante simples para o ensino de Biologia Celular. Infelizmente, a verdade é que muitas escolas nem sequer dispõem de microscópios, ou dispõem de poucos deles, muitas vezes em estado bastante precário. Diante dessa situação, muitos profissionais podem acreditar que o ensino de temas relacionados ao estudo das células se torna impossível. Ou que esse ensino deve ser eminentemente teórico, com base em aulas expositivas.

Nossa opinião, porém, é que essas limitações, ainda que restrinjam as propostas de ensino possíveis, em absoluto não impedem que se realizem trabalhos centrados na participação ativa dos alunos. E por quê? Primeiro porque, ao longo das nossas aulas anteriores, já discutimos várias opções para lidar com experiências difíceis ou impossíveis de realizar em sala de aula. Mas, se quisermos ser mais diretos, podemos simplesmente lembrar que acabamos de dizer que o estudo das células envolve muito mais do que sua observação ao microscópio! Portanto, e felizmente, mesmo com poucos deles, ou sem nenhum, ainda há muito o que fazer!

Claro que, depois de ler a nossa última frase, você pode estar pensando que: “se mesmo microscópios simples não estão disponíveis, o que dizer de instrumentos mais caros e importantes para o estudo das células, tais como aqueles necessários ao cultivo de células e tecidos (Aula 4 de Biologia Celular)?” E você está certo. Com exceção de umas poucas escolas técnicas brasileiras, nenhuma outra instituição de ensino dispõe desses equipamentos sofisticados. Conclusão: se não temos microscópios nem outros equipamentos, não há como estudar a célula adequadamente. Apesar disso, vale a pena repetir: ainda há muito o que fazer. E dizemos isso porque acreditamos que existe uma diferença marcante entre fazer pesquisa científica em Biologia Celular e ensinar temas de Biologia Celular nas escolas. Essa afirmativa parece óbvia, mas por trás dela escondem-se questões importantes a respeito do ensino de Biologia. Vamos a elas.

## **PESQUISA CIENTÍFICA E ENSINO DE CIÊNCIAS: ATIVIDADES RELACIONADAS, MAS DIFERENTES**

Ao longo das aulas anteriores, procuramos promover um ensino de Biologia baseado em atividades investigativas realizadas pelos alunos sob orientação do professor, e que realizassem uma aproximação entre o aprendizado da Biologia e o processo de construção de conhecimento científico novo. Procuramos também despertar seu interesse por algumas características da pesquisa científica em geral, e, especialmente, da pesquisa em educação em ciências.

Entre as justificativas para essas escolhas está a idéia de que esperamos que essa abordagem leve você (e seus futuros alunos) a uma adequada compreensão do processo de construção do conhecimento científico, e que sua aplicação permita, também, o desenvolvimento de habilidades importantes dos alunos (e nossas também, é claro). O uso da palavra aproximação, no entanto, não foi casual. Escolhemos esse termo exatamente para indicar que as duas atividades, pesquisa acadêmica e ensino de ciências, são intrinsecamente diferentes. Assim, quando nos dedicamos a uma delas, precisamos ter em mente seus potenciais, suas limitações e, sobretudo, seus objetivos.

Se a pesquisa em Bioquímica e Biologia Celular é feita por especialistas nesses dois campos, o ensino de Biologia, com raras exceções, é realizado por professores com formação bastante diversificada, mas não por especialistas em pesquisa científica básica em qualquer campo da Biologia. E, como dissemos na Aula 1, e você sabe há muito tempo, as duas disciplinas que constam do título de nosso curso sequer fazem parte do currículo escolar. Além disso, nenhum professor do EM ou do EF tem como função ensinar, exclusivamente, temas de Biologia Celular e Bioquímica. Ou seja, esses temas surgirão combinados e entremeados a assuntos de outras áreas da Biologia, tais como a Ecologia e a Fisiologia. Do ponto de vista dos alunos, inclusive, a situação é ainda mais complexa, pois eles não têm aulas somente de Biologia, mas também de inúmeras disciplinas não diretamente relacionadas a ela. Para completar essa linha de pensamento, é importante deixar claro que tampouco se espera realizar pesquisa científica sobre disciplinas de qualquer campo da Biologia nas salas de aula. E ao dizermos isso, não estamos diminuindo a importância do ensino de ciências em relação à pesquisa científica, mas, ao contrário, ressaltando sua importância específica.



Dissemos que o ensino de Ciências e Biologia não está diretamente relacionado ao de outras disciplinas escolares. Mas uma característica importante da Educação na atualidade é exatamente buscar maior integração entre as diversas áreas. Você certamente terá contato com conceitos como o de interdisciplinaridade em disciplinas futuras.

Os pesquisadores passam por um longo processo de formação que se inicia, normalmente, durante a graduação, e prossegue ao longo da pós-graduação e do próprio trabalho em pesquisa. Durante esse percurso, os profissionais vão se formando e contribuindo para a formação de outros alunos de graduação. Os alunos de EF e EM, em contrapartida, são muito mais jovens do que os alunos de graduação. No EF, por exemplo, trabalhamos com crianças e pré-adolescentes. Além disso, esses alunos não são especialistas em área alguma, ao contrário, têm interesses muito diversificados, e muitos deles sequer gostam de Ciências ou de Biologia. É claro que sempre buscaremos explicações para essa falta de gosto pela disciplina que escolhemos. Uma delas pode ser o fato de que o ensino de Ciências, muitas vezes, se limita à transmissão de conhecimentos que devem ser memorizados e repetidos.

Isso dificilmente pode ser atraente. Porém, mesmo em escolas onde o ensino de Ciências usa outras abordagens, muitos alunos não gostam dessa disciplina. E isso, além de óbvio, é natural: afinal, as pessoas são diferentes.

Os pesquisadores, por sua vez, também ensinam durante suas atividades de pesquisa. Mas seu público-alvo é outro, porque a faixa etária dos aprendizes é diferente, e também porque, a princípio, eles já demonstraram um interesse específico pela Biologia (afinal, estão se formando profissionalmente nessa área). Na escola, tanto no EF quanto no EM, contribuimos, como professores, para a formação de indivíduos cujas escolhas posteriores serão tremendamente diferentes entre si. A maioria deles, provavelmente, escolherá caminhos futuros em que o aprendizado de Biologia terá se encerrado no EM.

O que tentamos fazer nos parágrafos anteriores foi explicitar algumas das diferenças mais básicas entre o ensino na escola e a pesquisa científica em Biologia. É claro que as duas atividades diferem em praticamente tudo, mas é sempre bom dar alguns exemplos práticos para que as diferenças não corram o risco de passar despercebidas.

Por todas essas diferenças, e muitas outras que não mencionamos, não nos parece razoável supor que o ensino de Ciências (e de Biologia) possa (ou deva) reproduzir o processo da pesquisa científica. Porém, não custa repetir, o ensino pode realizar aproximações importantes com o processo da pesquisa científica. Espera-se que elas contribuam para a formação de cidadãos capazes de lidar com os desafios e prazeres de viver numa sociedade fortemente influenciada pelo conhecimento científico. Espera-se, também, que essas aproximações contribuam para tornar o aprendizado de Biologia mais interessante e atraente.

Podemos agora deixar de lado a preocupação de reproduzir a pesquisa científica na escola. Tampouco devemos nos preocupar em reproduzir o ensino de graduação. Devemos ter em mente, porém, que ambos se constituem em importantes referências para o ensino básico. Podemos também deixar para trás o temor de que a falta de equipamentos específicos vá nos impedir de realizar um ensino de Biologia de boa qualidade. Voltemos, então, nossa atenção para o estudo da célula nas condições oferecidas por nossas escolas.

## **UM BREVE COMENTÁRIO SOBRE O ENSINO DE BIOLOGIA**

No caso da nossa área de atuação, a Biologia, o conhecimento vem crescendo de forma explosiva nas últimas décadas, além de estar se tornando cada vez mais necessário para a participação das pessoas em áreas de grande importância social e política (pense no caso dos transgênicos, por exemplo). Assim, o desafio está em realizar as aproximações necessárias com a produção de conhecimento científico, respeitando as amplas diferenças entre ensino e pesquisa, bem como aproveitando, ao máximo, o potencial do ensino de Biologia para a formação de cidadãos.

Mencionamos, há pouco, que nossos alunos são, em princípio, muito jovens. Isso poderia nos fazer pensar que eles dispõem de pouco conhecimento e que, portanto, seria razoavelmente simples que adquirissem os conhecimentos que lhes apresentamos. O ensino de Biologia já se baseou em modelos desse tipo. Mas esses modelos são considerados ultrapassados e ineficazes, simplesmente porque nossos alunos não são, como se costuma dizer, cadernos em branco, onde se pode escrever o que quer que se deseja. Eles têm idéias, concepções e preconceitos assim como todos nós. Discutimos longamente um caso de concepções dos alunos para ilustrar a importância desse assunto. Mas agora vamos lidar com o mesmo tema (as concepções dos alunos) por um outro ângulo.

Nas próximas seções, procuraremos estabelecer uma discussão que relacione as diferenças entre pesquisa e ensino em Biologia, não apenas respeitando, mas nos beneficiando das características de nossos locais de trabalho e de nosso público-alvo, ou seja, das escolas e de nossos alunos. Vamos tentar aprofundar essa discussão através de um exemplo. Tenha à mão seus livros didáticos (LD) da 7ª série do EF e da 1ª série do EM, pois recorreremos a eles.

## **COMO SÃO PRODUZIDAS AS IMAGENS DE CÉLULAS USADAS NA ESCOLA?**

Folheie seu LD do EF e procure ilustrações de células. Examine-as com atenção. Procure verificar se existem fotografias de células ou propostas de atividades com o uso de microscópios. Você provavelmente irá perceber que propostas de atividades são raras, e que, entre as ilustrações, predominam esquemas e desenhos, e não fotografias.

Em alguns poucos LD você encontrará fotografias de células tiradas com o microscópio óptico, em especial quando são propostas atividades baseadas em seu uso. Agora faça algo parecido com o LD do EM. Você certamente notará que os esquemas cresceram em complexidade, em especial no capítulo sobre organelas citoplasmáticas (se existir um). As fotografias, porém, continuam minoria entre as ilustrações. Examine também essas imagens com atenção. Procure identificar quais das estruturas representadas podem ser observadas ao microscópio óptico ou eletrônico (recorra às aulas de Biologia Celular, se precisar).

Você certamente terá notado que as ilustrações existentes nos livros apresentam, de forma mais ou menos esquemática, estruturas que são visíveis somente ao microscópio eletrônico ou com o uso combinado de técnicas refinadas de microscopia óptica. Agora tente se colocar no lugar de um de seus alunos. Você pode fazer isso lembrando-se de quando estava na escola. Claro que, no caso de muitos de nós, isso ocorreu há muito tempo, e o contexto atual parece muito diferente de então.

O que será que um adolescente ou pré-adolescente pensa de uma imagem daquelas presentes em livros didáticos? Será que ele faz alguma idéia de como se chega aos conhecimentos necessários para elaborar uma ilustração de uma célula com inúmeras organelas em seu interior? O fato é que as células são mencionadas em muitas ocasiões, no ensino formal e fora dele. Normalmente, os alunos têm idéias muito vagas sobre o que seja uma célula. Essas noções imprecisas certamente são muito úteis para a vida diária e para a vida escolar na maior parte das vezes. O EM, porém, é o momento em que se aprofunda o estudo das células. Porém, como já vimos, o EF pode contribuir tanto para a construção de conhecimentos mais precisos e válidos para a vida cotidiana, quanto para o processo inverso. O ideal, portanto, é que exista coerência e comunicação entre os diversos níveis de ensino. E para isso as concepções dos alunos precisam ser levadas em conta, ao mesmo tempo em que as concepções científicas precisam ser aprendidas. Um dos momentos de fazer isso pode ser exatamente a introdução ao estudo formal da célula. Conhecer algumas características do estudo da célula permitirá aos seus alunos olharem para as ilustrações dos LD, literalmente, com outros olhos.



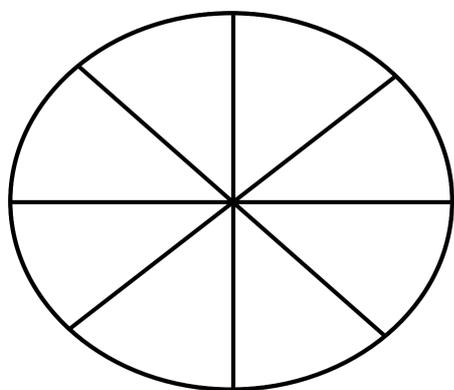
Você pode estar se lembrando de algumas aulas de Grandes Temas de Biologia, nas quais se discutiu exatamente a concepção de células dos estudantes. Para aprofundar seus conhecimentos sobre esse tema, visite a página da revista *Investigações em Ensino de Ciências* que indicamos na Aula 5. Lá existem pelo menos dois artigos de pesquisa sobre o assunto.

## QUANDO AS LIMITAÇÕES SE TORNAM OPORTUNIDADES

O título dessa seção lhe pareceu estranho? Esperamos que sim. Esperamos ainda que, ao realizar a atividade que proporemos a seguir, você vá considerá-lo não apenas esquisito, como também descabido. Mas temos esperança de que o resto da aula resolverá esse problema, assim como aumentará seu entusiasmo pelo ensino de Biologia, a despeito das limitações da infra-estrutura escolar.



Observe atentamente a **Figura 2.1**. O que ela lhe parece representar?



**Figura 2.1:** O que esta imagem representa?

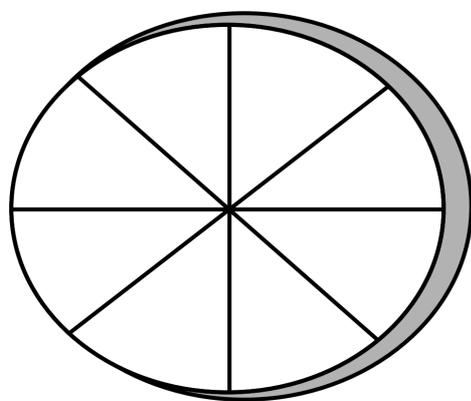
Você pode ter dado muitas respostas diferentes, como, por exemplo, que ela representa uma roda de bicicleta. Agora observe a mesma figura de novo, imaginando que ela representa uma coisa que você conhece muito bem, mas que foi cortada ao meio.



Que coisa seria esta?

Se não lhe ocorrer nenhuma resposta, observe atentamente a **Figura 2.2**.

O que ela lhe parece representar?

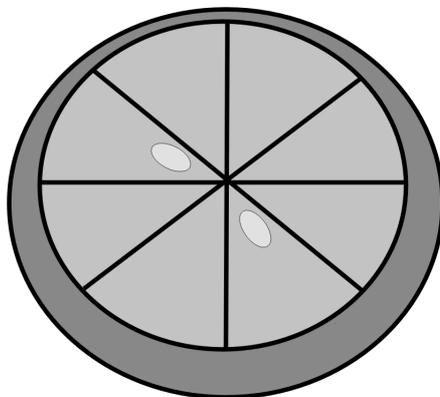


**Figura 2.2:** E esta figura, o que representa?

Muitas respostas podem ter sido dadas a essa pergunta. Mas não é difícil imaginar que possa tratar-se do desenho de uma laranja cortada ao meio. Alguns poucos detalhes existentes na **Figura 2.2**, como o círculo maior, a diferença de tons entre o círculo externo e o interno, podem ter lhe dado uma idéia de volume.



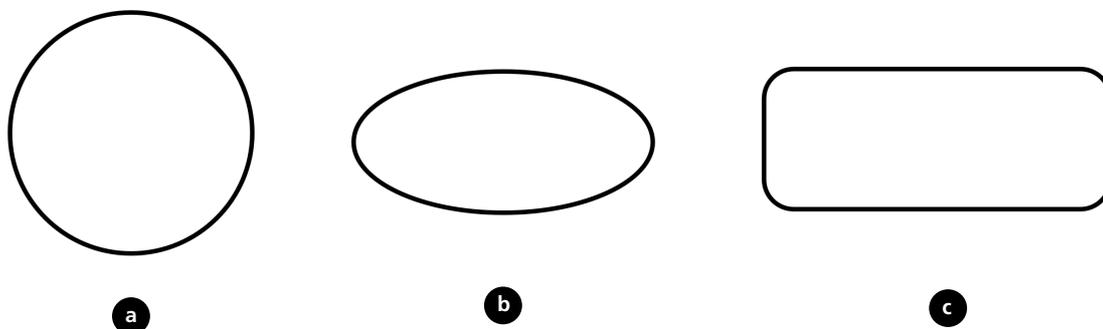
Examine agora a **Figura 2.3**. O que ela representa?



**Figura 2.3:** Esta figura é bem fácil de decifrar!

Naturalmente sua resposta deve ter sido rápida: ela representa uma laranja cortada ao meio. Nesse caso não há dúvidas. As cores (especialmente se você está realizando a aula usando o computador), a impressão de volume e mesmo alguns detalhes, como as sementes, (“caroços”) devem ter ajudado você a decifrar imediatamente o que se tentou representar.

Agora vamos tratar das ilustrações apresentadas na **Figura 2.4**. Imagine que elas foram feitas a partir da observação de objetos que foram cortados ao meio, mas cujas formas desconhecemos completamente. Para tornar a coisa mais simples, digamos que esses objetos foram cortados em duas metades rigorosamente iguais, em forma e volume.



**Figura 2.4:** Resultados obtidos com cortes de objetos de forma desconhecida.



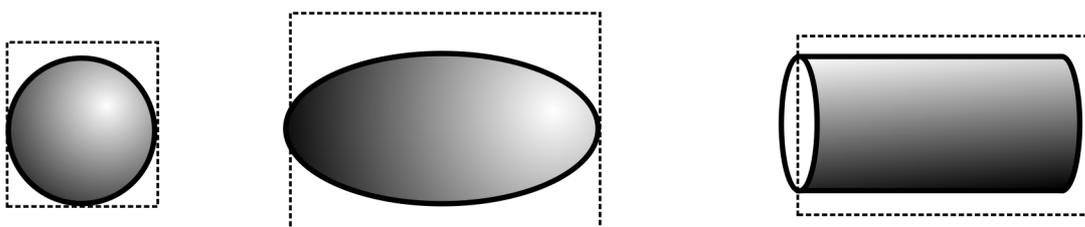
Desenhe em um papel à parte a forma que você imagina que tenham os objetos ilustrados em corte na **Figura 2.4**.

Feitos seus desenhos, você deve agora estar imaginando que apresentaremos a forma real do objeto, não é mesmo? Porém, se já está se acostumando com o estilo de nossas aulas, está esperando alguma pergunta nova. Não vamos decepcionar você. Aqui vai outra pergunta:

Os objetos cujos cortes foram mostrados na **Figura 2.4** têm formas diferentes ou são iguais?

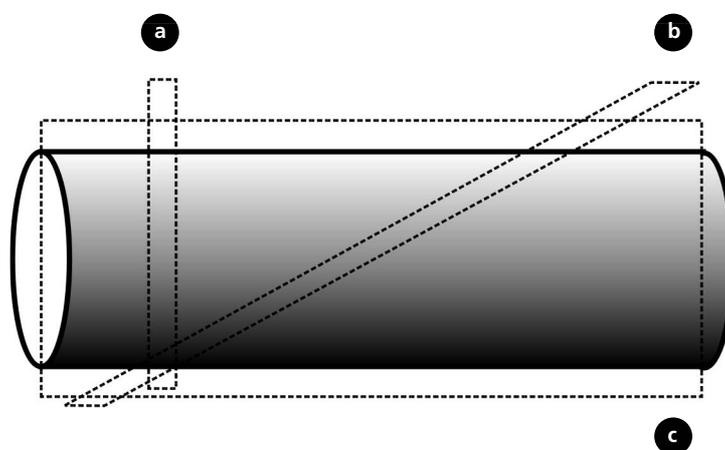
Se você respondeu que as formas eram iguais, leia o próximo parágrafo. Se respondeu que eram diferentes, pule o próximo parágrafo e leia o seguinte.

Examine, agora, os objetos desenhados na **Figura 2.5**. Eles podem representar objetos e planos de corte (linhas tracejadas) compatíveis com aqueles representados na **Figura 2.4**? A resposta é, sem dúvida, afirmativa. Isto invalida sua interpretação? Claro que não. Assim como havia dois mecanismos (ou mais) para a caixa com que trabalhamos na Aula 1 de nosso curso, pode haver vários objetos de formas diferentes que correspondam ao que está mostrado na **Figura 2.4**.



**Figura 2.5:** Três diferentes objetos que poderiam ter sido cortados, gerando as imagens mostradas na **Figura 2.4**.

Examine agora a **Figura 2.6**. Será que o objeto mostrado, cortado das três maneiras ilustradas (linhas tracejadas) poderia resultar nas três formas mostradas na **Figura 2.4**? A resposta é necessariamente afirmativa. Isto invalida sua interpretação? Claro que não. Assim como havia dois mecanismos (ou mais) para a caixa com que trabalhamos na Aula 1 de nosso curso, pode haver várias interpretações coerentes com as formas mostradas na **Figura 2.4**. Volte agora para o parágrafo anterior (a menos que você já o tenha lido). Mas não vá ficar rodando em círculos: depois de ler aquele parágrafo, siga adiante a partir daqui.



**Figura 2.6:** Planos de corte de um mesmo objeto que poderia ter gerado as imagens da **Figura 2.4**.

Depois de examinar as **Figuras 2.5** e **2.6**, você percebeu que as duas possibilidades (três objetos diferentes ou um único objeto) são válidas e que não há como escolher entre elas. Podemos admitir, então, que uma mesma imagem pode ser interpretada de várias maneiras. Essas diversas interpretações podem ser causadas por diversos fatores. No caso das **Figuras 2.1**, **2.2** e **2.3**, por exemplo, o aumento na quantidade de detalhes (volume, diferenças de cor etc.) permitiu uma representação mais precisa e interpretações mais uniformes. Mas nem sempre é assim. Se você examinar, agora, as imagens de microscopia de transmissão mostradas na Aula 2 de Biologia Celular I, verá que a riqueza de detalhes não facilita muito a interpretação, tornando-a, na verdade, mais difícil para leigos.

No caso das imagens de cortes, as interpretações variadas não foram conseqüências da falta ou do excesso de detalhes, mas do simples fato de que várias interpretações eram possíveis, todas elas sendo igualmente pertinentes. Tanto que, no caso da **Figura 2.4**, não é possível determinar a forma do objeto representado examinando apenas os resultados dos cortes. É claro que, se soubéssemos que todos os cortes provinham de objetos de mesma forma, ou de formas muito parecidas, então haveria uma grande chance de que propuséssemos uma forma parecida com aquela mostrada na **Figura 2.6**. A brincadeira ficaria ainda mais interessante se soubéssemos que eram três cortes de um único objeto. Experimente propor esse jogo para alguém e veja a forma do objeto proposto.

E o que esta brincadeira de desenhos e cortes tem a ver com o ensino de Biologia Celular? Se você já imagina a resposta, é sinal de que está “entrando no ritmo” do curso.

### **CONHECER AS CÉLULAS NA ESCOLA É DIFERENTE DE FAZER PESQUISA CIENTÍFICA SOBRE ELAS**

Como sabemos, as células são estudadas utilizando muitas técnicas diferentes de microscopia. Muitas dessas técnicas, como a microscopia de transmissão, envolvem o corte do material em fatias muito finas, que depois são fixadas e coradas de diversos modos, para serem examinadas no microscópio eletrônico de transmissão. Procedimentos semelhantes (fixação, corte e coloração) são usados na preparação de tecidos para a microscopia óptica. A interpretação das imagens obtidas com essas técnicas depende da prática do observador. E esta prática depende, em grande parte, da capacidade de observação e do raciocínio abstrato do indivíduo.

Se estivermos lidando com células cuja forma é normalmente próxima à de uma esfera (ainda que de bordas irregulares) como os linfócitos sangüíneos, por exemplo, a interpretação de uma imagem como a da **Figura 2.4** é muito mais simples. Mas cortes de uma célula fusiforme (como uma fibra muscular) também podem resultar em imagens circulares. Isso se a fibra for cortada transversalmente, como ocorreu com o cilindro de ainda há pouco. É claro que imagens obtidas com microscopia eletrônica de varredura também auxiliam imensamente na compreensão do formato de células e de outros objetos microscópicos. Mas, se estivermos lidando com coisas de formatos imprecisos e

irregulares, como é o caso da maioria das células, então a interpretação de imagens de microscopia dependerá fortemente de nosso raciocínio abstrato e do exame de um grande número de imagens.

Agora deve ter ficado mais claro o nosso propósito com os desenhos de laranjas e outros objetos cortados.

## **QUANDO AS LIMITAÇÕES SE TORNAM OPORTUNIDADES**

Como você já fez a nossa sexta aula, não deve ter se surpreendido com o fato de que repetimos o título de uma seção desta aula. Em geral, quando fazemos isso, temos motivos. Esperamos que esse seja o caso agora. Vejamos.

Na introdução de nossa aula, chamamos a atenção para os limites que a infra-estrutura das escolas impõem ao estudo (ensino) de temas relacionados às células. Na segunda seção, no entanto, destacamos também o fato de que essas limitações impostas pela escola são, em grande medida, naturais, uma vez que escolas não são instituições de pesquisa científica em Biologia. Os objetivos da escola são outros, e por isso mesmo as atividades que se realizam nelas são diferentes.

Essa linha de pensamento pode ter lhe passado a idéia de que, enquanto a realidade impõe restrições às escolas, o mesmo não ocorre com a pesquisa. Só que nada pode estar mais distante da verdade. E não estamos nos referindo às severas limitações de infra-estrutura e financeiras que as equipes de pesquisa enfrentam no Brasil e no mundo. Estamos nos referindo, por exemplo, às restrições impostas pelos limites dos nossos sentidos à nossa capacidade de estudar as células, como foi discutido na Aula 1 de Biologia Celular I e na primeira aula de nosso curso. Assim como nossos sentidos nos impõem limites, nosso raciocínio abstrato nos permite avançar para além deles – o que não significa que ele também não tenha limites.

No caso de validar as hipóteses dos alunos, devemos estar atentos, como professores, para o fato de que o importante não é que os alunos proponham a experiência exata para testar a hipótese, inclusive identificando as metodologias necessárias a cada experiência, mas que percebam qual a pergunta que se quer responder, e quais seriam os princípios de uma experiência capaz de testá-la.

Da mesma maneira, no caso do estudo das células, não é importante que os alunos utilizem equipamentos complexos e caros ou executem as técnicas de histologia. O que nos parece importante é que eles percebam os princípios por trás das técnicas de estudo das células. No caso específico da introdução ao estudo da citologia, acreditamos que eles deverão perceber como são geradas as imagens de células que eles encontrarão nos LD e em outras fontes de informação que utilizamos.



Se a pesquisa enfrenta limitações no estudo da célula, e se nossas propostas de ensino buscam uma aproximação com a pesquisa, seria importante que nossos alunos compreendessem também a existência e a importância dessas limitações para a construção do conhecimento científico?

Esta pergunta foi fácil: a resposta tem de ser sim! Uma atividade pode, ao mesmo tempo permitir que os alunos conheçam tanto o potencial quanto as limitações dos recursos utilizados no estudo das células. Com isso, eles perceberão também a importância da multiplicidade de recursos e abordagens necessárias no estudo experimental de qualquer problema. Fazendo isso, estaremos retomando também o tema de nossa primeira aula: os modelos e sua importância para a estruturação do conhecimento científico. E no caso das células, esse tema merece uma atenção especial.

### **QUE CÉLULA É ESSA QUE ESTUDAMOS NA ESCOLA?**

Você deve se lembrar que, em nosso organismo, existem algumas dezenas de tipos celulares diferentes. E também que grupos de animais possuem tipos celulares característicos e inexistentes em outros seres vivos, como é o caso dos coanócitos das esponjas, por exemplo. Se incluirmos agora as plantas, os protistas e os procariontes na discussão, teremos de concluir que a palavra célula abriga uma infinidade de tipos celulares diferentes. Daí o título dessa seção de nossa aula.

O que se pode estudar na escola são as características básicas de um modelo geral de célula eucariótica. Esse modelo deve permitir que os alunos compreendam os processos vitais mais importantes que ocorrem em muitas células. Mas é impossível dar conta de detalhes morfológicos e fisiológicos da tremenda diversidade de tipos celulares existentes. Agora, entendemos que, se estudarmos um modelo geral, e potencialmente inexistente de célula, é razoável que os alunos saibam que isso está ocorrendo. E que saibam também o porquê de o fazermos desse modo. Uma das maneiras que imaginamos de fazer isso é, exatamente, desenvolvendo atividades que permitam que eles, como aprendizes, se dêem conta tanto da diversidade celular, quanto da diversidade de abordagens necessárias para estudá-las.

Uma característica comum no LD do EM é a existência de um capítulo inicial (não necessariamente o primeiro, mas um dos primeiros) sobre as técnicas de estudo das células. Há, no entanto, uma outra possibilidade que é discutir cada técnica quando ela se fizer necessária ao aprendizado. E discutir somente as técnicas realmente necessárias. Essa última abordagem evita que tenhamos de discutir com os alunos técnicas cujos princípios são complexos e que não voltarão a ser mencionadas ao longo do curso. Além do que, o estudo das técnicas em si, especialmente quando elas não são executadas pelos alunos, pode se tornar maçante.

E talvez, agora, o título dessa seção de nossa aula tenha começado a fazer sentido. Uma vez que chegamos a esse ponto, nada melhor do que tentar propor uma atividade a respeito do assunto. E no campo da elaboração de propostas ninguém é melhor do que... você! **Nosso objetivo agora é avançar na elaboração de uma proposta de atividade capaz de permitir que seus alunos conheçam técnicas (seus potenciais e suas limitações) e a importância do raciocínio abstrato no caso de trabalhos com cortes de células e tecidos (Aula 2 de Biologia Celular I).** Na verdade, acabamos de fazer uma atividade desse tipo ao longo desta aula. Mas agora queremos ir um pouco mais adiante no nosso exercício de nos colocarmos no lugar de nossos alunos.



A quantidade de informações presente nos LD de Biologia é imensa. Como professor, você será responsável pela seleção dos temas que farão parte de seu curso, como também pela ênfase dada a cada um deles. Como vimos em aulas anteriores, a ênfase em certos conteúdos pode ser determinante na formação de conceitos pelos alunos.

## ELABORAÇÃO DE UMA PROPOSTA DE ATIVIDADE

Em aulas anteriores, já apontamos a importância da coerência entre ensino de Ciências no EF e de Biologia no EM para a construção de conhecimentos corretos do ponto de vista científico. A partir da sexta série, as células entram definitivamente no conjunto de conceitos básicos para o ensino de ciências. Afinal, nessa série, de acordo com os livros didáticos, são discutidos organismos uni e pluricelulares. É claro que eles já ouviram falar, e muito, de células antes disso. Mas na sexta série, de modo geral, ou na 7ª sem muitas dúvidas, as células são trazidas para o “centro do palco”. Por isso mesmo, é bom ocupar um lugar de onde se possa vê-las bem.

Tratar de cortes histológicos usando apenas desenhos, como fizemos aqui, já exige um nível razoável de abstração e de visão espacial (tridimensional) de objetos. Isso é algo que se pode tentar no EM. Vamos agora pensar em nossos alunos do EF. Quando pertencem a uma faixa etária próxima da esperada para a série, esses alunos ainda aproveitam muito atividades com materiais concretos. Por isso, vamos elaborar uma proposta que utilize esse tipo de abordagem, o que exclui necessariamente nossa experiência com desenhos e cortes imaginários.



Imagine que você disponha apenas dos recursos existentes em uma escola qualquer e queira discutir com seus alunos a complexidade do estudo da célula. Como sua escola não fica em uma ilha deserta, você pode, é claro, incluir o uso de materiais simples em sua proposta. Considere como materiais simples coisas que sejam de baixo custo e possam ser compradas em papelarias ou mercados. Levando em conta o potencial e as limitações dessa situação, elabore uma proposta resumida para tratar do tema que destacamos nessa seção. Discuta sua proposta com os tutores e/ou seus colegas.

## A IDÉIA É COMEÇAR PELAS DIFICULDADES?

Não, a idéia não é começar pelas dificuldades. Fizemos isso para tornar a nossa aula mais interessante. Mas, no caso de nossos alunos, outras abordagens poderiam ser tentadas. Afinal, que sentido faria trabalhar com eles as dificuldades de interpretação de cortes preparados para microscopia, antes que eles tivessem qualquer idéia do funcionamento e do potencial de um microscópio simples? Ou antes que ele travasse contato com o que se pode saber sobre as células sem fixá-las, cortá-las ou corá-las? Portanto, vamos refletir agora sobre outras atividades que poderíamos realizar com nossos alunos antes de apresentá-los às dificuldades de estudo da célula. Uma boa idéia seria apresentar-lhes as facilidades existentes, não é mesmo?

Nesse caso, seria interessante mostrar a eles o que é possível saber a respeito das células usando um simples microscópio. Vamos então supor que sua escola disponha de, pelo menos, um microscópio. Ou melhor, vamos sonhar alto, e supor que sua escola dispõe de dez microscópios e que sua turma tem vinte alunos.



Localize, em seus cursos anteriores, atividades que possam ser usadas na introdução ao estudo da célula. Procure elaborar uma seqüência na qual as utilizaria com seus alunos.

Independentemente das propostas que você elaborou, ou de suas escolhas, o importante é que o aluno seja apresentado às células, perceba questões importantes da Biologia Celular. Vamos ver algumas delas, para ilustrar o tipo de questões às quais estamos nos referindo.

- Dimensões das células – se o aluno calcula o aumento proporcionado pelo microscópio que está usando (Biologia Celular, Aula 1), poderá depois usar uma régua ou fita métrica, para, mantendo-se as escalas, perceber a proporção entre as dimensões de uma célula e outros objetos de seu cotidiano. Isso pode levá-lo a se interessar pelos processos que permitem que algo tão pequeno quanto uma célula possa exercer tantas funções importantes. Alguns professores usam analogias para discutir essas proporções, como por exemplo, “se uma moeda fosse do tamanho do estádio do Maracanã, a célula que observamos teria...”

- Diversidade de tipos em função dos diversos Reinos de seres vivos existentes.
- Diversidade celular em uma mesma espécie. Nesse caso, pode-se observar lâminas coradas de diversos tipos de tecidos. Claro que isso implica discutir, de alguma forma, o uso de corantes. Se o microscópio não estiver disponível, sempre se pode contar com imagens desse tipo retiradas de livros ou facilmente encontradas na Internet.

Atividades como essas permitirão, por exemplo, mapear os conhecimentos dos alunos a respeito do tema da “Célula”. É provável que elas contribuam para despertar neles questões de diversos tipos a respeito das técnicas utilizadas, das funções das diversas células observadas. Embora um conjunto de observações como esse não possa ser feito totalmente ao acaso, é importante permitir que os alunos explorem organizadamente o material disponível.

Em muitos casos, quando se dispõe de material para isso, os alunos devem poder mesmo desmontar e utilizar as diferentes partes de um microscópio composto. Nessa exploração, os alunos perceberão os limites das lentes separadamente, e poderão se interessar por entender como o conjunto se relaciona, de modo a permitir visões tão ampliadas. Da mesma forma, eles poderão querer examinar inúmeras coisas ao microscópio, o que, de maneira geral, não apresenta problema algum, pelo contrário, costuma gerar oportunidades de discussão muito ricas a respeito, por exemplo, da importância de que a luz atravesse o objeto para que possamos ver a imagem ampliada. Desse ponto em diante, teremos potenciais desdobramentos para chegar à discussão dos limites do microscópio.

Esgotados os recursos concretos disponíveis, sempre se pode recorrer ao uso de vídeos, *slides* e outros recursos visuais e audiovisuais para tentar levar os alunos a perceberem a fascinante complexidade das células. Esses recursos são, sem dúvida, válidos e interessantes.

O que queremos sugerir é que uma exploração livre, mas organizada, do material disponível, pode servir para motivar e justificar atividades mais orientadas a serem realizadas depois. Ou, para ser mais claro, trata-se, mais uma vez, de permitir que os alunos se questionem sobre os temas a serem trabalhados, de modo a se interessarem de fato pelas atividades posteriores.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta aula, não teremos exercícios finais. Acreditamos que você já trabalhou bastante elaborando e discutindo a primeira atividade que propôs. Além disso já releu aulas de vários cursos atrás das atividades introdutórias que acabamos de discutir. Por isso podemos encerrar os trabalhos. Espere aí! Propusemos uma atividade sem apresentar um exemplo de resposta? É verdade. Fizemos isso porque não existe uma atividade única ou perfeita para atingir aqueles objetivos. A única maneira de saber o potencial e as limitações da sua proposta, no momento, é discutindo-a com seus pares. E não precisamos mais dizer quem são eles, não é mesmo?



## Aulas práticas sem laboratórios?

# AULA 3

## objetivo

Nesta aula, teremos como objetivos abordar temas iniciais de Bioquímica, aproveitando para começar a questionar o papel do professor no aprendizado de nossas disciplinas. Quando usamos o verbo questionar, não quisemos com isso "contestar" a validade ou a importância do professor, mas sim trazer para nossa aula a idéia de que há diversas maneiras através das quais este professor pode atuar. Provavelmente você entrará em contato com diversas opiniões e propostas a respeito deste assunto ao longo do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas. Cada uma destas oportunidades será valiosa. Acreditamos que essa discussão deve acontecer em vários momentos e com a participação de diversas pessoas. Como professor, você em breve precisará fazer suas próprias escolhas, e quanto maior for a diversidade de pontos de vista que conhece, mais consistente será a base de suas escolhas. E, afinal, os dicionários admitem tanto o significado de "contestar" quanto o de "discutir" para o verbo questionar...

### Pré-requisito

Na Aula 1, discutimos algumas características do ensino de Ciência e Biologia em geral e tentamos associá-las ao ensino de Bioquímica e Biologia Celular. Vimos que é importante estimular o aluno a ser ativo e participante durante o aprendizado, de modo que ele desenvolva habilidades importantes como o raciocínio abstrato, a formulação e o teste de hipótese.

## **AULAS EXPERIMENTAIS OU PRÁTICAS MESMO SEM LABORATÓRIO?**

A partir daqui, tentaremos mostrar a importância de os alunos participarem ativamente da construção de seu próprio conhecimento, mesmo quando não é possível trabalhar explicitamente com o método de formulação de hipóteses, ou pelo menos quando não for o caso da elaboração de modelos. Tentaremos questionar (de novo) também a ideia de que aulas práticas envolvem necessariamente laboratórios, tubos de ensaio e substâncias coloridas. Além disso, tentaremos apresentar um exemplo de atividade a partir do qual o professor poderá ver-se em um papel diferente daquele de transmissor de informações.

É provável que você ainda não disponha dos livros de Ciências e Biologia que mencionamos na Aula 1. É muito importante que você os obtenha antes da Aula 4, pois vamos efetivamente precisar deles em breve para as atividades que faremos juntos. Por enquanto, vamos adiantar algumas informações importantes sobre o ensino de Citologia no Ensino Médio (EM). Nas próximas aulas, voltaremos a relacionar essas informações com o Ensino Fundamental (EF), e então você precisará ter os livros em mãos.

## **CONHECENDO ALGUNS MATERIAIS DIDÁTICOS**

A maioria dos livros da 1ª série do Ensino Médio contém um capítulo inicial a respeito das principais moléculas características dos seres vivos, em especial as proteínas, os carboidratos, os lipídeos e a água. Como é comum nos livros didáticos, as biomoléculas são apresentadas em seções de um mesmo capítulo, com um título parecido com “A Química da Célula” (como passaremos a chamá-lo daqui em diante). Nesse capítulo, cada uma das principais biomoléculas tem sua estrutura química apresentada de modo sucinto e é classificada funcionalmente.

Tomemos agora as proteínas como exemplo. Comumente elas são apresentadas como polímeros de aminoácidos, cujas características fundamentais são apresentadas em associação com as explicações sobre a formação das ligações peptídicas. Em seguida, as proteínas são classificadas quanto a estrutura (fibrosas ou globulares) e funções, com especial ênfase nas enzimas. Os lipídeos e os carboidratos são tratados de modo semelhante, embora o espaço dedicado a ambos seja menor. Trata-se, portanto, de um conjunto grande de informações apresentadas em um espaço bastante reduzido.

Compreender as características gerais das biomoléculas é essencial para o estudo de temas posteriores de Citologia e Bioquímica. Este já é um bom motivo para desenvolver atividades que despertem o interesse dos alunos pela Bioquímica.

No capítulo “A Química da Célula” são apresentadas informações cuja compreensão será essencial para o estudo de temas de Citologia que virão a seguir. Embora os livros didáticos em geral se limitem a apresentar conteúdos, isso não significa que as aulas precisem, como já dissemos, ser apenas exposições de informações. Seria importante, então, que desde o primeiro momento estimulássemos o aluno a refletir sobre o assunto, de modo a prepará-lo para usar estas informações em seu aprendizado posterior. No entanto, ao fazermos a seleção dos temas mais importantes, precisamos ter algum critério. Você, ao longo de seu trabalho, certamente adotará critérios próprios. Muitos pesquisadores da área de Educação em Ciências, assim como muitos professores, acreditam que estabelecer relações entre os temas a serem estudados e assuntos próximos da realidade dos alunos contribui para despertar o interesse e motivá-los. Muitas vezes essas relações não são evidentes, mas com alguma atenção, pesquisa sobre os trabalhos realizados na área de educação e observação da realidade dos alunos, é possível estabelecer relações interessantes entre a “vida cotidiana” e a Biologia.

### **Uma aula não é a mesma coisa que um capítulo de livro didático**

Em geral, as biomoléculas são apresentadas de modo bastante direto nos livros didáticos de 1ª série do EM, com raras referências ao que os alunos já possam saber a respeito. Mas é provável que, a esta altura da vida escolar, os alunos já tenham ouvido falar delas. Basta refletir sobre aquilo que chamamos realidade dos alunos, uma expressão bastante difícil de definir, para buscar essas informações conhecidas. A realidade dos alunos não precisa ser tratada como um mundo misterioso, tampouco pode ser definida objetivamente, pois irá depender do grupo de alunos com que estaremos trabalhando. Ainda assim, é razoável admitir que não só as experiências pessoais e sociais diretamente vividas por cada um deles, mas também as informações veiculadas pelos diferentes meios de comunicação fazem parte desta realidade.

Como não podemos saber a princípio os componentes “pessoais” da realidade, podemos ao menos levar em conta aquele segundo componente: as informações disponíveis nos meios de comunicação. No mínimo, os alunos terão visto ou ouvido menções às biomoléculas em comerciais de produtos alimentícios, que costumam enfatizar a presença de nutrientes como vitaminas e proteínas entre os componentes dos produtos. Mas é também provável que eles tenham noções vagas, incompletas ou mesmo incorretas a respeito das biomoléculas e suas funções.

Um curso iniciado com atividades investigativas prepara os alunos para um ensino que não se baseia apenas na transmissão de informações.

Seria possível, então, desenvolvermos uma atividade em que os alunos pudessem investigar ativamente quais são as principais moléculas que compõem os seres vivos, bem como algumas de suas propriedades e utilidades para os organismos e, portanto, para as células que os compõem?

### **ELABORANDO UMA PROPOSTA DE ATIVIDADE INVESTIGATIVA**

Vamos supor que você não disponha de um laboratório que lhe permita estudar em detalhes, ou mesmo superficialmente, a bioquímica destas moléculas. Até porque isto provavelmente ocorrerá quando você se tornar professor. Aliás, como você deve ter percebido depois das aulas de Bioquímica e Biologia Celular, “estudar biomoléculas” é uma expressão com um significado muito amplo. Como foi visto no curso de Bioquímica I, o estudo das proteínas, por exemplo, pode envolver a determinação da estrutura tridimensional de uma determinada molécula (Aulas 20 a 24), ou das características cinéticas de uma reação enzimática (Aulas 11 a 16), ou mesmo o mecanismo de ação de uma proteína transportadora presente na membrana plasmática como foi discutido em Biologia Celular I (Aula 10). Cada um desses tipos de estudo demanda, por sua vez, equipamentos e conhecimentos teórico-práticos que não estarão ao alcance de um aluno de EM.

O estudo das biomoléculas, então, tem de ser, necessariamente, teórico? Se a resposta for afirmativa, então o único modo de os alunos conhecerem as características e funções de lipídeos, proteínas e carboidratos seria ouvindo explicações do professor? Isso seria uma pena! Como poderíamos viabilizar o desenvolvimento de atividades com aquelas características que destacamos há pouco?

Procure pesquisar nas aulas de Bioquímica e Biologia Celular se você realizou alguma atividade que pudesse ser útil na abordagem inicial das biomoléculas. Depois de rever aquelas aulas, retorne a este ponto e prossiga com seu estudo.

É provável que você tenha encontrado, logo na primeira aula de Bioquímica I, um exemplo de atividade que serviu exatamente para introduzir o tema das biomoléculas. Se o exemplo passou despercebido, seria interessante que você consultasse aquela aula para rever a proposta antes de prosseguir esta leitura.

Como você viu, naquela aula, foi realizada uma atividade com rótulos de alimentos industrializados, na qual se procurou destacar a presença freqüente e abundante das principais biomoléculas (lipídeos, proteínas, carboidratos e vitaminas) nos alimentos que consumimos.

Poderíamos, então, realizar com os alunos exatamente a mesma atividade que você realizou, construindo a tabela com os principais componentes dos alimentos?

Certamente sim! Talvez não fosse exatamente a mesma atividade, mas seria muito parecida. A construção de um quadro semelhante àquele já é uma atividade interessante, uma vez que familiariza os alunos com a confecção e a interpretação de uma importante forma de apresentação de dados em ciências: as tabelas. Mas esta atividade poderia ser desdobrada em passos mais numerosos para exercitar a capacidade dos alunos de apresentarem os resultados de suas pesquisas de forma organizada, e de analisá-los em busca de novos conhecimentos. Vamos ver uma possibilidade deste tipo de desdobramento: mãos à obra!

A atividade que estamos propondo é um pouco diferente daquela da 1ª aula de Bioquímica I. A idéia é que você prepare uma tabela das freqüências com que cada biomolécula apareceu na composição dos alimentos.

Escolha em casa 10 alimentos industrializados que tenham em suas embalagens as tabelas com seus valores nutricionais e construa uma tabela que apresente a freqüência (em valores absolutos) com que cada componente listado nas tabelas nutricionais aparece nos 10 alimentos.

Muitas atividades que realizamos durante o aprendizado no Ensino Superior (ES) podem ser adaptadas e utilizadas na escola. O material que usamos em nossos cursos representa uma importante fonte de consulta na preparação de nossas aulas futuras.



É bom guardar as suas embalagens (ou rótulos), pois dependendo do que fizermos, poderemos voltar a precisar deles.

### **“Apresentação é tudo”: negociando a execução da atividade com os alunos**

A razão de a proposta ser apresentada aos seus alunos poderia ser algo como “vamos conhecer melhor aquilo que comemos e, naturalmente, aquilo de que somos feitos?” Em outras palavras, estamos tentando mostrar que o professor terá muitas vezes de lidar com a difícil tarefa de compatibilizar os conteúdos que deseja ensinar com o interesse e a realidade dos alunos. Neste caso específico, estamos assumindo que temos de estudar as biomoléculas, e, por isso, seria interessante fazê-lo estabelecendo relações entre a nossa proposta e a realidade, procurando atender ao interesse dos alunos. Estamos sugerindo que isso poderia ser feito ao propormos que o aluno conhecesse melhor a composição e as características daquilo que ele mesmo come, portanto, daquilo que ele próprio é composto. Uma outra opção, freqüentemente usada, seria começar o estudo das biomoléculas informando esse objetivo aos alunos. Seria algo como dizer: “agora vamos conhecer melhor as moléculas que compõem os seres vivos, inclusive nós mesmos”. E em seguida passar à explicação sobre estas moléculas. No nosso caso, estamos propondo realizar algumas atividades que permitiriam aos alunos, até certo ponto, descobrir quais são as biomoléculas e algumas das funções que elas exercem em nosso organismo.

Vamos conversar um pouco sobre como poderíamos usar uma proposta desse tipo com nossos alunos antes de discutir os resultados encontrados em nossa tabela. Os alunos precisarão entender claramente a metodologia proposta. O uso de analogias é uma estratégia freqüente e útil no ensino de Ciências. No nosso caso, você poderia explicar aos seus alunos que a elaboração da tabela de freqüência é semelhante a um quadro de classificação dos times em um campeonato de futebol. Nesses quadros, a cada vitória assinalam-se três pontos para o time vencedor e nenhum para o perdedor.

De modo análogo, quando o aluno encontrar a molécula na tabela de um alimento, registra um ponto na coluna ao lado do nome. Em contrapartida, se a molécula não aparece naquele alimento, ele pode colocar um zero ou simplesmente não fazer marcação alguma naquela linha. Ao final, bastará somar o número de pontos e determinar os componentes mais freqüentes em nossos alimentos.

É claro que esta analogia sobre tabelas de campeonatos e a nossa tabela de frequências não é necessária no seu caso, mas decidimos apresentá-la apenas para ilustrar a importância de deixar claro para os alunos o método de pesquisa que estamos nos propondo a utilizar. Vamos aproveitar para falar neles.

### **Saber construir tabelas e gráficos simples é essencial para compreender os recursos de comunicação utilizados pela Ciência**

Note que, ao construir uma tabela de frequências, você, e depois o seu aluno, estarão modificando a forma de apresentação dos dados com um objetivo. Na tabela de valor nutricional presente nos rótulos, são apresentadas as proporções de cada uma das biomoléculas em cada alimento. Nossa tabela de frequências foi organizada para determinar quais são os componentes (moléculas) mais frequentes nos alimentos. Ao fazer isto, os alunos estarão utilizando sua capacidade de síntese, pois os dados de inúmeros rótulos estarão sendo organizados em uma única tabela.

A elaboração e a interpretação de tabelas contendo dados experimentais ou resultantes de uma pesquisa é uma importante habilidade a ser estimulada durante o ensino de Bioquímica e Biologia Celular.

Além disso, fazendo com que os alunos utilizem rótulos de alimentos que eles próprios escolheram, você provavelmente despertará o interesse deles para o conhecimento daquilo que consomem. Este seria um motivo para que você utilizasse rótulos de alimentos que consome para completar a tabela.

### **Explorando os resultados obtidos na primeira etapa da pesquisa: o professor como orientador**

Voltemos agora à nossa tabela. É claro que muitas informações terão sido perdidas na tabela de frequência que você construiu anteriormente (por exemplo, qual dos alimentos contém mais proteínas), mas a nossa pergunta inicial terá sido respondida: as moléculas mais frequentes em alimentos industrializados provavelmente serão os carboidratos (pode ser que você obtenha um resultado diferente, mas em geral é este que costuma aparecer).

No entanto, se examinarmos atentamente os rótulos, veremos que em todas as tabelas o primeiro item é a quantidade de calorias por porção (ou a quantidade de calorias presentes no conteúdo total da embalagem). Você sabe que as calorias não são um componente dos alimentos, mas sim uma indicação da quantidade de energia fornecida por eles. Mas seus alunos provavelmente incluirão as calorias como primeiro item na tabela de componentes. Simplesmente porque elas são, quase sempre, os primeiros componentes listados na tabela de valor nutricional.

### **Lidando com "erros" inesperados**

Do ponto de vista do nosso objetivo, que é determinar os componentes (ou moléculas) mais frequentes, a inclusão das calorias representa um erro. Se você cometeu este erro, não se preocupe. Tanto pode ter sido por distração quanto em consequência de a proposta não ter sido apresentada de um modo claro para você. De qualquer modo, é interessante rever ou pesquisar o conceito de caloria, antes de prosseguir. Este tema certamente foi discutido em Bioquímica I.

**Supondo que seus alunos tivessem incluído as calorias em primeiro lugar na tabela. O que você faria para lidar com este erro? Reflita sobre a pergunta antes de prosseguir com a leitura.**

A opção mais simples seria informar aos alunos que as calorias não são um nutrientes, e sim uma indicação da quantidade de energia que eles contêm. Você poderia, ainda, apresentar para os alunos uma definição correta de caloria, além de algumas explicações sobre como elas são medidas. Neste caso, apesar de a atividade ter sido iniciada com o desenvolvimento de uma pesquisa pelos alunos, no momento em que um problema se apresentou, coube ao professor resolvê-lo, transmitindo conhecimento. Foi isso que lhe ocorreu? Se foi, podemos seguir adiante. Se não foi, procure discutir com os tutores a sua proposta.

Nada impede que você explique o significado de calorias e prossiga com a aula. Mas existem outras possibilidades? Existem.

Vamos experimentar seguir um caminho diferente desta vez. Imagine que você está de novo diante do problema – erro – dos alunos na construção da tabela.

Uma outra possibilidade seria pedir aos alunos que explicassem o que eles imaginam que seja uma caloria. Eles provavelmente não saberão, mas muito provavelmente também estabelecerão relações imprecisas entre a palavra e a idéia de energia. Diante desta provável controvérsia, você poderá estimulá-los a pensar sobre “**de que maneiras podemos esclarecer o significado de uma palavra nova (ou de uma palavra cujo significado não dominamos?)**”.

**Pense a respeito desta pergunta.**

É muito provável que vários alunos sugiram o uso de um dicionário. E esta parece mesmo ser uma solução para o problema. Antes de discutirmos os resultados da consulta ao dicionário, você poderá estar se perguntando: “qual a diferença entre perguntar para o professor e ler no dicionário?”. Ou “nos dois casos os alunos estarão consultando alguém para lhe dizer o que ele não sabe, não é mesmo?”. É verdade. Mas este breve passo a mais talvez ajude os alunos a perceber duas coisas importantes: a necessidade da pesquisa ser realizada em diversas fontes e que uma aula de ciências não é uma seqüência de perguntas feitas pelos alunos para um professor cheio de respostas prontas. O aluno exerce o direito de propor, escolher e determinar os meios e as fontes que deve usar para resolver problemas. É claro que, para que estas atitudes se tornem habilidades de fato, precisarão ser frutíferas e usadas freqüentemente.

É interessante que as aulas de Biologia sirvam também para estimular os alunos a consultarem diferentes fontes bibliográficas em suas pesquisas.

O que você acha, a consulta ao dicionário resolveria o problema? Vejamos o que dizem dois dicionários muito conhecidos a respeito do significado da palavra caloria:

Definição 1: Unidade de energia originalmente definida como a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura de um grama de água de 14,5°C para 15,5°C. (Houaiss, 2001)

Definição 2: Quantidade de calor necessária para elevar de 14,5°C para 15,5°C a temperatura de um grama de água. (Ferreira, 2000)

É pouco provável que esta definição tenha ficado realmente clara para alunos do EF ou mesmo do EM. Embora muitas vezes seja uma solução para dificuldades com o vocabulário, a consulta ao dicionário pode ser insuficiente para esclarecer o significado de uma palavra para um estudante. O que fazer, então, se os dicionários não resolveram o problema? Desistir de usar dicionários nas aulas de Biologia e informar nós mesmos o significado das palavras?

Vamos com calma, porque a consulta pode ter sido útil, mesmo sem termos compreendido precisamente o que é uma caloria. Podemos notar que o início da Definição 1 deixa claro que a caloria é uma unidade de medida para quantidade de energia. Não será preciso uma discussão longa para que os alunos concluam que as calorias não são moléculas componentes dos alimentos, mas estão presentes nestes componentes. Da mesma forma, eles poderão perceber que caloria não é a mesma coisa que temperatura, já que ambas as definições mencionam que “calorias” são necessárias para elevar a temperatura”. Normalmente, porém, esta não é uma conclusão muito simples. Afinal, caloria remete a calor, que por sua vez pode ser facilmente associado a temperaturas elevadas.

Você poderá, é claro, voltar ao tema das calorias em um momento posterior de seu curso, mas neste momento o problema da exclusão das calorias da tabela de frequência parece razoavelmente aceitável. E, de algum modo, os alunos terão visto que calorias representam algum tipo de medida da quantidade de energia que os alimentos (ou moléculas) contêm. Esta conclusão poderá ser muito útil mais adiante.

É importante que, ao elaborarmos nosso próprio material didático, utilizemos uma linguagem precisa e acessível. O uso de um **glossário** facilita a compreensão de termos novos.

O valor energético dos nutrientes é determinado pela medida da quantidade de calor produzida pela completa oxidação (queima) de uma quantidade conhecida de alimento em uma bomba calorimétrica. O aparelho é completamente isolado para que não haja perda de calor, e a quantidade de calor produzida é medida pela alteração na temperatura de uma quantidade conhecida de água. 1Kcal é a quantidade de calor necessária para elevar em 1°C a temperatura de 1 Kg de água.

## Os resultados da pesquisa geram respostas e também novas perguntas

Resolvida a questão das calorias (pelo menos em parte), seus alunos, assim como nós, estariam diante de um conjunto de resultados que indicariam uma resposta para o campeão em termos de frequência (os carboidratos) e uma série de outros fortes candidatos a vice-campeões: proteínas, vitaminas, lipídeos (gorduras), fibras alimentares e inúmeros elementos, especialmente Sódio, Potássio e Ferro, entre outros. Como a lista dependerá, é claro, dos alimentos escolhidos pelos alunos, não temos como definir quais biomoléculas seriam mais frequentes. Este conjunto de resultados, no entanto, nos mostra claramente que alguns poucos tipos de moléculas e átomos compõem praticamente todos os alimentos que consumimos. Os alunos teriam, então, determinado quais são as principais moléculas que compõem os alimentos e, portanto, os seres vivos – já que todos os alimentos são derivados de seres vivos.

A partir desse momento, os desdobramentos da atividade poderiam ser muito variados, dependendo das perguntas feitas pelo professor e/ou pelos alunos. Vamos ver alguns exemplos:

- Por que um tipo de alimento contém mais energia do que outro?
- A energia que está nos alimentos vem de todos os seus componentes? Algum componente tem mais energia do que outros?
- Por que alguns componentes vêm listados em mg (miligramas), outros em mcg (uma abreviação comum para microgramas) e outros em “UI”?
- Como o fabricante pode saber quais são os componentes de cada alimento?
- Como se pode determinar a quantidade de cada um dos componentes?

O que procuramos mostrar com estes exemplos é que, após a conclusão da tabela de frequências, o interesse dos alunos poderá ter sido despertado para inúmeros resultados que surgiram ao longo do processo de sua elaboração. É possível, ou mesmo provável, que ao elaborar a tabela os alunos se interessem mais por essas perguntas do que pelas características ou funções das biomoléculas. Na nossa opinião, sempre que essas oportunidades se apresentarem, devem ser aproveitadas pelo professor (pelas turmas, na verdade).

Mas e os conteúdos que teriam de ser ensinados? Haverá tempo para realizar atividades sobre as questões dos alunos e ensinar “toda a matéria”? E o “programa” que o professor tem de seguir em cada escola?

Estas serão perguntas freqüentes na vida do professor. Especialmente para aqueles que refletem sobre sua prática e pensam em reformulá-la. Sobre essas perguntas, temos uma boa e uma má notícia. A má é que não existem respostas prontas. A boa é que neste momento não precisamos nos preocupar com elas e podemos continuar explorando o potencial da atividade proposta e satisfazendo nossa curiosidade.

### **Novas perguntas pedem novas respostas e novas estratégias de pesquisa**

Vamos refletir, então, sobre as duas primeiras perguntas de nossa breve lista anterior. Elas representam uma mesma dúvida, que poderia ser colocada mais ou menos assim: qual é a fonte da energia contida nos alimentos? Afinal, cada alimento é composto de diversas moléculas, mas os rótulos nada nos informam sobre quais deles fornecem as calorias.



Será que poderíamos propor alguma atividade para os alunos que nos permitisse avançar um pouco em direção à resposta?

Podemos adiantar, mais uma vez, que sim, é possível prosseguir com os mesmos materiais (rótulos) e métodos (fazendo contas simples e elaborando tabelas) e responder parcialmente a ambas as perguntas.

Para darmos continuidade ao trabalho, decidimos colocar cópias dos rótulos de alimentos que utilizamos nas últimas páginas desta aula. É conveniente que você também tenha à mão os rótulos que utilizou. Você poderá recorrer a todo este material para tentar elaborar sua proposta de atividade.

#### **Faça isto e depois prossiga.**

A menos que você ou seus alunos tenham incluído rótulos de alimentos *diet* ou *light* em suas escolhas, todos os alimentos estudados deverão conter calorias e, portanto, energia. É certo que os alunos perceberão que a quantidade de calorias está relacionada com a proporção dos diferentes componentes, já que alguns contêm mais calorias do que outros e suas composições são diferentes. A comparação de diversos rótulos provavelmente permitirá aos alunos perceber que alimentos ricos em lipídeos contêm muitas calorias e que alimentos ricos em carboidratos também são muito calóricos.

Os alimentos industrializados raramente contêm proteínas em grandes quantidades, mas, se por acaso isso ocorrer com algum alimento escolhido, será possível ver que elas também são bastante calóricas. É possível, também, que eles associem a idéia de que “comer gordura engorda” com o fato de os lipídeos conterem muita energia. Mas também é provável que eles imaginem que as vitaminas também contenham muitas calorias (energia).

Porém, diante da lista de componentes dos alimentos, as perguntas “qual destes nutrientes contém calorias?” e “qual destes nutrientes contém mais calorias?” ainda não poderão ser respondidas.

Muitas destas conclusões gerais estão corretas, como você sabe. Outras são incorretas, como no caso das vitaminas, pois estas, em geral, não são calóricas e raramente podem ser consideradas fontes primordiais de produção de energia (ATP) pelas células. Além disso, nenhuma delas pôde, até o momento, ser obtida a partir de nosso material e usando nossos métodos. Se o objetivo é desenvolver uma atividade de pesquisa com os alunos, temos de aprofundar estas discussões, sugerindo aos alunos que investiguem se estas concepções são compatíveis com as informações contidas nos rótulos.



Procure refletir e propor uma atividade simples, baseada no uso dos mesmos materiais e métodos, que permita determinar quais dos nutrientes que contêm calorias. Agora calcule a quantidade aproximada de calorias por grama fornecido por cada um deles. Examine atentamente o material disponível, formule sua proposta por escrito e somente depois continue com a aula.

Os resultados obtidos utilizando-se os rótulos como fontes de informação nunca são muito precisos, mas em geral obtêm-se valores próximos de 9,0 kcal/grama para lipídeos e de 4,5 kcal/grama para proteínas e carboidratos. Agindo de modo semelhante, será possível aos seus alunos perceberem que estes três nutrientes são componentes essenciais dos alimentos e, portanto, dos seres vivos, entre outros motivos porque são utilizados pelas células na produção de energia (que, como você sabe, é transferida em grande parte para moléculas de ATP).

Mesmo sem o uso de um laboratório, é possível desenvolver uma atividade investigativa e de pesquisa para identificar quais são as moléculas utilizadas na produção de energia pelas células.

### **Explorando ao máximo os recursos dos materiais disponíveis: o refinamento das estratégias de pesquisa vem com a experiência**

Identificamos alguns dos componentes (moléculas) dos alimentos que podem ser usados como fontes de energia pelas células. Mas, e quanto aos outros componentes, as vitaminas e sais minerais, por exemplo, contêm ou não energia? Os alimentos “vitaminados”, não seriam ricos em energia? Não é por isso que as vitaminas são tão importantes? Estas são perguntas que poderiam ocorrer aos seus alunos ao longo da discussão de uma aula como esta. O mesmo tipo de pergunta poderia ser feita a respeito de sais minerais, como o Ferro, por exemplo. Você mesmo poderia fazê-las aos seus alunos, a bem da verdade. E agora?



Seria possível prosseguir com a atividade e determinar se as vitaminas e sais minerais são ou não fontes de calorias para os seres vivos?

A resposta é, mais uma vez, afirmativa. Dá para resolver. E só com rótulos e tabelas de valor nutricional. Mas como?

Se você procurou embalagens de comprimidos ou drágeas de vitaminas, deve ter se decepcionado. Os rótulos da maioria deles não descreve o valor calórico do seu conteúdo e alguns utilizam a sacarose como adoçante ou como veículo (alguns usam amido), e nenhum deles, portanto, responde à nossa questão. Em contrapartida, se procurou resolver o problema dos sais minerais consultando embalagens de sal de cozinha ou de sal para churrasco, pode ter se saído melhor. Alguns fabricantes desses produtos indicam valor calórico igual a zero e listam em sua composição o Sódio, o Cloro e algum composto iodado.

Então, o problema desses dois íons está resolvido. Mas o que fazer com o ferro e com o potássio, por exemplo? Uma possibilidade, no caso de seus alunos, seria simplesmente informar-lhes que os outros elementos químicos tampouco possuem calorias. Isso seria um pouco decepcionante, além de não resolver o problema das vitaminas... Portanto, você terá de usar alguma outra estratégia para complementar seu trabalho.

Desta vez, vamos dar três pistas para você ganhar tempo:

1. você precisará fazer contas um pouco mais complexas;
2. você não precisará procurar outros rótulos além daqueles de que já dispõe;
3. e agora, a última pista, que certamente vai deixá-lo mais animado: você poderá usar apenas um rótulo, aquele com maior variedade de componentes dentre todos os que tiver disponíveis. E olhe que estamos afirmando isso sem saber os rótulos de que você dispõe!

Essa última atividade você terá de resolver sozinho, com a ajuda de seus colegas ou dos tutores, mas estamos certos de que você conseguirá fazê-lo, especialmente depois de todo o trabalho que realizou até aqui.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo desta aula, tentamos fazer com que você se colocasse ora na posição do seu aluno, ora na posição de professor. Ou seja, você teve de realizar as atividades, mas ao mesmo tempo pôde discutir o objetivo e as limitações de cada etapa do trabalho.

Esperamos que, ao terminar esta aula, você possa ter percebido algumas características do trabalho que desenvolvemos juntos:

- ele permite que o aluno proponha questões e elabore propostas que possam ser respondidas experimentalmente;
- nenhuma informação central para os objetivos é transmitida pelo professor, embora ele as conheça;
- o aluno utiliza habilidades importantes na construção do conhecimento científico, tais como formulação de hipóteses, realização de cálculos e comparações, organização e discussão de dados experimentais, entre outras;
- finalmente, o aluno identifica quais são as moléculas utilizadas pelas nossas células para a produção de energia (ou ATP, embora você não precisasse, e nem devesse mencionar isto para seus alunos neste momento).

## EXERCÍCIOS

1. Escolha um dos rótulos de alimentos que você utilizou durante a aula. Some os valores das massas de cada um dos componentes (em uma porção ou no conteúdo total da embalagem), mesmo daqueles que existem em quantidades muito pequenas. Ignore apenas as vitaminas, se elas forem apresentadas em unidades que não se refiram à sua massa (unidades internacionais costumam aparecer).

Compare o valor obtido após a soma, com a massa esperada (na porção ou na embalagem). O valor encontrado é igual, maior ou menor? Por quê?

2. Antes de realizar esta atividade, você precisará ter resolvido adequadamente a proposta anterior. Vale a pena falarmos agora de um outro assunto relacionado ao ensino, que é a formulação do enunciado de uma proposta de atividade. Muitas vezes, temos clareza de nossos objetivos e da natureza da atividade que desejamos que os alunos realizem, mas será que sabemos transmiti-la de modo que eles a compreendam? Lembra-se da descrição que fez da caixa-preta na Aula 1? Então... A formulação de enunciados claros é uma habilidade importante para o professor, especialmente em certos tipos de avaliação formal (provas, por exemplo), nos quais o aluno terá muitas vezes de compreender o que lhe está sendo solicitado sem ajuda. Podemos trabalhar um pouco esta habilidade desde já.

**Procure elaborar um enunciado claro de uma proposta de atividade que permita explorar suas conclusões no Exercício 1. Redija sua proposta e peça para que outra pessoa a execute sem qualquer auxílio. O resultado foi o esperado? Caso não tenha sido, reveja sua redação e peça a outra (ou à mesma) pessoa que execute a atividade.**

3. O aprendizado de Bioquímica depende muitas vezes da compreensão de conceitos científicos básicos, mas que não estão necessariamente claros para os alunos ou mesmo para nós. Uma das propostas de nosso curso é aproveitar as oportunidades disponíveis para tratar destes conceitos. Vamos fazer isso agora.

Elabore uma proposta de atividade que permita aos seus alunos perceber a diferença entre caloria e temperatura. Dica: objetos com temperaturas diferentes podem liberar a mesma quantidade de calorias, porém o tempo para que isto ocorra é diferente.

4. As fibras alimentares são compostas basicamente de celulose, um polissacarídeo composto de moléculas de glicose ligadas entre si, em uma cadeia ramificada. Sua composição química é, portanto, idêntica à do amido e à do glicogênio. No entanto, os seres humanos não possuem enzimas capazes de digerir a celulose.

Mostramos a seguir o valor nutricional de um alimento rico em fibras alimentares. Calcule agora o valor calórico desse alimento para um ser humano normal, usando os valores calóricos médios dos nutrientes calculados por você ao longo da aula.

Biscocrac – Composição nutricional (porção de 100 gramas)	
Componente	Quantidade
Carboidratos	21
Proteínas	4
Lipídeos	2
Fibras	7
Valor Calórico	99 Kcal

Compare o valor calórico obtido com aquele mostrado na embalagem. Eles são semelhantes? Por quê?

**INFORMAÇÃO NUTRICIONAL**  
Porção de 50g de arroz cru

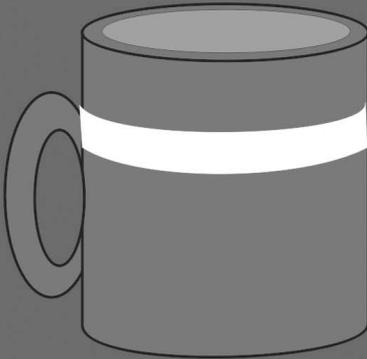
Quantidades por porção                      %VD\*

Valor Calórico	170 kcal	7%
Carboidratos	40 g	11%
Proteínas	3 g	6%
Gorduras Totais	0 g	0%
Gorduras Saturadas	0 g	0%
Colesterol	0 mg	0%
Fibra Alimentar	menor que 1 g	2%
Cálcio	12 mg	1%**
Ferro	1 mg	7%
Sódio	0 mg	0%
Potássio	50 mg	***
Fósforo	52 mg	6%
Magnésio	15 mg	5%
Manganês	0,5 mg	10%
Selênio	9 mcg	15%
Vitamina B3 (PP ou Niacina)	0,9 mg	5%
Vitamina B5 (Ác. Pantotênico)	0,4 mg	6%

\*Valores diários de referência com base numa dieta de 2500 calorias.  
\*\*Fonte não significativa de Cálcio.  
\*\*\*Não possui Valor Diário de referência especificado.

# CAFÉ BACANA

Torrado - moagem fina



O CAFÉ TORRADO BACANA é originário das regiões onde a tradição é sinônimo de qualidade. Sua pureza singular farão você redescobrir o prazer de saborear o melhor do café brasileiro.

**INFORMAÇÃO NUTRICIONAL**

Valor Calórico	0 g
Carboidratos	0 g
Gorduras Totais	0 g
Coesterol	0 g
Sódio	0 g

COOPERATIVA DE CAFÉ RAYMUNDO SEVERINO LTDA.  
USINA: Rua marobá, 333  
Belém - PA  
CNPJ.: 12345-678-910

# Aragon<sup>®</sup>



Óleo de Milho com Ômega 6

**Informação Nutricional**  
Porção de 15 ml (2 colheres de sopa)

	Quantidade por porção	%VD*
Valor Calórico	120kcal	5%
Carboidratos	0 g	0%
Proteínas	0 g	0%
Gorduras Totais	14 g	17%
Gorduras Saturadas	2 g	8%
Gorduras Monoinsaturadas	4 g	-
Gorduras Poliinsaturadas	8 g	-
Ômega 6 (Acido Linoléico)	7 g	-
Coesterol	0 mg	0%
Sódio	0 mg	0%
Vitamina E	2 mg	20% IDR

\*Valores diários de referência com base em uma dieta de 2500 calorias.  
IDR: Ingestão diária recomendada para adultos.

**GORDURA VEGETAL HIDROGENADA**

# SUPERIOR®

**PARA USO EM PANIFICAÇÃO E CONFEITARIA**

**PESO LÍQ. 1kg**  
INDÚSTRIA BRASILEIRA

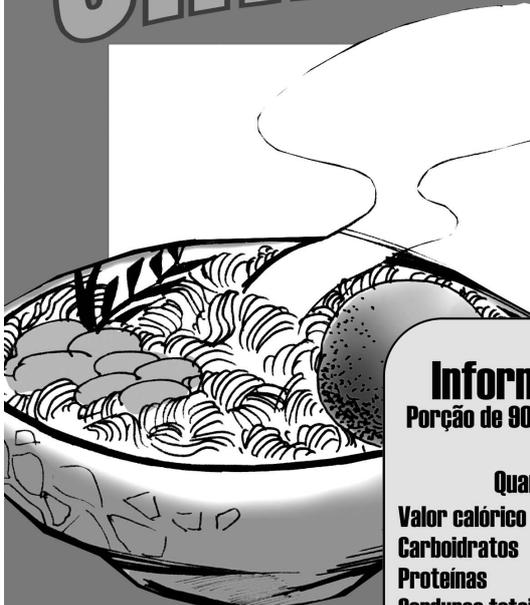
<b>Informação Nutricional</b>				
<b>Porção de 15g (1 colher de sopa)</b>				
<b>Quantidade por porção</b>		<b>%VD (*)</b>	<b>Por 100g</b>	
			<b>%VD (*)</b>	
<b>Valor calórico</b>	<b>140kcal</b>	<b>6%</b>	<b>940kcal</b>	<b>36%</b>
<b>Carboidratos</b>	<b>0g</b>	<b>0%</b>	<b>0g</b>	<b>0%</b>
<b>Proteínas</b>	<b>0g</b>	<b>0%</b>	<b>0g</b>	<b>0%</b>
<b>Gorduras totais</b>	<b>15g, dos quais:</b>	<b>19%</b>	<b>100g, dos quais:</b>	<b>125%</b>
<b>Gorduras saturadas</b>	<b>4g</b>	<b>15%</b>	<b>25g</b>	<b>100%</b>
<b>Colesterol</b>	<b>0mg</b>	<b>0%</b>	<b>0mg</b>	<b>0%</b>
<b>Sódio</b>	<b>0mg</b>	<b>0%</b>	<b>0mg</b>	<b>0%</b>

\*Valores diários de referência com base em uma dieta de 2500 calorias

**INGREDIENTES:**  
ÓLEO DE ALGODÃO E/OU PALMA, ANTIOXIDANTE BHT E ÁCIDO CÍTRICO  
CONSERVAR EM LOCAL FRESCO E SECO

**PRODUTOS ALIMENTÍCIOS SUPERIOR LTDA.**  
RUA FELIPE CARDOSO, 1550 - CRUZ SANTA  
SÃO PAULO - SP - CNPJ 01.101.101/1010-10  
INDÚSTRIA BRASILEIRA

SHINLAMEN



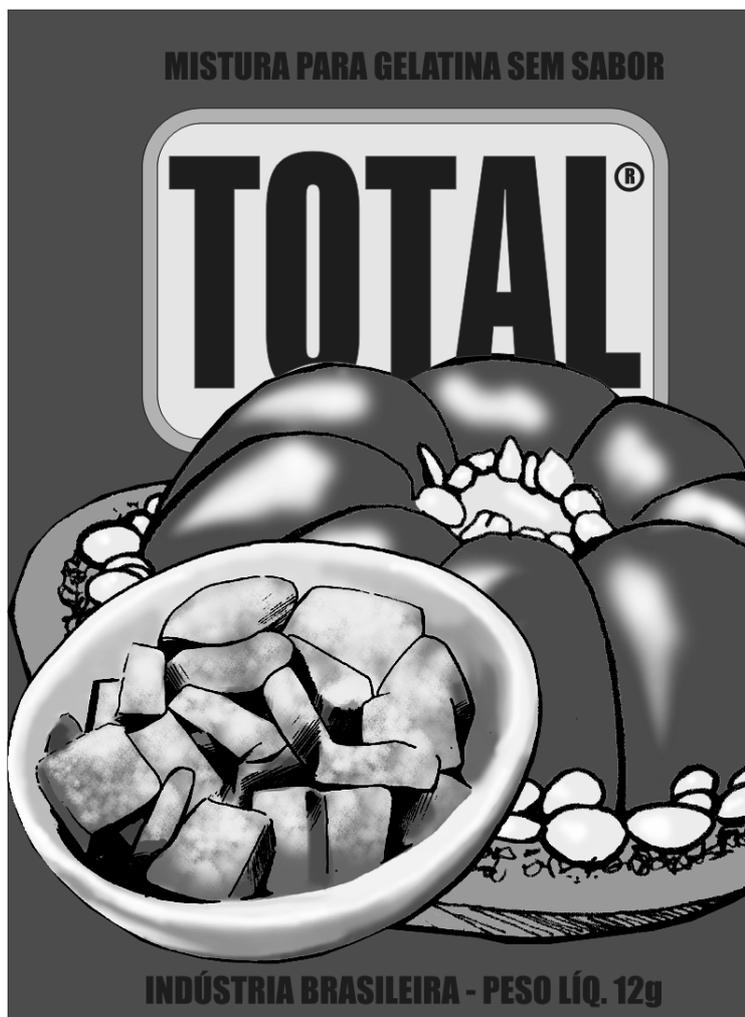
**TAJIMA - LAMEN PRODUTOS ALIMENTÍCIOS**  
Rua Toshio Mifune, 5 - São Paulo - S.P.  
CNPJ.: 1234.56.7890  
Reg. M.S.: 09.8765.4321-0

### Informações Nutricionais

Porção de 90g: 85g de macarrão e 5g de tempero

	<b>Quantidade por porção</b>	<b>% VD (*)</b>
<b>Valor calórico</b>	<b>390 kcal</b>	<b>16</b>
<b>Carboidratos</b>	<b>57 g</b>	<b>15</b>
<b>Proteínas</b>	<b>9 g</b>	<b>18</b>
<b>Gorduras totais</b>	<b>14 g</b>	<b>18</b>
<b>Gorduras Saturadas</b>	<b>8 g</b>	<b>32</b>
<b>Colesterol</b>	<b>0 mg</b>	<b>0</b>
<b>Fibra Alimentar</b>	<b>1 g</b>	<b>3</b>
<b>Cálcio</b>	<b>15 mg</b>	<b>2</b>
<b>Ferro</b>	<b>0,76 mg</b>	<b>5</b>
<b>Sódio</b>	<b>2130 mg</b>	<b>89</b>

(\*) Valores diários de referência com base em uma dieta de 2500 calorias.



### INFORMAÇÃO NUTRICIONAL

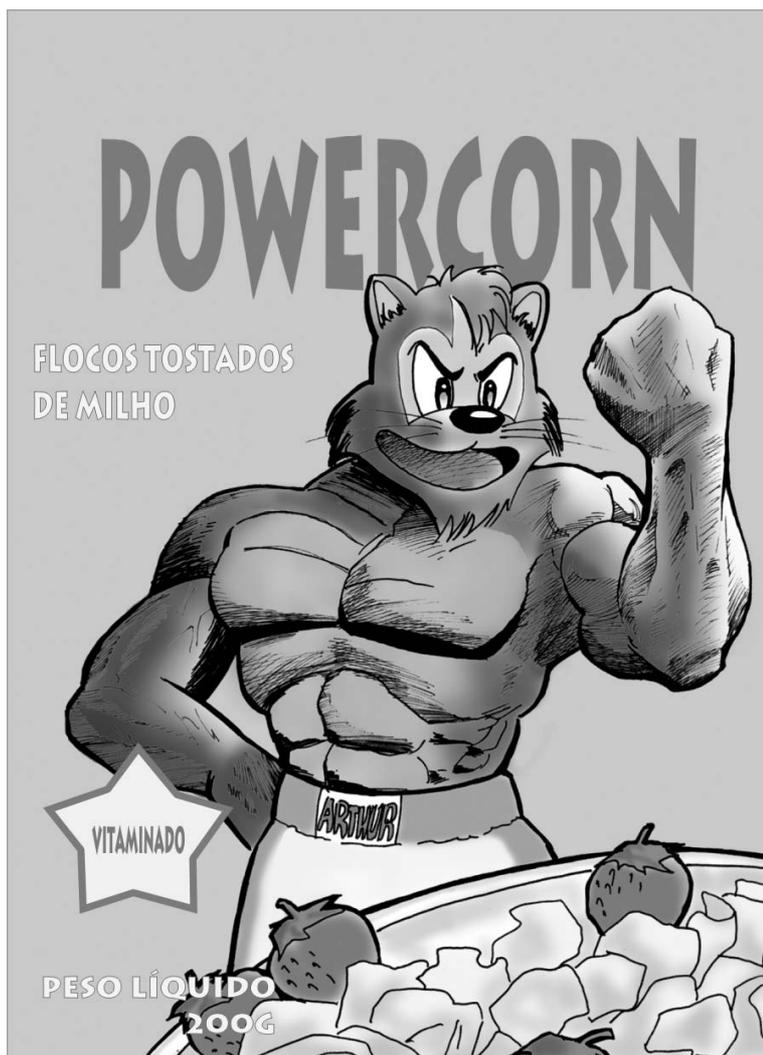
#### PORÇÃO

Pacote de 12g

	PORÇÃO	% VD*
Valor calórico	40kcal	2
Carboidratos	0g	0
Proteínas	10g	20
Gorduras totais	0g	0
Sódio	0mg	0

\*VD = valor diário de referência tendo como base uma dieta de 2500 kcal.

Conservar em local fresco, seco e ao abrigo da luz. Data de validade impressa no envelope interno.  
PRODUTOS ALIMENTÍCIOS AARON LTDA.  
Av. Areia Branca, 1500 - tel.:9991-9992  
INDÚSTRIA BRASILEIRA



INFORMAÇÃO NUTRICIONAL				
	% VDR (1)			
	100g	30g	30g+120ml de leite desnatado*	
<b>Valor Calórico (kcal)</b>	360	110 (4%)	6%	
<b>Carboidratos (g)</b>	81	24 (6%)	8%	
- Açúcares (g)	8	2 (1%)	2%	
- Amido (g)	73	22 (6%)	6%	
<b>Proteínas (g)</b>	7	2 (4%)	12%	
<b>Gordura Total (g)</b>	0	0	0	
- Saturada (g)	0	0	0	
- Monoinsaturada (g)	0	0	0	
- Poliinsaturada (g)	0	0	0	
<b>Colesterol (mg)</b>	0	0	0	
<b>Fibra Alimentar (g)</b>	3	1 (3%)	3%	
- Fibra solúvel (g)	0	0	0	
- Fibra insolúvel (g)	3	1 (3%)	3%	
<b>Sódio (mg)</b>	1100	330(14%)	16%	

(1) % com base em uma dieta de 2500 calorias de acordo com a Res. N. 40 da AVNS.  
 (\*) O uso de leite integral acresce 35 kcal, 4g de gordura e 15mg de colesterol.

	% IDR (1)			
	100g	30g	30g+120ml de leite desnatado*	
<b>Cálcio</b>	**	**	**	20%
<b>Ferro (mg)</b>	11.67	3.50 (25%)	25%	
<b>Zinco (mg)</b>	7.50	2.25 (15%)	20%	
<b>Vitamina A (µg ER)</b>	400.00	120.00(15%)	25%	
<b>Vitamina C (mg)</b>	50.00	15.00(25%)	25%	
<b>Vitamina B1 (mg)</b>	1.17	0.35 (25%)	30%	
<b>Vitamina B2 (mg)</b>	1.33	0.40 (25%)	35%	
<b>Niacina (mg EN)</b>	15.00	4.50 (25%)	25%	
<b>Vitamina B6 (mg)</b>	1.67	0.50 (25%)	25%	
<b>Vitamina B12 (µg)</b>	0.83	0.25 (25%)	70%	
<b>Ácido Fólico (µg)</b>	167.00	50.10 (25%)	30%	

MOGG'S DO BRASIL LTDA.  
 Avenida Engenheiro Gastão Rangel, 2323  
 Rio de Janeiro - RJ.  
 Reg. M.S.: 3434.343434.34

### INFORMAÇÕES SOBRE A PRÓXIMA AULA

Para a próxima aula, você deverá ter em mãos um frasco de Solução de Iodo, que pode ser facilmente adquirida em farmácias. Se possível, você deverá ter à mão alguns alimentos: maisena e farinha de trigo, sal de cozinha, gelatina sem sabor, além de pequenos pedaços de batata, grão de arroz e outros alimentos simples. Basta uma colher de sobremesa de cada um destes ingredientes. Você irá precisar também de um conta-gotas ou, se não tiver como conseguir um, de alguns canudinhos plásticos daqueles usados para beber refrescos e refrigerantes.



Uma única experiência,  
vários objetivos

AULA 4

# objetivos

Nesta aula, pretendemos com o tema das biomoléculas, comparando diferentes maneiras de realizar uma mesma atividade. Faremos isso para avaliar o quanto cada uma delas está relacionada com objetivos do professor e, portanto, com seu próprio papel no ensino.

## Pré-requisito

Ao longo desta aula, remeter-nos-emos às atividades realizadas na Aula 3. É essencial que você tenha feito os exercícios propostos e refletido sobre suas respostas após a leitura do gabarito.

## **INTRODUÇÃO**

Nas aulas anteriores, iniciamos uma discussão sobre as possíveis atitudes do professor e do aluno durante o aprendizado de Bioquímica e Biologia Celular. Sugerimos que o aluno deve ter uma participação ativa em seu aprendizado e que o professor pode atuar como um orientador deste processo. Discutimos estas questões realizando atividades com materiais simples, acessíveis e de baixo custo, através das quais pudemos determinar quais classes de moléculas que compõem os alimentos podem ser utilizadas para a produção de energia pelos seres humanos.



Caso você não se lembre, aqui está a lista de ingredientes necessários para esta aula: maisena, farinha de trigo, açúcar refinado, pedaço de batata, um frasco de iodo e conta-gotas (ou canudinhos plásticos).

Você deverá providenciar os ingredientes que pedimos na aula passada. Se você costuma estudar em casa, poderá trabalhar em um lugar perto da cozinha, ou, melhor ainda, usar a própria cozinha. Mas calma, não teremos uma aula de culinária em pleno curso de Biologia – pelo menos não ainda.

Mencionamos anteriormente que as aulas práticas não precisam envolver o uso de tubos de ensaio, soluções coloridas ou laboratórios. Agora vamos fazer exatamente o contrário disso, ou seja, discutir as diferentes atitudes de um professor diante de uma aula que envolve o uso de... tubos de ensaio e soluções coloridas (e que, ainda por cima, mudam de cor). Se você terminou o Ensino Médio (EM) recentemente ou atua como professor no Ensino Fundamental (EF), certamente já realizou atividades semelhantes às que discutiremos. Na verdade, a prática que se seguirá é uma atividade tradicional e quase obrigatória no estudo da digestão, da nutrição ou, finalmente, da citologia. Se depois de rever a lista de ingredientes você já tiver uma boa idéia do que faremos, resista à tentação de pular esta aula.

Lembre-se de que nosso objetivo não é ensinar Bioquímica ou Biologia Celular, mas discutir com você questões relacionadas ao ensino de temas destas áreas na escola. Quando estiver no ponto... ou melhor, pronto, siga adiante.

## **UMA AULA PRÁTICA, NA PRÁTICA: FAZENDO UMA EXPERIÊNCIA MUITO SIMPLES?**

Antes de seguirmos adiante, vamos fazer um pacto simples para participar desta aula: faça as atividades propostas e, quando encontrar uma pergunta ou um convite à reflexão, não prossiga com a leitura até realmente pensar a respeito do que se pede ou tentar responder às questões. As respostas das perguntas muitas vezes estão no texto, mas é importante para sua formação que você execute as atividades do modo como elas são propostas.

Agora chega de preâmbulos, vamos à nossa “aula prática”. Pegue o frasco com a solução de iodo, e pingue umas 30 gotas em meio copo com água. Daqui para frente esta “solução diluída de iodo” será chamada “iodo” (faz sentido, não?), só para simplificar. Todos sabemos que o iodo é um elemento químico e que a solução não contém somente este elemento, mas a comunicação ficará mais simples desse modo.

Coloque um pouco (bem pouco mesmo, pode ser uma colher de café) de farinha de trigo em um pratinho. Para simplificar, daqui para frente vamos nos referir somente à farinha de trigo, mas os resultados seriam os mesmo se usássemos praticamente qualquer outra farinha comestível (como farinha de mandioca, de rosca etc.).



Pingue uma gota do iodo sobre a farinha de trigo. Aconteceu alguma coisa diferente após a mistura? O quê? Esta é uma daquelas perguntas sobre as quais você deve refletir antes de prosseguir.

O que você acabou de observar é uma simplificação do que você fez na aula prática de Bioquímica I, quando usou um reagente para detectar o produto da reação da fosfatase alcalina. Que resultados você observou? Consulte agora a tabela de **valor nutricional** da farinha de trigo e identifique seus componentes (fornecemos uma tabela destas na **Aula 3**, mas se você tiver uma embalagem de farinha à mão, poderá comparar sua tabela com a nossa). Você deve ter constatado (se já não sabia) que ela é composta essencialmente de \_\_\_\_\_. Logo, podemos concluir que o iodo reage com os \_\_\_\_\_ de algum modo, que no momento não importa, mudando de cor.

Normalmente, esta breve atividade é realizada pelos professores de Ciências, que informam aos alunos que o iodo reage com o \_\_\_\_\_, mudando de cor. Em seguida, em especial na 7ª série do EF, durante o estudo da nutrição humana, o professor e os alunos “testam” a presença de amido em diversos alimentos, pingando gotas de iodo sobre eles: nos alimentos em que houver mudança de cor, pode-se “concluir” que o amido está presente. Esta é uma maneira muito comum de levar os alunos a “descobrir”, através de “experiências”, a composição de seus alimentos.

### **Determinando a composição química de alguns alimentos?**

Note que colocamos as expressões “testam”, “concluir”, “descobrir” e “experiências” entre aspas no parágrafo anterior (e também neste). Por que fizemos isto? Vamos examinar mais de perto esta nossa experiência e, sobretudo, a validade de nossas conclusões.

De acordo com a tabela de valor nutricional da farinha de trigo, ela é composta essencialmente de \_\_\_\_\_. Como o \_\_\_\_\_ é um carboidrato e a farinha de trigo contém essencialmente \_\_\_\_\_, ao pingarmos o iodo nos alimentos e observarmos uma mudança de cor, pudemos estar seguros de que isto ocorreu porque nosso reagente “detectou” a presença de \_\_\_\_\_. Esta é uma conclusão que pode tranquilamente ser atingida pelo professor e pelos alunos. Pode mesmo?

Se você respondeu que sim, vamos propor um teste para sua conclusão. Se respondeu que não, o teste servirá também para investigar se seu raciocínio foi mesmo coerente. Consulte as tabelas disponíveis na aula anterior e localize um outro alimento composto somente de \_\_\_\_\_. Lá está ele, o açúcar refinado. Será que, ao pingarmos uma gota de iodo sobre o açúcar, deverá ser observada uma mudança de cor semelhante à que ocorreu com a farinha de trigo? Faça isso. Repita este procedimento com a maisena.

#### **Houve mudança de cor? Por quê?**

No caso do açúcar, houve mudança de cor? E no caso da maisena? Um dos motivos da diferença encontrada estará, literalmente, escrito nas embalagens. Consulte o rótulo da maisena e identifique os ingredientes utilizados em sua produção. A maisena é composta essencialmente de \_\_\_\_\_ (que, embora seja a substância predominante na farinha de trigo, não é a única). Já o açúcar é composto de sacarose (isto pode não estar escrito no rótulo, mas ou você já sabia há muito tempo ou deve ter visto na Aula 33 de Bioquímica I). Mas, quando usamos a farinha de trigo, não dispúnhamos da informação de que esta era composta de amido. Ou melhor, nós sabíamos disso, mas se a atividade fosse realizada com alunos, eles teriam apenas informação de que ela continha carboidratos, obtida na tabela de valor nutricional. É verdade que nossos alunos poderiam saber (e mesmo nos dizer) que os carboidratos não são os mesmos, pois eles sabem que o açúcar é doce e a farinha de trigo não.

Na verdade ambos são carboidratos que contêm glicose em seus componentes. De fato, o amido contém somente glicose, mas não é doce. Mas esta curiosa contradição fica para outra ocasião.

A conclusão de que o iodo reage somente com o amido está correta, é verdade, mas só foi possível nos aproximarmos dela quando utilizamos outro carboidrato em um segundo teste (como fizemos com o açúcar) e em seguida realizamos o teste com o amido puro (maisena). Antes disso, a especificidade da reação do iodo com o amido teria sido uma informação transmitida pelo professor e não uma conclusão possível a partir dos resultados da experiência.

Então, por que não usarmos a maisena desde o início, já que o rótulo contém explicitamente a informação de que ela é composta de amido de milho? Isto não dispensaria todos os outros testes, sem necessidade de transmitirmos qualquer informação?

Esta linha de raciocínio está correta, em princípio. E vale a pena compará-la com a proposta dos diversos testes sucessivos. Pois talvez cada uma delas reflita uma visão diferente a respeito do ensino. Vamos “dissecá-las” então?

No primeiro caso, o do uso exclusivo da maisena, a conclusão a respeito da especificidade do iodo como indicador de amido teria sido direta e decorreria da atividade deles. Assim, acreditamos que esta estratégia associada à leitura meticulosa do rótulo é mais rica do que o uso da farinha associado à transmissão de informações.

No caso dos testes sucessivos, o fato de termos testado o iodo primeiro com a farinha, depois com um outro carboidrato (a sacarose) e finalmente com a maisena reforçou a validade de nossa conclusão a respeito da capacidade do iodo de detectar somente o amido. Esta seqüência é especialmente interessante quando decorre de questionamentos dos alunos ou quando é proposta por eles a partir de questionamentos feitos pelo professor. De uma certa maneira, os alunos estariam entrando em contato com a idéia de controles experimentais, com a qual você vem lidando desde a aula prática de Bioquímica I.

Note que, em ambos os casos, o uso exclusivo da maisena ou a realização de testes sucessivos, o conteúdo a ser aprendido é o mesmo: determina-se que o iodo é um indicador de amido, e usa-se este indicador para identificar alimentos que contêm aquele carboidrato.

Muitas atividades que realizamos durante o aprendizado no Ensino Superior (ES) podem ser adaptadas e utilizadas na escola.

O material que usamos em nossos cursos representa uma importante fonte de consulta na preparação de nossas aulas futuras.



Sendo assim, qual das abordagens lhe parece mais eficiente no estímulo à reflexão por parte dos alunos?

Refleta sobre essa questão e prossiga com a aula. Perceba que não há uma resposta correta, apenas quisemos estimular sua reflexão sobre a importância e os limites das experiências no ensino.

### Questionando mais uma vez o rigor de nossas conclusões

Podemos agora ir ainda um pouco além na discussão de nossa conclusão de que o iodo reage somente com o amido. Mesmo você sabendo que ela está correta, e está, reflita sobre a pergunta a seguir.

**Ela pode ser obtida a partir das duas experiências que discutimos (pingar iodo primeiro na farinha de trigo, e depois também no açúcar e na maisena ou pingá-lo somente na maisena?).**

Se você respondeu que sim, vamos testar, em teoria, a consistência de sua resposta. Se respondeu que não, esteja certo de que prosseguir com a aula vai servir para aprofundar a sua resposta. Se a conclusão sobre o iodo for válida, ao pingá-lo em um pedaço de batata e observar a mudança de cor, poderíamos estar certos de ter detectado amido.

Vamos agora complicar um pouco a sua vida. Suponha que, após pingar o iodo na batata, um aluno tenha feito uma pergunta bastante simples:

“Como eu posso saber se o iodo está reagindo com o amido e não com as proteínas da batata?”

A batata não vem com uma tabela de valor nutricional. Você tem como responder à pergunta? Se lhe ocorreu que seria bom ter à mão a tabela que acabamos de mencionar, aqui vai ela.

**Tabela 4.1:** Composição Nutricional aproximada de 100g de Batata-inglesa.

Valor Nutricional da batata inglesa	
Calorias	85 Kcal
Proteínas	2,0
Gorduras	0,1
Carboidratos	19,1

Pois é, a batata contém proteínas... além de gorduras. Para falar a verdade, a pergunta anterior poderia ser feita trocando as “proteínas” por “gorduras”. Para completar, podemos lhe garantir que a quase totalidade dos carboidratos presentes na batata é, de fato, composta de amido. Mas temos como responder à pergunta sem recorrer à transmissão de informações? Sem dizer que o iodo só reage com o amido?

**Refleta sobre esta questão e depois prossiga.**

A questão que fizemos tem uma resposta: dificilmente. Não podemos afirmar que o iodo reagiu com o amido, simplesmente porque o fato de o iodo ter reagido antes com o amido não garante que ele não possa reagir também com proteínas, gorduras ou... vitamina C, ou seja, o fato de o iodo ter mudado de cor ao ser pingado na batata indica, mas não garante, que ela contém amido. E agora, teríamos de dizer aos alunos que a reação do iodo é específica (como de fato é)? Depois de tanto esforço, nos vemos forçados a retornar ao modelo de transmissão de informações. Se você acha que este é o caso, procure pensar na questão seguinte.



Se em ambos os casos recorremos à transmissão de informações, haveria diferença entre pingar o iodo na batata, arroz, farinha de trigo, mandioca (e tantos outros alimentos que contêm amido) ou simplesmente dizer aos alunos que esses alimentos contêm amido?

Vamos deixar esta pergunta de lado por enquanto.

Como é que é? Fizemos uma pergunta e agora dizemos que vamos deixá-la de lado? Então, para que a fizemos?

Acontece que, no momento, o que nos interessa não é tanto a sua resposta para a pergunta, mas o fato de que você tem à mão o material necessário para organizar uma experiência mais rigorosa, de modo que nossas conclusões a respeito da especificidade do iodo tenham maior validade.



Proponha, com base apenas no material disponível (alimentos e rótulos), uma maneira de investigar suas observações mais a fundo. Sim, você já viu enunciados como este antes... E ainda verá muitos outros.

### Utilizando o conhecimento prévio e ampliando a validade de nossas conclusões

Se você propôs testar o iodo com alimentos que não contêm amido, teve uma boa idéia. O único problema é que as tabelas nutricionais não discriminam a presença de amido, apenas de carboidratos. A presença de amido tampouco é discriminada entre os ingredientes de cada alimento.

Se você propôs consultar as tabelas de valor nutricional e testar o iodo com os alimentos que contêm apenas um componente, então chegou a uma proposta aparentemente válida. Se o iodo não reagir com nenhuma das outras principais biomoléculas, então sua especificidade estará um pouco mais assegurada, não é mesmo? E já que propôs o teste, nada melhor do que executá-lo.

Identifique os alimentos compostos de um único tipo de molécula e faça os testes com o iodo. Para ajudar, propomos que você preencha a tabela adiante com os seus resultados. Nós estaremos esperando por você no próximo parágrafo.

**Tabela 4.2:** Reação do iodo com diferentes biomoléculas.

Nome do Alimento	Componente	Reação com iodo*

\* Coloque um sinal (+) se houver reação e um sinal (-) se não houver.

Como você deve ter notado, o iodo realmente só reagiu com aquele famoso carboidrato, mas não com as outras biomoléculas. Nesse sentido, o conjunto de nossos resultados corrobora a conclusão de que **o iodo é um indicador específico para um único tipo de carboidrato, o amido**. E agora, podemos estar absolutamente seguros dela?

Não, não podemos. Testar diversas outras moléculas com o iodo, em especial aquelas que já sabemos que compõem nossos alimentos, permite-nos apenas afirmar com razoável segurança que o iodo está detectando a presença de amido nos alimentos com os quais reage. Na prática, porém, a menos que seja descoberta uma nova molécula que reaja com o iodo, nossa conclusão é válida. Este, aliás, seria um bom momento para discutir exatamente a questão dos limites do

conhecimento científico, que, a princípio, pode se modificar em função de novas questões, experiências ou descobertas. Nunca é demais lembrar que certeza absoluta é uma expressão bastante complicada para usar em relação a resultados experimentais e ao conhecimento científico. E isto não é algo que nossos alunos precisam saber?

## O QUE SÃO CONCLUSÕES CONSISTENTES?

Voltemos agora à nossa discussão sobre o ensino das biomoléculas. Na aula anterior, sugerimos algumas perguntas que poderiam ter sido feitas pelos alunos. Algumas delas ficaram em aberto. Se você reparar bem, a atividade que acabamos de realizar serviria para começarmos a responder a uma delas.

**Quais seriam elas? Que respostas teríamos para elas neste momento?**

Quando um professor propõe uma atividade usando o iodo como indicador, ele sabe de antemão que o iodo só reage com o amido. Nós, que escrevemos esta aula, por exemplo, já sabíamos. Você talvez já soubesse. Acreditamos, no entanto, que existe diferença entre as abordagens que discutimos aqui. Voltemos então àquela pergunta que deixamos de lado agora há pouco.

Na primeira abordagem, em que pingamos o iodo na farinha de trigo e analisamos os alimentos em seguida, teria sido possível **demonstrar** como é possível determinar um dos componentes dos alimentos, o amido. Ou seja, teria sido possível determinar quais alimentos contêm amido e quais não contêm. Mas uma informação importante (a especificidade da reação do iodo com o amido) teria sido em grande parte transmitida aos alunos.



Então, se em ambos os casos recorremos à transmissão de informações, não há diferença entre fazer a prática ou dizer aos alunos que há amido em tais e tais alimentos?

Acreditamos que há, como já dissemos. Quando usamos o iodo, houve um esforço de mostrar aos alunos como tais informações podem ser obtidas experimentalmente. A transmissão da informação limitou-se, embora isso não seja pouco, à especificidade da reação. Em alguma medida, é claro, nos vimos “forçados” a solicitar aos alunos que aceitassem informações.

Na abordagem em que utilizamos alimentos compostos de um único tipo de molécula, introduzimos uma noção inicial de controle experimental. Ou, como se costuma dizer nas experiências com reações que envolvem indicadores, utilizamos controles e “brancos”. Os “brancos” são aquelas condições experimentais em que não deve ocorrer reação, daí serem chamadas brancos, já que não seria detectada a cor resultante da reação. São estas condições que nos asseguram a especificidade das reações que utilizamos. Se achar importante, reveja a prática de Bioquímica I para recordar esses conceitos.

### **Fazer perguntas e estimular o aluno a fazê-las: é importante abrir espaço nas aulas para as especulações**

Na verdade, as perguntas que fizemos para você a respeito da reação com o iodo poderiam ter aparecido em pelo menos duas situações e cada uma delas teria um significado diferente.

Um aluno interessado ou atento poderia ter feito qualquer uma de nossas perguntas para você, professor. Muitas vezes, as aulas práticas são repetidas por professores sem uma reflexão sobre o significado real das experiências e das conclusões que elas envolvem. E, por isso mesmo, diante de perguntas básicas dos alunos, o professor se vê obrigado a retornar ao papel de transmissor de informações a serem apreendidas, ainda que a contragosto.

No entanto, você mesmo, como professor, poderia colocar as questões que abordamos aqui para seus alunos, de modo a orientá-los na percepção não apenas da importância dos brancos e controles, mas também dos limites de uma experiência. Isso certamente contribuirá para que percebam que o conhecimento científico nem sempre, ou quase nunca, aparece em consequência de uma única experiência, feita por uma única pessoa. Como conversamos na primeira aula, o conhecimento novo se baseia em novas evidências e no conhecimento anterior, ainda que seja para contestá-lo.

Voltemos agora à idéia de usar apenas a maisena, composta exclusivamente de amido, desde o primeiro momento. Isso deixaria claro que o iodo reage com o amido, sem sugerir que ele possa reagir com carboidratos em geral, não é mesmo? Mas, se você voltar à nossa pergunta sobre a batata, verá que os principais problemas não teriam sido resolvidos: o fato de o iodo reagir com o amido não exclui necessariamente que ele reaja também com outras biomoléculas. Ou seja, a maisena não resolve o problema.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esperamos que você tenha percebido que uma mesma atividade pode ser utilizada com diferentes enfoques. No momento de organizar, criar ou escolher as atividades que você realizará com seus alunos, tenha em mente os objetivos que pretende atingir com cada atividade e com o seu curso como um todo. É importante não tratar como sinônimos objetivos e conteúdos a serem aprendidos. Uma coisa é esperar que os alunos aprendam quais são as biomoléculas predominantes no diferentes tipos de alimentos, outra bem diferente (mas não antagônica) é esperar que além disso eles desenvolvam habilidade de argumentação, de sistematização, análise e discussão de protocolos e dados experimentais. Da mesma forma, levar os alunos a entender os princípios das técnicas utilizadas na detecção de biomoléculas em misturas é uma informação a mais, que pode ser aprendida através da transmissão ou de experiências.

## DICAS PARA UM FUTURO PROFESSOR

Existem reagentes comercialmente disponíveis que “detectam” a presença de algumas das várias biomoléculas mais importantes em solução. Muitos deles têm custo elevado e a mudança de cor só pode ser detectada por colorímetros ou espectrofotômetros.

Outros, como o Reagente de Benedict, custam relativamente barato em firmas especializadas. Ele é muito útil nos estudos iniciais de Bioquímica, pois, após fervura, sofre intensa mudança de cor em presença de... Quase que voltamos, a contragosto, à posição de transmissores de informações. Nos exercícios, você poderá conhecer melhor o bendito “Benedict”. De qualquer modo, é bom saber que com ele e com o iodo você poderá explorar (e muito) diversos temas de Bioquímica em sala de aula.

Uma coisa que gostaríamos que você tivesse percebido é que tentamos manter alguma coerência na seqüência das aulas que apresentamos até aqui. Começamos apresentando uma proposta de ensino de Biologia. Em seguida, discutimos atividades coerentes com aquela proposta e que permitem identificar as principais biomoléculas e algumas de suas funções mais importantes (produção de energia). Na aula de hoje, procuramos esclarecer, ainda que de modo simplificado, como é possível determinar a presença destas moléculas “invisíveis” em soluções, ou seja, fizemos um pouco daquilo que mencionamos na primeira aula: tentamos ver o invisível através da análise dos resultados de experiências organizadas.

Se os termos “colorímetros” e “espectrofotômetros” lhe soarem desconhecidos, reveja a aula prática de Bioquímica I.

Gostaríamos de lembrar que o ensino de qualquer disciplina não precisa ser feito de modo fragmentado. A “matéria” a ser ensinada não precisa, e, em nosso entender, não deve, ser dividida em partes isoladas, sem relação entre si. Certamente, o aluno terá mais facilidade em participar dos trabalhos se houver uma coerência na seqüência das atividades. Esta seqüência, em muitas circunstâncias, poderá se formar como resultado dos questionamentos e do interesse da turma. Especialmente se eles forem estimulados a participar ativamente do trabalho. Vale a pena ter em mente também que cada aluno terá aulas de diversas disciplinas no mesmo dia e de um grande número delas em cada série. Por isso mesmo, acreditamos que a coerência interna de seu curso pode contribuir para que o aprendizado ocorra de forma mais consistente.

A seqüência que seguimos até aqui poderia, por exemplo, ser usada no começo do estudo da nutrição, típico da 7ª série do EF. Poderia ainda ser usada na 1ª série do EM, como fizemos aqui, para prosseguir com o ensino das biomoléculas. De qualquer modo, tentamos mais uma vez ressaltar a importância de o aluno manter sua postura investigativa (mas organizada) e da importância do professor na colocação de questões e na orientação dos trabalhos.

Esperamos que o resultado das comparações que fizemos leve você a perceber o quanto o modo como um professor concebe suas atividades pode influenciar o aprendizado de seus alunos, e, ao mesmo tempo, reflete suas concepções a respeito do ensino de ciências.

## EXERCÍCIOS

1. Suponha que você tenha preparado tubos contendo soluções descritas na segunda coluna da Tabela 4.3, e em seguida pingou uma gota de um único indicador (biureto, reagente de Benedict ou iodo) em cada tubo. Analise os resultados obtidos e determine, se possível, qual das moléculas é detectada por cada um dos três indicadores.

Tabela 4.3: Resumo dos resultados experimentais.

Tubo	Conteúdo	Reagente	Reação
1	Água + Açúcar (sacarose)	Biureto	-
2	Água + Gelatina (proteína)	Biureto	+
3	Água + maisena (amido)	Biureto	-
4	Água + Açúcar (sacarose)	Benedict	+
5	Água + Gelatina (proteína)	Benedict	-
6	Água + maisena (amido)	Benedict	-
7	Água + Açúcar (sacarose)	iodo	-
8	Água + Gelatina (proteína)	iodo	-
9	Água + maisena (amido)	iodo	+

2. Refaça agora a questão 1, levando em conta que você dispõe também dos tubos descritos na Tabela 4.4.

Tabela 4.4: Resumo dos resultados experimentais.

Tubo	Conteúdo	Reagente	Reação
A	Água	Biureto	-
B	Água	iodo	-
C	Água	Benedict	-

3. Suponha agora que você tenha proposto uma aula prática para uma turma de 15 alunos de 7ª série, na qual eles deveriam determinar a composição da saliva. Para isso, eles deveriam preparar os tubos contendo soluções idênticas às da questão anterior, além de três tubos contendo saliva (que obviamente contém água). Eles se dividiram em grupos, e cada grupo preparou os tubos destinados aos testes com um indicador. Por exemplo, o Grupo A preparou os tubos 1, 4, 5 e 6, para que neles fosse pingado o Biureto, e assim por diante. Quando os tubos ficaram prontos, eles utilizaram os indicadores, obtendo os resultados descritos na Tabela 4.5. Com base exclusivamente nos resultados obtidos, seria possível determinar qual molécula, além da água, estaria presente na saliva?

**Tabela 4.5:** Resumo dos resultados experimentais.

Tubo	Conteúdo	Reagente	Reação
1	Água	Biureto	-
2	Água	iodo	-
3	Água	Bendict	-
4	Água + Açúcar (sacarose)	Biureto	-
5	Água + Gelatina (proteína)	Biureto	+
6	Água + Maisena (amido)	Biureto	+
7	Água + Açúcar (sacarose)	Benedict	+
8	Água + Gelatina (proteína)	Benedict	-
9	Água + Maisena (amido)	Benedict	-
10	Água + Açúcar (sacarose)	iodo	-
11	Água + Gelatina (proteína)	iodo	-
12	Água + Maisena (amido)	iodo	+
13	Saliva	iodo	-
14	Saliva	Benedict	-
15	Saliva	Biureto	+

4. Deixando um pouco de lado a Bioquímica e a Biologia Celular, e pensando em você como professor, que alterações você proporia na organização da turma para a atividade anterior, de modo a minimizar os riscos de obter resultados contraditórios, como aqueles descritos na Tabela 4.5? Releia com atenção o enunciado da questão anterior, para poder compreender como a proposta foi executada pelos alunos.

## Elaboração de protocolos experimentais

# AULA 5

## objetivos

Nesta aula, discutiremos outras propostas de atividades práticas, mas com objetivos diferentes. Esperamos que ao final você seja capaz de elaborar uma proposta de aula, identificando os conhecimentos prévios necessários à sua elaboração, bem como delimitando os objetivos compatíveis com sua proposta.

### Pré-requisitos

Nas aulas anteriores, exploramos o potencial de atividades práticas de diferentes tipos, aproveitando para questionar (lembra deste termo?) o papel do professor em cada uma destas atividades. Ao mesmo tempo em que fizemos isso, procuramos apresentar algumas sugestões de atividades que podem ser utilizadas no ensino de temas básicos de Bioquímica. Tentamos também manter uma seqüência coerente entre as atividades. Para prosseguir com o curso, você deve, em cada uma das aulas anteriores, ter:

- Refletido sobre as questões apresentadas.
- Desenvolvido as atividades propostas.
- Realizado os exercícios propostos.

## INTRODUÇÃO

Nas aulas anteriores, procuramos propor atividades partindo do princípio de que sua seqüência poderia surgir a partir dos questionamentos feitos pelos alunos. Tanto foi assim que na Aula 4 abordamos duas questões propostas na Aula 3. No entanto, também chamamos a sua atenção para o fato de que existe um conjunto de temas da Biologia que seriam considerados (a princípio) característicos de cada série, e que, portanto, fazem parte do programa destas séries. Ou seja, procuramos trabalhar com uma situação de ensino na qual existiria um programa mínimo a ser seguido em cada série.

Igualar um programa de curso a uma listagem (ou seqüência) de conteúdos a serem ensinados empobrece bastante o significado da idéia de programa. Um programa de curso, ou de modo mais geral, um currículo de Ciências ou de Biologia inclui muito mais coisas do que os conteúdos a serem tratados. Ele inclui, por exemplo, habilidades que podem ser desenvolvidas pelos alunos ao longo do aprendizado, entre outras coisas. Porém, mesmo quando falamos dos conteúdos de um programa, podemos nos deparar com formas muito diversas de escolhê-los e trabalhar com eles. O modo como eles são ensinados varia de acordo com a visão do professor. Existem desde visões centradas na determinação precisa da seqüência de conteúdos até outras nas quais os modos de ensinar são mais importantes do que conteúdos predefinidos e sua seqüência. Há mesmo visões mais radicais nas quais os conteúdos não podem ser definidos *a priori* pelo professor, porque dependem totalmente das demandas das turmas e das questões propostas por eles. Cada uma destas visões está relacionada também a uma visão do ensino de Ciências.

Para desenvolver nosso curso, porém, assumiremos uma situação modelo, bastante comum, talvez a mais comum, nas escolas. Consideraremos que o professor trabalha uma situação em que se espera que um conjunto (ainda que mínimo) de temas/conteúdos de Biologia seja ensinado em cada série. No momento, não vamos nos estender nas definições, questionamentos ou críticas das diferentes concepções de programas de curso. Você terá oportunidade de tratar destes temas em outras disciplinas de seu curso de Licenciatura em Ciências Biológicas. No caso de nossa disciplina, vamos admitir uma situação modelo em que existem conteúdos a serem ensinados em cada série.

E como determinar quais seriam os conteúdos característicos de cada série? Não existe uma resposta única para esta pergunta. Voltaremos a este tema na próxima aula. No nosso curso, porém, temos adotado até aqui uma seqüência bastante compatível com os temas iniciais presentes nos livros didáticos da 7ª série do EF, mas compatível também com a 1ª série do EM. Para determinar estes conteúdos típicos, tomamos como referência os livros didáticos destas

séries, razão pela qual pedimos a você que os tivesse ao alcance das mãos. Você certamente já precisou deles antes, e precisará deles agora, para participar das atividades desta aula.

## Revedo os conteúdos de nossas aulas anteriores

Até o momento, podemos admitir que, realizando as atividades propostas, os alunos teriam sido capazes de atingir os seguintes objetivos:

- determinar quais são as principais biomoléculas;
- identificar funções importantes de algumas delas (produção de energia);
- compreender os princípios das técnicas que permitem detectar sua presença em soluções.

Estes objetivos tanto serviriam para introduzir o “Estudo da Célula” (1ª série – EM) quanto a “Nutrição Humana” (7ª série – EF). No primeiro caso, estaríamos estudando os componentes dos seres vivos, portanto, de suas células, e, no segundo, estudaríamos os componentes de nossos alimentos e algumas de suas funções. Reflita um pouco e verá que os dois assuntos estão intimamente relacionados, pois, como se costuma dizer, “somos aquilo que comemos”.

Tendo realizado as atividades de auto-avaliação e lido as aulas anteriores com calma, você terá percebido que outros temas poderiam ter sido abordados como desdobramentos das atividades propostas. Entre esses temas estão as funções das vitaminas e sais minerais, a simbiose na digestão dos alimentos... Reflita e identifique outros temas que você poderia relacionar às atividades que discutimos.

Nesta aula, vamos escolher uma das situações de ensino que mencionamos há pouco, propondo o seguinte cenário:

1. estamos trabalhando com turmas de 7ª série com alunos na faixa etária próxima da esperada para esta série;
2. realizamos com os alunos as atividades discutidas até aqui;
3. finalmente, queremos continuar realizando “atividades práticas”.

Ao continuarmos, seria bom também que as próximas atividades envolvessem a participação ativa dos alunos, como vínhamos fazendo (ou tentando fazer) até aqui. Para completar, se quisermos ser coerentes com nossa primeira aula, seria importante que os conhecimentos adquiridos nas aulas anteriores fossem úteis nas aulas seguintes. Inclua no seu exercício de imaginação o fato de que a escola em que trabalhamos dispõe de um laboratório simples (bancadas, pias, tubos de ensaio, pipetas etc.).

Diante de todos estes dados, fica a pergunta: que seqüência (de atividades e conteúdos) poderíamos seguir para manter a coerência de nosso curso?

**Analise a seqüência de conteúdos em seu livro didático de 7ª série, em especial dos capítulos relacionados à Nutrição, e procure identificar conteúdos sobre os quais poderíamos trabalhar com nossos alunos, levando em conta o cenário que escolhemos. Discuta suas propostas com seus colegas e com os tutores. Faça o mesmo com o livro de 1ª série do EM em relação ao estudo das Biomoléculas. Em seguida, prossiga.**

Em muitos livros didáticos, o tema da Nutrição Humana está relacionado à digestão. Em geral, as propriedades e funções das diferentes biomoléculas são tratadas em um capítulo e a digestão no capítulo seguinte. O ensino da Digestão envolve necessariamente o tema das enzimas digestivas. É claro que não se limita a isto, tratando de outros temas como os nomes e funções do órgão envolvidos no processo. Mas esses temas não têm relação tão direta com a Bioquímica, por exemplo, como têm as enzimas. Da mesma forma, o ensino da Citologia contém informações importantes sobre as proteínas. Como vimos na Aula 4 de Bioquímica I, as proteínas estão envolvidas em praticamente todas as atividades celulares. Entre as proteínas mais estudadas naquela série estão as enzimas, que participam de praticamente todas as reações químicas do metabolismo celular.

Se quiser rever as características das enzimas e seus mecanismos de ação, retorne às Aulas 11 a 13 de Bioquímica 1.

## **ELABORANDO UMA PROPOSTA DE TRABALHO**

Voltemos agora à nossa pergunta: **que seqüência adotar para manter a coerência de nosso curso?** Ter feito a reflexão descrita no exercício 4 da Aula 4 de nosso curso pode ter ajudado você a propor uma estratégia de trabalho.

O fato é que, se levarmos em conta as aulas anteriores, veremos que é possível elaborar uma atividade na qual poderíamos demonstrar a ação da proteína presente na saliva, a \_\_\_\_\_, sobre o seu substrato, o famoso \_\_\_\_\_, identificando a natureza de seu produto, a \_\_\_\_\_.

É a segunda vez que você encontra estas incômodas linhas em branco! Tendo feito as atividades anteriores, você deverá preenchê-las sem problemas e sem consulta. Se precisar consultar aulas anteriores, não hesite: isto faz parte de nossa proposta de trabalho.

Quando trabalhamos com pesquisa na área de Bioquímica e Biologia Celular, temos de realizar um planejamento cuidadoso antes de realizar uma experiência. Neste planejamento, incluímos o material necessário e a seqüência de etapas a serem seguidas. Este roteiro explicativo de uma experiência é comumente denominado **protocolo experimental**.

Será que para planejar uma aula prática na qual os alunos realizam experiências, basta preparar os protocolos adequados? Falaremos disso mais adiante. Entretanto é importante saber que o planejamento de aulas práticas envolve muitas outras coisas, e é difícil imaginar que seja possível executar uma experiência em sala, sem que a tenhamos realizado antes, e, sobretudo, sem que conheçamos um protocolo que funcione.

A idéia agora é que você elabore um protocolo da experiência que permitirá aos seus alunos identificar o \_\_\_\_\_ como substrato da enzima \_\_\_\_\_, bem como o produto de sua reação, a \_\_\_\_\_. Você não precisa ter o material agora, basta saber de que precisaria e preparar o roteiro com os passos previstos na atividade. Para simplificar o trabalho, você pode preparar apenas uma tabela, como aquelas que utilizamos na Aula 4. Dica: todo o material de que você precisará foi usado ou mencionado em algum momento nas aulas anteriores.

Quando sua proposta estiver pronta, apresente-a aos seus colegas e ao tutor e discuta com eles. Se for o caso, revise o trabalho quantas vezes for necessário para que o resultado satisfaça a ambos e permita atingir os objetivos propostos. Quando concluir esta parte do trabalho, prossiga com a aula.

Prosseguir com a aula sem concluir a preparação de sua proposta (ou protocolo) será improdutivo!

## PROTOCOLO EXPERIMENTAL OU RECEITA DE AULA PRÁTICA?

### Errando sobre o que sabemos

Muito bem, agora que estamos diante de um protocolo experimental, podemos pensar na aula prática. Para realizá-la com nossos alunos, bastaria produzir cópias do protocolo, organizar o material necessário nas bancadas e pedir aos alunos que executassem a experiência. O título da aula poderia ser, por exemplo: “a primeira etapa da digestão – a atividade da amilase salivar”. Será esta a única opção possível? Vamos conversar um pouco sobre o processo de elaboração de seu protocolo e ver como este processo pode (ou não) nos auxiliar na preparação de uma aula prática. Começemos, para variar, com algumas perguntas. E, a partir delas, temos a intenção de fugir um pouco do assunto da aula prática. Mas como, se acabamos de voltar a ela? Acreditamos que a discussão que teremos nos trará de volta a nossa aula, mas com propostas mais ricas. Vamos, então, às perguntas a respeito de seu protocolo:

- Você conversou com alguém durante sua elaboração (colegas ou tutores)?
- Se o fez, recebeu alguma sugestão importante? Ou as deu a eles?
- E quando você o apresentou pela primeira vez ao tutor, havia incluído todo o material e todos os tubos necessários (controles e brancos)?

Há uma possibilidade bastante grande de que algumas falhas no seu protocolo, ou no de seus colegas, tenham sido corrigidas ao longo das discussões e revisões. Não há qualquer demérito nisto, ao contrário. Na verdade, as revisões terão sido mais interessantes se tiverem ocorrido não apenas por conta de sugestões dos tutores, mas também por intervenção de seus pares, ou seja, de seus colegas de curso.

Por que cometemos estas falhas, se discutimos exatamente estes temas nas aulas anteriores? E se “acertamos” as respostas de exercícios sobre temas que já dominamos em um passado mais ou menos próximo, por que “erramos” em questões sobre eles hoje? Por trás destas perguntas, está um problema bastante comum na nossa atitude em relação ao aprendizado.

Note que, ao longo de nosso trabalho, temos evitado emitir opiniões definitivas sobre os assuntos de que tratamos. Mas, neste caso, acreditamos que vale a pena afirmar que existe um problema sério por trás da pergunta. Arriscamo-nos mesmo a dizer que este problema apareceu durante sua vida escolar (como aluno ou professor) sob a forma da pergunta “como é que você pode não saber **isto**, se **isto** foi ensinado na aula passada?”. A mesma idéia aparece também quando um professor de uma determinada série, ao deparar-se com dificuldades dos alunos com um tema básico de seu programa, reclama: “Como é que vocês podem não saber **isto** em pleno Ensino Médio, se **isto** foi ensinado na sexta série!?”. É claro que estamos colocando frases bastante estereotipadas na boca dos professores (ou nas nossas). Com isso, não queremos desmerecê-los, nem minimizar as dificuldades do ensino formal. Até porque, ou somos ou estamos nos formando para ser professores, não é mesmo?

Nosso objetivo aqui é exatamente conversar sobre as dificuldades. Muitas vezes, a sobrecarga de conteúdos em cada uma das séries impede que um determinado tema seja abordado (“visto”) mais de uma vez ou que possamos avaliar o aprendizado de cada aluno. Pode ocorrer, freqüentemente, que o curso avance independentemente de todo o grupo estar atingindo os objetivos propostos. As causas para estas diferenças são muitas. O que nos interessa destacar, porém, é que a associação de duas idéias aparentemente coerentes pode resultar em problemas críticos para o ensino de Ciências. E quais são essas duas idéias? A primeira seria a de que, uma vez ensinado um tema (aquele “**isto**” em nossas frases), os alunos o aprenderam. Esta idéia está certamente ligada à estruturação das escolas em séries e/ou ciclos, o que nos leva a pensar que se o aluno progrediu de uma série (ou ciclo) para outra (ou outro), é porque domina suficientemente os conceitos necessários e pôde progredir. A segunda idéia, aparentemente coerente, de nossa associação é a de que uma vez tendo aprendido, os alunos sabem para sempre, ou seja, que eles não “desaprendem” ou esquecem o conteúdo aprendido. Ou, pelo menos, que não deveriam desaprender durante a vida escolar. Naturalmente, você, como aluno, sabe que estas expectativas não fazem sentido.

Então será que nunca aprendemos de fato? Ou, para sermos mais radicais, será que nunca aprendemos?

Estas perguntas vão entrar para a longa lista de perguntas sem resposta definitiva com a qual nos depararemos ao longo de nosso curso.

E é exatamente por não serem fáceis de responder que precisamos não perdê-las de vista. Pois, assim, mesmo que não tenhamos as respostas para elas, poderemos, pelo menos, ser coerentes e levá-las em conta durante nosso trabalho como professores. E há muitas maneiras de fazê-lo. Retomar um conceito que consideramos importante, por exemplo, pode ser uma delas. Outra é eleger como importantes os conceitos realmente fundamentais, evitando tratar cada detalhe daquilo que ensinamos como essencial.

A escola não é uma miniuniversidade. O fato de ensinarmos conteúdos de Bioquímica e Biologia Celular na escola não significa que estejamos formando profissionais destes campos. Nossos alunos tampouco serão todos profissionais da área biomédica no futuro. A maioria deles, aliás, não irá se dedicar à pesquisa científica. Talvez seja conveniente ter isso em mente ao planejar seu curso.

Este ensino centrado nos conteúdos tem mostrado-se pouco produtivo ao longo do tempo, e há alternativas que merecem ser analisadas. Mas não vamos prosseguir com a lista de conselhos. Como dissemos na primeira aula, este livro não é um manual sobre o que fazer, quando e como fazer, ao ensinar Bioquímica e Biologia Celular. Façamos, então, melhor: voltemos à nossa proposta de aula prática. Levemos conosco, porém, o que discutimos sobre os erros que todos cometemos sobre coisas que supostamente já aprendemos.

### **Eu faço o protocolo, vocês fazem a experiência?**

Nas aulas anteriores, destacamos que a utilização de brancos e controles adequados é muito importante na elaboração de protocolos experimentais. Suponhamos que tivéssemos destacado este fato também para nossos alunos, à medida que fôssemos realizando as atividades. Ainda assim, ao elaborarmos nosso protocolo, podemos ter cometido deslizes importantes. Com a prática, e com uma pequena ajuda de nossos amigos, certamente chegaremos a elaborar protocolos corretos. E, é claro, quando utilizarmos um deles com nossas turmas, com os brancos e controles pertinentes, poderemos ressaltar sempre a importância de cada um deles. Mas não seria importante dar aos alunos a oportunidade de exercitar, eles mesmos, a habilidade de lidar com estes conceitos? Afinal, repetir e ressaltar a importância de um determinado tema ou prática não nos assegura o domínio (ou apropriação) daquele conhecimento por parte dos alunos. Por isso, poderíamos reformular a pergunta anterior da seguinte forma: não seria importante que nossos alunos utilizassem de fato seus conhecimentos sobre temas que consideramos importantes? Se a resposta for afirmativa, então a pergunta é: como fazê-lo?

Uma das respostas possíveis – finalmente uma pergunta para a qual há respostas! – seria: por que não convidá-los a preparar seus próprios protocolos? Naturalmente, se eles realizaram as atividades anteriores e receberam as mesmas dicas que você, é provável que a tentativa valha a pena. Então, por que não fazê-lo? Também temos uma resposta para esta pergunta: na nossa opinião, não apenas não há motivos para não fazer isto, como há várias razões importantes para fazê-lo. Porém, talvez esbarremos em um importante “obstáculo”.

### É claro que os alunos vão errar em seus protocolos

Digamos, então, que você tenha pedido aos seus alunos que elaborassem, em pequenos grupos, seus próprios protocolos para identificar o substrato e o produto da reação da amilase salivar. Vamos prosseguir com nosso exercício de reflexão e imaginar que, dos seis grupos, quatro tenham elaborado protocolos com problemas de brancos e controles. O que fazer com eles antes de prosseguir?



Refleta sobre como prosseguir com o curso (ou seja, realizar a aula prática proposta) no caso de seus alunos prepararem protocolos com “erros”. Quando tiver chegado à sua proposta final, prossiga.

Aqui vai uma lista de possíveis alternativas. Mas, antes de lê-las, tenha em mente que seria impossível prever (imaginar) todas as respostas possíveis para a pergunta que colocamos. Pode ser, porém, que a proposta que você escolheu se assemelhe a uma daquelas que apresentaremos. De qualquer modo, esperamos que a discussão que se seguirá possa ser útil na sua crítica.

1. Ao final da aula, recolhemos os protocolos e os corrigimos, apontando os erros, destacando para cada grupo a importância do que estava faltando; devolvemos os trabalhos aos seus autores, para que executem a experiência corretamente.

2. Apresentamos (no quadro, por exemplo) um protocolo adequado e pedimos que cada grupo identifique o que falta no seu. Cada grupo relata o que faltou ou foi proposto de modo incorreto, e discutimos com eles a importância de cada detalhe.

3. Organizamos uma espécie de simpósio, no qual cada grupo tem um breve período de tempo para apresentar seu protocolo, e os outros alunos, organizadamente, apresentam críticas, que devem ser discutidas pela turma, até que sejam compreendidas e aceitas ou refutadas.

Qual das propostas lhe parece mais interessante? Se nós disséssemos mais uma vez que não há resposta para esta pergunta, você provavelmente fecharia o livro e se aborreceria conosco. Então, para que possamos chegar a uma resposta aceitável, vamos questionar as três propostas (lembre-se do significado que atribuímos ao verbo questionar...).

No caso da proposta 1, a reformulação do protocolo pelo professor tomaria pouco tempo de aula e asseguraria a execução da experiência de modo adequado. Porém, os grupos não tomariam conhecimento dos erros dos outros. Assim, o grupo A poderia ter se esquecido de colocar o amido com água na ausência de saliva, enquanto o grupo B poderia ter se esquecido de testar o Benedict com o amido. Naturalmente, se o grupo A colocou alguns controles, é porque entendeu a importância deles. O mesmo vale para o grupo B: eles precisariam compreender apenas a importância dos controles que erraram. Ou seja, quem não errou uma coisa hoje, é porque já a aprendeu, certo? Mas se os grupos compreenderam a lógica envolvida na escolha de brancos e controles, porque erraram (ou esqueceram) alguns?

No caso da proposta 2, os erros são identificados pelos próprios alunos, mas somente após a divulgação de um gabarito pelo professor. Quando cada grupo relata seus “erros”, e nós os discutimos com a turma, permitimos que cada um dos grupos reflita mais uma vez sobre a importância de cada controle ou branco. Ou seja, revemos os conceitos com todos. O tempo necessário para esta discussão em sala, seria certamente maior do que aquele gasto pelo professor ao corrigi-lo fora do tempo de aula. Apesar disso, se dois ou mais grupos “errarem” de uma mesma maneira, a correção coletiva do erro de um deles serviria para todos. Nesta proposta, cada um dos grupos poderá perceber que, se “errou” em um ponto, “acertou” em outros. Em outras palavras, os grupos com dificuldades poderão perceber que seus colegas também as enfrentaram, e que, talvez, seus colegas tenham tido dificuldades com partes do protocolo que eles resolveram sem problemas. Parece haver algum ganho em relação à proposta 1?

Chegamos finalmente à proposta 3, que certamente exigiria mais tempo e capacidade de orientação por parte do professor, para ser desenvolvida, do que as outras duas. Organizar e orientar uma discussão entre algumas dezenas de pessoas com propostas diferentes para um mesmo trabalho não é uma tarefa trivial. O fato de que, no cenário proposto, estaríamos lidando com adolescentes de uma turma na qual

relacionamentos, amigáveis ou não, existem entre seus componentes, demandaria uma atuação ainda mais cuidadosa por parte do professor. Além disso, dentro desta proposta, o professor não poderia ser o portador da idéia correta. Será que as diferenças entre a proposta 3 e as outras “compensam” o tempo e o trabalho a ser gasto com elas? A resposta para esta pergunta vai exigir que fuçamos, mais uma vez, do assunto por um breve momento.

### **O que os pesquisadores de Bioquímica e Biologia Celular fazem com um novo conhecimento científico?**

A pergunta no título desta seção parece ter surgido do nada, não é mesmo? No entanto, temos a firme convicção de que ela poderá enriquecer muito a nossa discussão. Por isso, vamos apresentar breves informações sobre as condições em que a pesquisa científica em biociências é desenvolvida, especialmente no Brasil. Ela é realizada por equipes de especialistas, constituídas tanto de pesquisadores quanto de técnicos e alunos de graduação ou pós-graduação. No Brasil, pelo menos, esta concepção é bastante aceitável, pois a maior parte da pesquisa científica é feita nas universidades (em especial nas públicas) e, em um número menor, mas não menos importante, de instituições voltadas especificamente para este fim (públicas em sua maioria). Estas equipes trabalham em seus laboratórios, realizando suas experiências sobre um determinado tema. Em um dado momento, o conjunto dos resultados obtidos é suficiente para os pesquisadores considerarem que uma quantidade relevante de conhecimentos novos foi produzida. De posse desta conclusão, o que o grupo faz com sua descoberta? Ou seja, a quem eles se dirigem e quais meios eles utilizam para divulgar o conhecimento novo de que são autores?



Refleta sobre estas duas perguntas, proponha suas próprias respostas e depois prossiga.

Você pode ter proposto que os autores procuram os meios de comunicação, como a televisão e os jornais, para divulgar seus trabalhos. No entanto, só no Brasil existem algumas centenas de grupos de pesquisa atuando nas áreas relacionadas ao nosso curso. Quantas notícias sobre Ciências aparecem diariamente nos jornais? Você provavelmente se lembrará de poucas, e só uma pequena parte delas está relacionada às áreas com que trabalhamos.

E quantas delas relatam descobertas de brasileiros? No final, a quantidade de conhecimentos novos que chegam à grande imprensa é muito pequena. Será que os pesquisadores não estão gerando novos conhecimentos? Ou estão gerando tão poucas novidades que elas raramente ocupam as páginas dos jornais ou alguns segundos na televisão? Certamente não. Acontece que apenas uma pequena parte destes conhecimentos novos é considerada interessante o suficiente pelos meios de comunicação para que “mereça” ser noticiada. Os critérios desta seleção tão excludente fogem aos objetivos desta aula. Mas, então, o que é feito com a produção científica da maioria dos pesquisadores? Ela se perde? Ou só os autores tomam conhecimento dela? Certamente não.

Em geral, o conhecimento científico novo é divulgado por vias muito específicas. Existem duas vias principais e complementares para sua divulgação: as revistas especializadas (ou periódicos) e os congressos científicos. Como o próprio nome diz, as revistas especializadas divulgam conhecimentos novos sobre uma área bastante restrita da Ciência, como por exemplo, a Bioquímica ou a Ecologia. Quando usamos o termo “restrito”, não quisemos minimizar a importância das revistas, mas tão-somente destacar que, na maioria dos casos, elas precisam restringir sua abrangência, para que seja viável editá-las. Lembre-se de que vivemos em uma sociedade na qual a quantidade de conhecimentos produzidos a cada instante em cada área é, sem dúvida, gigantesca. Um número bem menor de revistas publica conhecimentos científicos de qualquer área da Ciência, como é o caso das prestigiosas revistas *Science*, publicada nos Estados Unidos da América e da *Nature*, do Reino Unido.



**Figura 5.1:** Lay out dos títulos de exemplares da *Science* e da *Nature*.

Existe também um grande número de revistas especializadas (brasileiras ou não) que se destinam exatamente à divulgação dos novos conhecimentos científicos em áreas relacionadas ao nosso curso. Estas revistas, independentemente do país em que são editadas, utilizam, em sua esmagadora maioria, o inglês como língua obrigatória. O conhecimento dessa língua tornou-se, portanto, praticamente obrigatório para os cientistas e professores de todo o mundo que desejam se manter atualizados em suas disciplinas, como ocorria com o latim em séculos passados.

As revistas especializadas são lidas principalmente por especialistas ou por estudantes que estão se formando. Tanto elas quanto as de maior abrangência seguem normas rigorosas e muito semelhantes para selecionar os trabalhos que serão publicados em suas páginas. Estas normas envolvem exigências quanto à adequação dos protocolos experimentais, à interpretação dos resultados obtidos e, sobretudo, ao ineditismo (ou seja, os conhecimentos apresentados têm de ser realmente novos). Os congressos científicos adotam os mesmos critérios, mas os trabalhos apresentados podem, em geral, ainda não estar prontos, ou seja, um grupo pode apresentar apenas seus resultados mais recentes ou mesmo os resultados iniciais obtidos em sua linha de pesquisa.

Como temos visto, porém, cada pequena área da Bioquímica e da Biologia Celular se divide em linhas de pesquisa cada vez mais especializadas, que exigem técnicas específicas. Além disso, para produzir conhecimento novo é preciso estar a par do conhecimento produzido anteriormente, para evitar as “reinvenções da roda” e também porque o conhecimento anterior é a base para formulação de novas hipóteses e linhas de pesquisa. Temos, então, um quadro no qual existe uma imensa quantidade de conhecimentos específicos acumulados, e, ao mesmo tempo, uma produção constante de conhecimentos novos sendo submetidos à publicação nos periódicos especializados ou apresentados nos congressos científicos. Para que sejam publicados, porém, precisam ser analisados por alguém capaz de avaliá-los rigorosamente dentro dos critérios que mencionamos há pouco. Além disso, como conhecimentos novos são produzidos continuamente, e são muitos os grupos de pesquisa trabalhando sobre cada assunto, os pesquisadores têm pressa em publicar os novos resultados que obtêm, para não perder o ineditismo. Quem estaria, ao mesmo tempo, em condições de avaliar os novos trabalhos e a par de uma porção substancial do conhecimento anterior?

Nesse caso, só há uma resposta possível: um outro especialista. No caso dos periódicos científicos, portanto, os trabalhos submetidos para publicação por pesquisadores de uma determinada área são avaliados por seus pares, ou seja, por outros especialistas na área. Muitas vezes, quem avalia não sabe o nome de quem submeteu o trabalho, e quem submete o trabalho nunca sabe o nome de quem o avaliou. Estas medidas têm como objetivo principal evitar que as relações pessoais interfiram no rigor e na justiça das avaliações.

Não confunda os periódicos especializados com as revistas de divulgação científica, como a *Ciência Hoje* e a *Scientific American Brasil*, por exemplo. Estas revistas têm o papel fundamental de facilitar e ampliar o acesso ao conhecimento científico às pessoas interessadas, publicando notícias sobre trabalhos recentes e importantes, reflexões de cientistas ou sínteses de muitos trabalhos específicos, entre outros tipos de artigos. Ambas disponibilizam grande parte de seus textos na Internet e constituem valioso recurso para professores e alunos. Além disso, a *Ciência Hoje* é distribuída para as bibliotecas de todas as escolas públicas do país. Não deixe de consultá-la!

Este é o princípio da **revisão por pares**, comum a todos os periódicos científicos do mundo, independentemente da área do conhecimento a que se dedicam. Os trabalhos submetidos à apresentação em congressos científicos passam por um processo de avaliação semelhante, embora, como já dissemos, a natureza dos trabalhos apresentados possa ser ligeiramente diferente.

### **Voltando aos protocolos experimentais**

Conforme prometemos, vamos voltar agora à nossa discussão a respeito da proposta 3. A capacidade de sistematizar e apresentar os resultados do próprio trabalho para seus pares, bem como a de realizar críticas construtivas e criteriosas a respeito do trabalho alheio, provavelmente são habilidades importantes para todos os indivíduos, e não apenas para cientistas. Logo, se o ensino de Biologia puder contribuir para o seu desenvolvimento, a oportunidade merece ser aproveitada. A proposta 3 de que falamos há pouco, portanto, não apenas familiariza os alunos com uma característica do trabalho científico, como também desenvolve outras habilidades além da formulação de protocolos experimentais. Parece que nossa preferência acabou se revelando, não é mesmo?

Nossa recém-revelada preferência por uma das propostas não significa que as outras sejam ruins ou que tenhamos de agir sempre de um mesmo modo. As estratégias a adotar serão condicionadas pelo tempo disponível, e poderão variar também de acordo com os objetivos de cada atividade.



Um professor estaria errado se, depois de realizar uma ou duas atividades semelhantes à proposta 3, optasse por usar uma abordagem como a proposta 1 em outras oportunidades?

No nosso entender, responder afirmativamente a esta pergunta, seria insistir na existência de fórmulas de ensino válidas para quaisquer ocasiões, sem levar em conta as questões específicas que cada professor enfrenta ao longo de seu trabalho. O professor poderia, por exemplo, estar fazendo aquela escolha para dispor de mais tempo para executar outras atividades que considera importantes, mas cujos objetivos são muito diferentes daqueles da proposta 3. Admitir que existem abordagens

certas e erradas não seria a mesma coisa que admitir que existe um manual de instruções para o ensino? É importante, porém, que procuremos ter a maior clareza possível dos motivos de nossas escolhas, e que reflitamos sobre os desdobramentos de cada uma delas no aprendizado de nossos alunos. Isso nos permitirá diversificar as abordagens e ter em mente a necessidade de retomar temas importantes em ocasiões posteriores.

Enfim, se utilizássemos a proposta de avaliação dos protocolos por pares, ao final do debate também teríamos um modelo de protocolo aceito por todos e, provavelmente correto. Uma vez executada a experiência e chegado ao momento da discussão coletiva dos resultados obtidos, seria possível, ou pelo menos mais provável, que a turma pudesse identificar resultados discrepantes. Ao contrastá-los com os resultados de todos os grupos, os alunos poderiam identificar também as causas das discrepâncias – como erros de manipulação do material, por exemplo. Nesses casos, destacaríamos também o caráter coletivo da construção do conhecimento. Afinal, o caso do próprio conhecimento científico não é diferente: raramente uma teoria geral ampla, ou mesmo o conhecimento profundo de um tema restrito resulta de um único trabalho, ou mesmo de vários trabalhos de uma única pessoa. Muito raramente isso resulta dos trabalhos de um único grupo. Basta ter em mente que todos utilizam técnicas desenvolvidas por outros grupos, baseiam-se em resultados anteriores (ainda que para contestá-los), e que todos tiveram seus trabalhos revistos e criticados por seus pares antes da publicação. Como é muito provável que, tanto ao longo das revisões de seus artigos quanto nas suas apresentações em congressos, todos tenham recebido – e incorporado – críticas e sugestões de seus pares, podemos afirmar que o conhecimento científico é, em alguma medida, sempre uma produção coletiva. Embora, é claro, cada um dos trabalhos publicados sobre um dado tema tenha autores específicos, cujas contribuições podem ser identificadas. Não é importante que o trabalho no ensino de Ciências e Biologia incorpore esta característica do conhecimento científico?

Nada como concluir uma aula com uma pergunta sem resposta para estimular a reflexão...

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta aula, discutimos critérios para lidar com “erros” dos alunos e procuramos destacar a importância destes no aprendizado de Biologia. Nas propostas que discutimos, talvez mais do que em qualquer proposta anterior, o professor atuou somente como orientador das discussões e não como um transmissor de informações. Em um certo sentido, coube a ele a função de pesquisador mais experiente diante de outros em estágios de formação iniciais. Isso não difere muito do que ocorre nos grupos que trabalham com pesquisa científica. Esperamos, com isso, que a discussão de atividades específicas tenha destacado que a escolha de abordagens de ensino reflete nossas concepções não apenas sobre o ensino, mas também sobre o conhecimento científico – sejam elas quais forem. Esperamos, também, que isso tenha destacado algumas características importantes do processo de construção de conhecimento, que você poderá levar em conta ao elaborar suas propostas.

## EXERCÍCIOS

1. Na discussão sobre os protocolos com erros, talvez tenha lhe ocorrido uma proposta ainda mais radical do que as três que discutimos. É possível que você tenha sugerido que cada grupo realizasse a experiência de acordo com o protocolo que elaborou, ainda que muitos deles contivessem erros. Diante desta situação, o que poderíamos fazer? Afinal, se fizéssemos isso, os resultados obtidos pelos grupos seriam certamente heterogêneos.

Levando em conta o que discutimos sobre a produção de conhecimento científico e as abordagens usadas no caso de diferentes protocolos experimentais, reflita e proponha maneiras de lidar com os resultados de experiências realizadas de acordo com protocolos adequados e inadequados.

## Os conhecimentos dos alunos e sua relação com o ensino

# AULA 6

## objetivos

Nesta aula, desejamos que você atinja três objetivos principais:

- Perceber a importância dos conhecimentos dos alunos a respeito dos conteúdos a serem ensinados.
- Reconhecer a importância da pesquisa sobre a educação em Biologia na obtenção de subsídios para seu trabalho como professor.

### Pré-requisito

Para participar das atividades propostas nesta aula, é essencial que você tenha realizado os exercícios das aulas anteriores, especialmente os das Aulas 4 e 5. Reveja os conteúdos das Aulas 19, 20, 21, 28 e 29 de Bioquímica II.

## **INTRODUÇÃO**

Você deve ter notado que nas aulas anteriores sempre mencionamos os livros didáticos (LD) como referências para “identificarmos” os conteúdos considerados característicos de determinada série. Nós até mesmo pedimos a você que tivesse à mão (e usasse) dois exemplares desses livros. Esta referência constante aos LD pode ter suscitado em você algumas perguntas, e gostaríamos agora de conversar sobre algumas delas.

Em aulas anteriores, conversamos a respeito das diferenças entre um programa de curso e uma lista de conteúdos. Procuramos apresentar atividades que questionassem a idéia de que o ensino de Biologia Celular e Bioquímica tem de ser centrado nos conteúdos. Afinal, nessas atividades, outras questões relacionadas ao ensino de Biologia foram apresentadas, tais como a importância da habilidade de coletar, sistematizar e interpretar dados experimentais. Sugerimos também que as aulas de Biologia podem servir para que os estudantes, como nós, desenvolvam a habilidade de discutir e criticar de forma construtiva os resultados de seus próprios trabalhos e dos de seus colegas.

Agora vamos deixar os livros didáticos de lado por um tempo e nos concentrar nos alunos.

**Lembrete:** ao longo desta aula, precisaremos manter o acordo proposto na Aula 3: ao se deparar com perguntas ou propostas de trabalho, reflita sobre elas, escreva suas respostas e somente depois prossiga com a leitura.

## **REFLETINDO SOBRE NOSSOS PRÓPRIOS CONHECIMENTOS**

Como mencionamos na Aula 3, os alunos têm experiências anteriores ao seu contato conosco, nas quais adquirem conhecimentos de diversos tipos, inclusive sobre temas relacionados à Biologia. Este aprendizado se dá tanto durante as relações sociais dentro e fora da escola como durante a utilização dos diferentes meios de comunicação, e também, é claro, durante o ensino formal de Ciências e Biologia na escola. Nossos alunos não são, portanto, desprovidos de conhecimentos, ao contrário, possuem conhecimentos sobre ciência extremamente ricos quando ingressam nas etapas do ensino formal. Se considerarmos que você, como professor de Ciências e Biologia, terá contato com alunos a partir da 5ª série do EF até a última série do EM, ficará claro que as experiências dos alunos são sempre muito amplas e variadas quando eles entram em contato conosco e com nosso trabalho.

Durante o ensino, as informações com as quais lidamos formalmente interagem com os conhecimentos dos alunos de diversas maneiras. Conhecer um pouco estes conhecimentos dos alunos e as maneiras de interagir com eles tem sido de vital importância para os professores de Ciências de modo geral. Por isso mesmo, esse será o assunto de nossa aula agora.

Antes de iniciar a discussão sobre os conhecimentos dos alunos, vamos conversar um pouco sobre seus próprios conhecimentos sobre um tema da Bioquímica. Para isso, vamos lidar com uma situação bastante comum: uma dieta para perda de peso. Vamos falar, então, de um assunto bastante comum na vida de adolescentes (nossos alunos) e adultos (nós mesmos): as dietas para redução da massa corporal (ou, mais simplesmente, para a perda de peso). Começemos com uma dieta que tem sido largamente utilizada, conhecida popularmente como “dieta do doutor Atkins”. Redija em um papel à parte suas respostas para as seguintes perguntas, relacionadas às dietas em geral.

O que acontece com a produção de ATP nas células de um indivíduo que está ingerindo uma dieta pobre em carboidratos (macarrão, arroz etc.) mas rica em proteínas?

Fica igual ( ) Diminui ( ) Aumenta ( ) Não sei ( )

Por quê? \_\_\_\_\_

---

Caso uma pessoa fique em jejum por vários dias, o que acontece com a produção de ATP por suas células?

Fica igual ( ) Diminui ( ) Aumenta ( ) Não sei ( )

Por quê? \_\_\_\_\_

---

Depois de responder às perguntas, aqui vai uma sugestão: reveja as conclusões da atividade que propusemos e executamos ao longo da Aula 3. **Faça isso e releia sua resposta.**

Se, depois de rever a Aula 3, você achou que deveria alterar sua resposta, não há problema: revise-a e prossiga com a aula.

Se você teve dificuldades com a pergunta a respeito da produção de ATP, pode estar precisando rever também alguns temas de Bioquímica II. Mas não precisa fazer isso agora. Voltaremos a esse assunto em breve.

## DESCOBRINDO O QUE OS ALUNOS SABEM, DESCONHECEM OU PENSAM SABER

Você deve ter percebido que a opção de resposta correta para ambas as questões propostas nas seções anteriores é a mesma, ou seja, a produção de ATP “fica igual”, tanto na dieta quanto no jejum. Afinal, sabemos que, tanto as proteínas quanto os lipídeos são fontes de calorias, ou, utilizando termos bioquimicamente mais corretos, podem ser oxidados pelas células e fornecer a energia necessária para a síntese de ATP. Assim, durante a dieta descrita, outros nutrientes presentes nos alimentos poderiam suprir a demanda energética do organismo. Ainda durante a dieta, as reservas de aminoácidos e lipídeos poderiam também ser mobilizadas e utilizadas pelas diversas vias catabólicas do metabolismo energético. No caso do jejum, essas mesmas reservas seriam mobilizadas (pelo menos por alguns dias), garantindo a produção de ATP necessária à manutenção da vida.

Pode ser, porém, que antes de rever a Aula 3, você tenha respondido que a produção de ATP diminui porque os carboidratos são a fonte de glicose, e ela é a principal molécula utilizada pelas células na produção de ATP. Naturalmente, esta resposta está incorreta, pois não apenas o organismo humano (e de muitos outros seres vivos) é capaz de produzir glicose a partir de aminoácidos, lactato e glicerol, como também muitas de nossas células podem produzir ATP a partir de lipídeos e aminoácidos.

Agora, voltemos à nossa proposta, colocando-nos na posição de um professor. Suponhamos que você seja um professor da 1ª série do EM, e que vá iniciar o ensino do metabolismo celular. Como vimos em aulas anteriores, a nutrição, a digestão e o metabolismo são assuntos típicos da 7ª série do EF. É de se esperar, portanto, que seus alunos, ao ingressarem no EM, tenham conhecimentos a respeito do assunto, obtidos tanto em suas experiências sociais, quanto no ensino formal de Ciências. O que ocorreria, então, se apresentássemos a eles a mesma pergunta que fizemos há pouco para você a respeito da produção de ATP?

Dica: leia com atenção seu LD de 7ª série do EM e procure verificar se o termo ATP (ou trifosfato de adenosina, por exemplo) é utilizado. Em seguida, prossiga com a leitura.

Você deve ter notado que o ATP não é mencionado no LD e que, na maioria dos casos, os autores preferem usar o termo genérico “produção de energia” ao se referirem ao uso das diferentes biomoléculas pelas

células. De qualquer modo, os nutrientes energéticos são discutidos ao longo da 7ª série, e, portanto, devem ser conhecidos pelos alunos que ingressam no EM. Então, o uso do termo ATP na pergunta seria uma barreira à compreensão da pergunta pelos alunos. Em consequência disso, muitos poderiam não respondê-la, apenas em função de não ter compreendido o vocabulário. Seria importante que substituíssemos o termo ATP por uma expressão conhecida (“produção de energia”, por exemplo) em nossa pergunta.

Ao formularmos perguntas para nossos alunos, precisamos ser cuidadosos e rigorosos na escolha do vocabulário adotado. Do contrário, os resultados obtidos poderão refletir uma incompreensão do vocabulário ou da linguagem, mais do que os conhecimentos deles a respeito do assunto da pergunta. Isto é muito importante quando redigimos instrumentos de avaliação formal (como provas, por exemplo).

Uma vez reformulada, com a substituição do ATP por “produção de energia”, seria de se esperar que nossos alunos pudessem responder “corretamente” à pergunta que formulamos há pouco, não é mesmo?

Pode estar lhe ocorrendo agora o temor de que vamos propor que você apresente a pergunta para vários alunos e anote suas respostas, para que depois possamos discutir as respostas deles. Sabe que esta é uma boa idéia? Mas, desta vez, vamos poupar você desse esforço.

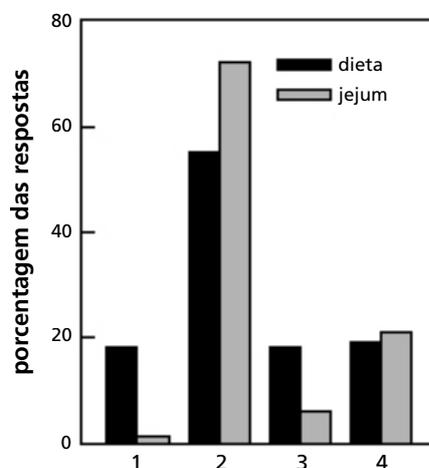
Em um trabalho publicado em 2003, um grupo de pesquisadores da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) fez exatamente aquela pergunta para 122 alunos que haviam acabado de ingressar na 8ª série do EF em escolas do Rio de Janeiro (ou seja, que haviam concluído recentemente a 7ª série). Embora os alunos tenham usado palavras diferentes ao responder às questões, suas respostas podiam ser agrupadas em quatro categorias principais, conforme descrito na Tabela 6.1. Os resultados das respostas, após sua classificação nas categorias propostas, estão mostrados no Gráfico 6.1.

**Tabela 6.1:** Categorias usadas na classificação das respostas dos alunos.

Categoria	Opção	Conteúdo da Resposta
1	Fica igual	Identifica a possibilidade de proteínas ou lipídeos serem utilizados na produção de energia.
2	Diminui	Considera que a produção de energia diminui, devido à ausência de glicose, nos termos mencionados no texto de nossa aula.
3	Não sei (ou outras)	Declara não saber a resposta ou escolhe qualquer outra sem esclarecer o porquê.
4	Outras respostas	Respostas que não podiam ser incluídas em nenhuma das outras três categorias, inclusive aquelas que assinalaram a opção “aumenta”, justificando-a de algum modo.

Leia atentamente a Tabela 6.1 e o Gráfico 6.1, analise os dados e procure interpretar o(s) seu(s) possível(is) significado(s).

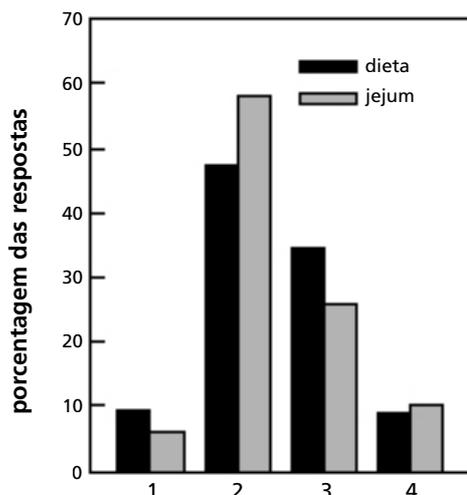
**Gráfico 6.1**



Como você deve ter notado, surpreendentemente, os alunos parecem desconhecer a possibilidade de as células de nosso organismo (portanto, do próprio organismo) utilizar outras moléculas para produzir energia! No entanto, como vínhamos discutindo em aulas anteriores, a nutrição, a digestão e o metabolismo são temas típicos da 7ª série do EF. No entanto, o ensino do metabolismo energético, ou seja, da produção de ATP pelas células é um conteúdo característico do EM, mais especificamente da 1ª série. Uma explicação simples para o curioso resultado obtido seria que os alunos só aprendem efetivamente a produção de energia pelas células no EM. Não seria o caso então de fazermos esta pergunta para alunos que já tivessem cursado a 1ª série do EM? É provável que eles soubessem responder à pergunta de modo mais adequado. Mais uma vez, vamos adiantar o trabalho para você: a pergunta foi feita para 304 alunos de 1º período de diversas carreiras da UFRJ entre os anos de 2001 e 2003. Esses alunos, como você deve imaginar, foram aprovados entre os primeiros colocados de um vestibular reconhecidamente rigoroso, ou seja, devem ter estudado Biologia a fundo durante o EM. Além disso, eles eram oriundos de 136 escolas, sendo 80 delas privadas e 56 públicas. A síntese dos resultados obtidos quando as respostas desses alunos foram analisadas com os mesmos critérios descritos na Tabela 6.1, é mostrada no Gráfico 6.2.

Observe atentamente o Gráfico 6.2, analise os dados, compare-os com aqueles mostrados no Gráfico 6.1 e procure interpretar o(s) seu(s) possível(is) significado(s).

Gráfico 6.2



Em resumo, os resultados indicam que uma proporção bastante grande dos alunos que completam o EM parecem desconhecer a resposta para a pergunta (escolhendo a opção “não sei”). Mas, o que é mais interessante, é que uma grande proporção deles comete um mesmo tipo de “erro”: responder que a glicose é a principal ou a única molécula oxidada pelas células, levando à síntese de ATP. O fato de uma proporção grande dos alunos desconhecer a resposta já é bastante curioso, mas a extrema homogeneidade das respostas incorretas é surpreendente: final, os outros “erros” representam uma proporção muito pequena do total das respostas! Vale a pena lembrar, antes de prosseguir, que a pergunta se refere a conhecimentos formais a respeito de um assunto muito presente na vida cotidiana atual: as dietas para emagrecimento. No entanto, as respostas, além de incorretas, são surpreendentemente homogêneas. Quais seriam as possíveis explicações para um resultado tão homogêneo?

Proponha hipóteses que possam explicar a grande incidência de um mesmo erro no grupo de alunos que respondeu ao questionário. Em seguida, proponha maneiras de “testar” essas suas hipóteses experimentalmente.

### TESTANDO A CONSISTÊNCIA DE RESULTADOS EXPERIMENTAIS: REFINANDO OS INSTRUMENTOS DE PESQUISA

Para fazer jus ao título desta seção, vamos agora investigar algumas das possíveis hipóteses que podem ter sido levantadas no final da seção anterior.

Uma primeira explicação seria: é possível que os alunos tenham sido formados em escolas onde esta parte da Biologia é ensinada de modo incorreto, isto os levaria a cometer o mesmo equívoco.

**Esta hipótese lhe parece de acordo com os resultados apresentados? Por quê?**

Como dissemos que os alunos vinham de muitas escolas diferentes e que haviam sido aprovados no vestibular da UFRJ, seria pouco provável que todas essas escolas, cujos alunos são bem-sucedidos no vestibular, cometessem o mesmo erro no ensino da Biologia, não é mesmo? Vamos então a outra possível explicação: a própria maneira como o pergunta foi formulada, questionando o que ocorre com a produção de ATP em uma situação de privação (“dieta pobre”), poderia levar o aluno a responder que esta produção cairia.



Esta hipótese lhe parece de acordo com os resultados apresentados? Por quê? Os dados disponíveis lhe permitiriam descartá-la ou confirmá-la? Como?

Desta vez, não nos parece haver uma contestação definitiva que possa ser formulada com base nos dados. Realmente, a pergunta lida a uma situação de privação, e a maior parte das respostas incorretas associa tal situação a uma diminuição na capacidade do organismo em produzir ATP, ou, em resumo: uma privação é associada a uma queda na produção de energia.

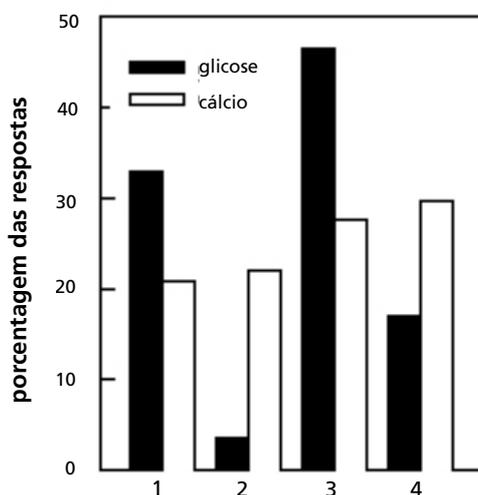
**Como você poderia testar experimentalmente esta crítica à estrutura da pergunta? Pense na possibilidade de formular uma pergunta para ser respondida por alunos, como vínhamos fazendo até aqui.**

Naturalmente, inúmeras outras perguntas poderiam ser formuladas para os alunos a respeito do metabolismo energético. Muitas delas nos ajudariam a investigar o que os alunos pensam a respeito do tema. Mas, retomando uma questão muito importante para qualquer estudo experimental, o que estamos propondo é a elaboração de um **controle experimental** para a pergunta que propusemos anteriormente. Para isso, é preciso enunciar claramente qual é o problema em questão. Acreditamos que é possível fazê-lo apresentando a questão do seguinte modo: “Será que qualquer situação de privação levaria os alunos a responderem que a produção de ATP pelas células diminui?” Nesse caso, mesmo a privação de uma molécula sem qualquer relação direta com a produção

de ATP deveria levar os alunos a responder de modo semelhante àquele analisado nos Gráficos 6.1 e 6.2. Se a crítica for válida, então a substituição, em nossa pergunta original, dos “carboidratos” por outra molécula sem relação com a produção de ATP deveria resultar em um padrão de respostas semelhante ao dos Gráficos 6.1 e 6.2, não é mesmo? Isso foi feito, com a substituição dos carboidratos pelo “cálcio”, sem quaisquer outras alterações na estrutura da pergunta. E os resultados obtidos, analisados de acordo com os parâmetros da Tabela 6.1, estão apresentados no Gráfico 6.3.

Observe atentamente o Gráfico 6.3, analise os dados e verifique sua relação com a hipótese experimental que estamos testando. A hipótese parece ter sido corroborada? Por quê?

**Gráfico 6.3**



Como você deve ter notado, o padrão de respostas obtido foi radicalmente diferente: proporções semelhantes de alunos escolheram cada uma das quatro opções disponíveis. Ou seja, apesar de a pergunta lidar com uma situação de privação, os alunos não a relacionaram diretamente com uma diminuição da produção de ATP, ou, de modo mais direto, a hipótese de que o padrão de respostas obtido nas perguntas anteriores seria consequência tão-somente da estrutura da pergunta não foi corroborada.



Poderíamos, então, propor mais alguma crítica ao nosso instrumento de pesquisa, ou seja, questionar de algum outro modo a maneira como estamos apresentando as perguntas?

Já realizamos uma espécie de controle negativo, ou seja, indicamos que o padrão de respostas não é induzido pela estrutura das perguntas. Mas ainda podemos realizar mais um controle, uma espécie de controle positivo. Ainda falta demonstrar que pessoas que realmente conheçam a possibilidade de oxidação de lipídeos e aminoácidos para a síntese de ATP responderia corretamente à nossa pergunta. Porque, se essas pessoas também apresentassem respostas majoritariamente incorretas, então a formulação da pergunta estaria induzindo as pessoas ao erro.

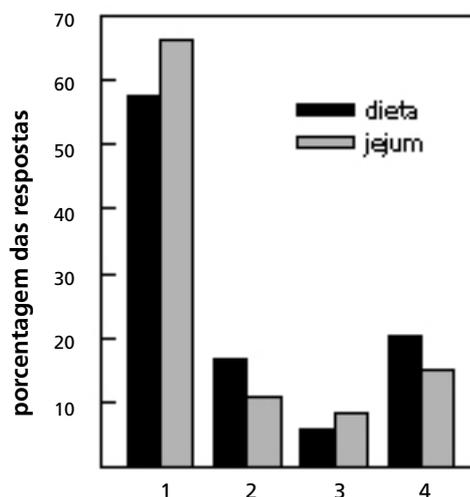


Como poderíamos testar experimentalmente a possibilidade que acabamos de mencionar?

Uma possibilidade seria apresentar a mesma pergunta para alunos que majoritariamente conhecessem as respostas corretas. Isto também foi feito. Os resultados obtidos com 154 alunos de graduação da faculdade de Medicina da UFRJ logo após a conclusão (e aprovação) desses alunos na disciplina de Bioquímica. Os resultados estão representados no Gráfico 6.4.

Analise os resultados apresentados no Gráfico 6.4, compare-o com aqueles apresentados no Gráfico 6.2 e discuta se eles corroboram ou se contrapõem à validade do instrumento de pesquisa utilizado.

**Gráfico 6.4**



Embora nem todos os alunos tenham apresentado respostas corretas, a maioria deles o fez. Podemos informar que resultados muito semelhantes foram obtidos seis meses depois, com os mesmos alunos (essa experiência foi feita pelos pesquisadores). Ou seja, a princípio, as perguntas inferem com razoável segurança os conhecimentos daqueles

que as respondem. Aparentemente, **elas não induzem ao erro**, o que nos traz de volta à estaca zero, certo? Não, exatamente. Afinal, se ainda não sabemos o porquê **da grande incidência de um mesmo erro no grupo de alunos que respondeu ao questionário**, pelo menos agora sabemos que algumas possíveis explicações não parecem ser válidas. Formular e testar hipóteses que se mostram improváveis (ou inválidas) faz parte do trabalho de buscar explicações prováveis (ou válidas).

### **APROFUNDANDO A PESQUISA EXPERIMENTAL: MAIS PERGUNTAS A RESPEITO DOS CONHECIMENTOS DOS ALUNOS SOBRE O METABOLISMO ENERGÉTICO**

Uma vez que os resultados anteriores não corroboraram a hipótese de que os padrões de respostas obtidos eram frutos de “artefatos” conseqüentes da composição da amostra ou da redação das perguntas, podemos avançar um pouco mais com a proposição de hipóteses.

No jargão científico, o termo **artefato** é usado para descrever resultados experimentais obtidos em conseqüência de protocolos experimentais falhos ou de manipulação experimental inadequada ou imprecisa. Em nossa aula, usamos esse termo também para nos referir a resultados de pesquisas no campo educação.

Que tal essa hipótese, para recomençar o trabalho: **os alunos desconhecem realmente que outras moléculas além dos carboidratos (glicose, mais especificamente) podem ser utilizadas na produção de energia (ou ATP) pelas células**. Esta, na verdade, seria uma explicação bastante simples e direta para o padrão de respostas encontrado. Para discuti-la, vamos ter de repetir uma abordagem que você já conhece.

#### **Como se poderia testar experimentalmente esta hipótese?**

Uma possibilidade seria continuar tratando do assunto das dietas para “perda de peso”, exatamente como começamos. Será possível que os alunos desconheçam que as dietas, associadas ao exercício físico (a tão famosa “malhação”), são rotineiramente utilizadas para a perda de peso? Será que nunca ouviram a expressão (bioquimicamente incorreta, aliás) “queimar as gordurinhas”? Nada melhor, então, do que perguntar para esses alunos exatamente isso, porém usando termos adequados:

- Quando uma pessoa faz uma dieta associada a exercícios físicos, é comum que perca “peso” (emagreça). O que a pessoa está “perdendo” (que tipo de molécula(s)) à medida que emagrece?
- Que uso o organismo está fazendo dessas moléculas que estão sendo consumidas quando se emagrece?

Dois padrões de respostas poderiam ser obtidos, cada um com uma interpretação diferente, como discutido a seguir:

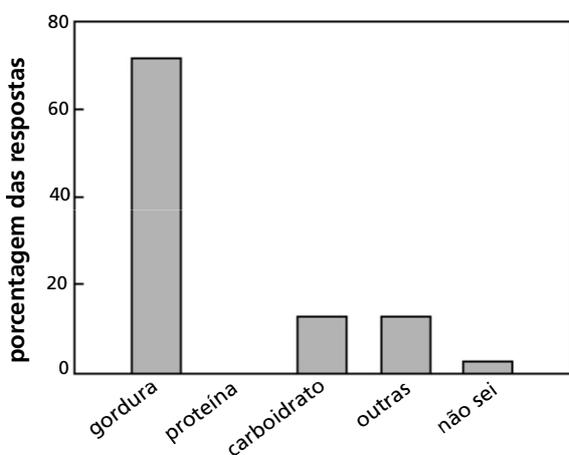
1. Se os alunos não soubessem responder a esta pergunta, ficaria corroborada a hipótese de que eles realmente desconhecem o uso dos lipídeos para a produção de ATP.

2. Se, no entanto, os alunos respondessem corretamente a essas perguntas, então o uso de lipídeos para a produção de ATP seria conhecido por eles.

Uma coisa importante a fazer caso a hipótese 2 fosse corroborada pelos resultados seria saber como eles responderiam àquela pergunta inicial sobre a produção de ATP durante a dieta e o jejum. Afinal, se eles reconhecem o uso dos lipídeos, deveriam responder corretamente às perguntas iniciais de nossa aula, não é mesmo?

O Gráfico 6.5 mostra o padrão de respostas de um outro grupo de 101 alunos de 1ª período da UFRJ às perguntas “a” e “b”. Já o Gráfico 6.6 mostra o padrão de respostas desse mesmo grupo de alunos às perguntas iniciais sobre a dieta e o jejum.

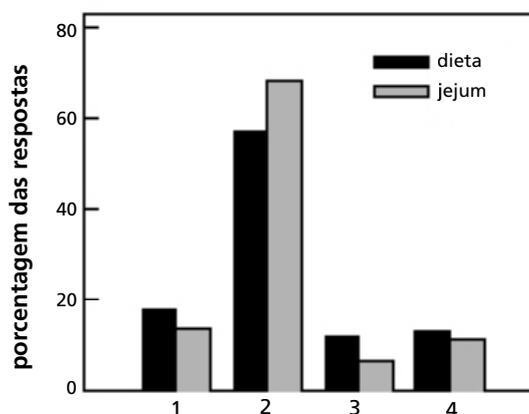
Gráfico 6.5



Analise os resultados do Gráfico 6.5 e discuta: qual das duas hipóteses parece ter sido corroborada pelos resultados? Por quê?

Agora, considere também os resultados apresentados no Gráfico 6.6 e reflita: os resultados de ambos os gráficos parecem coerentes entre si?

Gráfico 6.6



É curioso, mas a maioria (cerca de 70%) dos alunos reconhece claramente que os lipídeos são utilizados na produção de energia (vale destacar que os alunos raramente utilizaram o termo ATP) pelo organismo humano. No entanto, quando confrontados com as perguntas originais sobre produção de ATP na dieta e no jejum, as respostas se assemelham às do Gráfico 6.2, ou seja, indicam que somente a glicose é reconhecida como “fonte de energia” para a produção de ATP durante as dietas e o jejum. Este resultado parece bastante curioso, não é mesmo? Afinal, os alunos parecem estar utilizando diferentes concepções a respeito do metabolismo energético, uma para responder às questões “a” e “b” e outra para responder às questões iniciais. Nossa abordagem utilizando diferentes situações relacionadas a dietas parece não ter oferecido respostas conclusivas a respeito dos conhecimentos dos alunos sobre “quais moléculas podem ser utilizadas por nossas células para a produção de ATP?”.

**Refleta e proponha uma abordagem para obter informações sobre essa pergunta.**

Uma maneira bastante direta de obter essas informações seria perguntar abertamente para os alunos “quais moléculas podem ser utilizadas por nossas células para a produção de ATP?”. Mais uma vez, dois padrões de respostas, com diferentes interpretações, seriam possíveis:

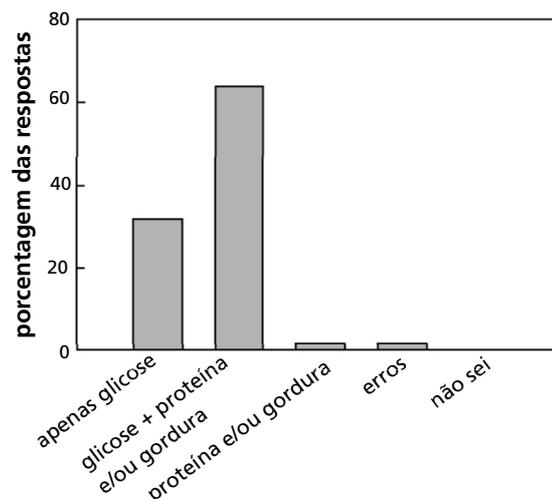
1. Se os alunos mencionarem somente a glicose em suas respostas, então estaria claro que desconhecem a possibilidade de utilização de lipídeos e/ou aminoácidos (entre outras moléculas) para fornecerem a energia necessária à produção de ATP.

2. Se os alunos mencionarem os lipídeos e/ou aminoácidos em suas respostas, o uso dessas moléculas seria conhecido. Mais uma vez, porém, seria essencial saber como esses alunos responderiam às perguntas iniciais (aquelas a respeito da dieta e do jejum). Afinal, se eles reconheceram o uso dos lipídeos e/ou aminoácidos, deveriam responder corretamente às perguntas iniciais de nossa aula, não é mesmo?

No Gráfico 6.7, é apresentado o padrão de respostas obtido quando a pergunta direta que mencionamos há pouco (“quais moléculas podem ser utilizadas...”) foi feita para 50 alunos de 1º período de Medicina da UFRJ.

Observe atentamente o Gráfico 6.7, analise os dados e verifique sua relação com as hipóteses que estamos testando. Qual delas parece ter sido corroborada? Por quê?

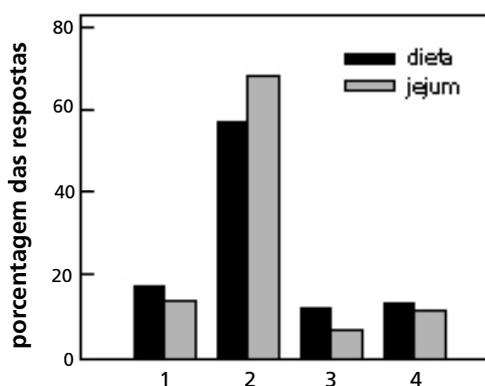
Gráfico 6.7



O fato de que a glicose foi mencionada espontaneamente por quase um terço dos alunos como única fonte de ATP é preocupante, já que revela um real desconhecimento de outras vias metabólicas. Porém, como a maioria deles (cerca de 60%) também associa os lipídeos à produção de ATP, nossa hipótese 2 parece ter sido corroborada, não é mesmo?

Analise os resultados mostrados no Gráfico 6.8, comparando-os com os do Gráfico 6.7. Os resultados de ambos os gráficos lhe parecem coerentes? Por quê?

Gráfico 6.8



Você deve ter notado mais uma estranha incoerência no padrão de respostas: o Gráfico 6.4 indica que os alunos reconhecem a possibilidade de as células utilizarem os lipídeos na produção de ATP, mas no Gráfico 6.5, eles voltam a se restringir somente ao uso da glicose nesta função celular. No entanto, como dissemos, **exatamente os mesmos alunos responderam às duas perguntas!** E agora? Como interpretar resultados como esses? Ao que parece, os alunos parecem utilizar diferentes respostas, em diferentes situações. Mas por que o fariam?

Procure rever todos os resultados apresentados e formular uma hipótese geral capaz de explicá-los.

## INTERPRETANDO AS CONTRADIÇÕES?

Os resultados apresentados ao longo das seções anteriores apontaram contradições entre as respostas dos alunos. Vamos agora tentar apresentar uma possível interpretação para elas.

Primeiro, é preciso deixar claro que temos de assumir que os controles utilizados nos permitem aceitar que as respostas às perguntas refletem os conhecimentos dos alunos e não são simples artefatos.

Partindo daquela premissa, é interessante notar que, quando o ATP era mencionado, em associação em uma questão a respeito de dietas (Gráficos 6.2, 6.6 e 6.8), os padrões de respostas obtidos indicavam que os alunos reconheciam somente a glicose como “fonte” de energia.

No entanto, quando a pergunta sobre dietas era totalmente aberta, os alunos foram amplamente capazes de identificar as gorduras (lipídeos) como fontes de energia metabólica (Gráfico 6.5). Além disso, como destacamos no texto, o termo ATP raramente foi usado pelos alunos em suas respostas, tendo sido utilizada majoritariamente a expressão “produção de energia”.

Finalmente não há dúvidas de que a maioria dos alunos efetivamente detém a informação de que os lipídeos, além da glicose, podem ser utilizados na produção de ATP, conforme foi mostrado no Gráfico 6.7, em resposta a uma pergunta absolutamente direta. No entanto, eles não a utilizam sempre, já que esses mesmos alunos identificam a glicose como única molécula passível de ser utilizada na produção de ATP quando respondem às perguntas originais.

Uma possível interpretação para o conjunto dos resultados seria, por tudo o que foi dito, que os alunos recorrem à concepção de que a glicose é a única (ou principal) molécula utilizada para a produção de energia, quando se deparam com perguntas que, de alguma forma, os remetem para o ensino formal, mas ao mesmo tempo lidam com situações cotidianas. Ou seja, de algum modo, os alunos parecem trazer do ensino formal a idéia de que a glicose é a única fonte de ATP, e, quando se deparam com situações que exigem a aplicação de conhecimentos formais a situações gerais, aplicam esta concepção. A presença do termo ATP, nas perguntas iniciais, por exemplo, poderia levar a essa associação o ensino formal (escolar), apesar de o assunto da pergunta ser uma dieta.

Quando, no entanto, as perguntas remetem livremente ao tema das dietas, os alunos utilizariam informações comuns em sua vida diária: durante dietas e exercícios, perdemos gorduras (“peso), que são consumidas na produção de energia.

Essa é, evidentemente, uma das interpretações possíveis. Para aceitá-la como válida, você tem de relacioná-la com os resultados apresentados e verificar se de algum modo eles a contradizem. Caso isto não ocorra, será preciso ainda que eles a corroborem. Se estas duas condições ocorrerem, a interpretação pode ser considerada válida.

Note que usamos os termos “corroborar” e não “confirmar”; “válida”, mas não “verdadeira” ou “certa” para nos referir às nossas interpretações ou hipóteses. Como vimos na Aula 1 de nosso curso, é preciso ser rigoroso ao produzir ou analisar conhecimento novo: uma explicação poderá ser refutada ou reformulada em função de novos resultados, novas críticas ou de novas interpretações para os resultados existentes. E é isso que torna o trabalho de pesquisa interessante. E, para muitos profissionais, a associação entre pesquisa e ensino torna ambas as atividades mais motivadoras.

### **CONCEPÇÕES PRÉVIAS, CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS E OUTROS CONCEITOS SEMELHANTES**

A persistência de conceitos contraditórios nos conhecimentos de uma mesma pessoa não é um fenômeno novo, nem mesmo raro. De fato, achados desse tipo são muito menos incomuns do que pode lhe parecer. E não é algo que ocorre somente com os alunos. Provavelmente ocorre com todos nós, sobre diferentes assuntos, é claro.

Os pesquisadores em educação em Ciências têm debruçado-se sobre esse tema desde o início da década de 1980. Já foram descritas situações em que concepções anteriores ao ensino formal (e cientificamente incorretas) persistiam nos conhecimentos dos alunos, mesmo quando eles eram bem-sucedidos em avaliações formais nas quais os conceitos cientificamente corretos eram aparentemente exigidos. Estas concepções não-científicas são muitas vezes denominadas concepções prévias. Em contrapartida, usa-se também o termo concepções alternativas, em parte porque algumas dessas concepções se mantêm após o ensino formal, e, em alguns casos, aparentemente “convivem” com as concepções científicas em um mesmo indivíduo, sendo cada uma delas utilizada

alternativamente por ele em diferentes contextos. As causas desse tipo de fenômeno são, como os fenômenos em si, bastante controversas e complexas. Em alguns casos, foi proposto que o aprendizado não teria sido significativo, ou seja, em um certo sentido não teria ocorrido verdadeiramente, uma vez que as concepções incorretas reapareciam depois das avaliações formais realizadas corretamente. Outras interpretações sugerem que essas explicações (concepções) alternativas se mostrariam mais funcionais no uso cotidiano. Foi proposto também que as concepções científicas são simplesmente impostas ou transmitidas, sem que os estudantes as percebam como válidas ou importantes. Trata-se de um campo de pesquisa que se expandiu e diversificou bastante nas últimas décadas.

Há diferentes maneiras de encarar as concepções alternativas ao longo do ensino formal. Há grupos que propõem que estratégias adequadas podem e devem ser utilizadas para que os estudantes substituam suas concepções por aquelas consideradas cientificamente corretas. Diferentes modelos para fazê-lo vem sendo propostos e contestados. De acordo com outros pontos de vista, trata-se tão-somente de permitir que o estudante compreenda as concepções científicas, reconheça seus critérios de validação, suas aplicações e saiba diferenciá-las das outras, ainda que utilize concepções diferentes em diferentes contextos. Trata-se de uma discussão que não aprofundaremos nem muito menos esgotaremos aqui.

Para concluir, temos de reconhecer que para algumas pessoas as concepções alternativas parecem absurdas porque colidem com a idéia de que ou sabemos ou não sabemos alguma coisa. Ou ainda que, se sabemos realmente alguma coisa, usamos este conhecimento, e não outro, quando enfrentamos situações que os requerem. Podemos até esquecê-los, mas usar outras informações diferentes (contraditórias) já é demais! Pode ser que a chave da questão esteja na palavra “realmente” que colocamos entre aspas mais uma vez. Pode ser.

Você alguma vez já ouviu dizerem, ou mesmo disse, algo como “feche a porta da geladeira para o frio não sair” ou “feche a porta da sala, para o frio não sair (quando o ar-condicionado está ligado)”?. Talvez, em um dia especialmente frio, você tenha dito “vou colocar (ou “coloque”) uma roupa mais quente” ou “não abra a porta para o frio não entrar”. Se você leu esse parágrafo e encontrou algo que costuma dizer, ou ouvir sem se incomodar, vale a pena lembrar algumas pequenas questões da Física. A roupa não é quente, ela retém o calor que nosso corpo produz.

Se você pegar seu casaco mais grosso e colocar um termômetro, verá que ele está frio, não é mesmo? Será que foi apenas um modo de falar? Será que temos em mente que nossos casacos são, de fato, apenas bons isolantes térmicos quando falamos? Se você acha que sim, vale a pena lembrar também que o frio jamais entra ou sai: porque ele não existe em termos físicos. É o calor que é trocado entre os corpos.

## **PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS?**

Na aula anterior, referimo-nos aos periódicos especializados na publicação de resultados de pesquisas originais. Mencionamos, também, a existência de congressos científicos com uma finalidade semelhante. Naquela ocasião, estávamos nos referindo à Bioquímica e à Biologia Celular. No entanto a Educação em geral, e a Educação em Ciências em particular, também se constituem em campos de pesquisa científica. No caso da Educação em Ciências, em particular, trata-se de um campo cujo crescimento se deu mais recentemente.

Embora existam periódicos especializados já há algumas décadas, seu número aumentou substancialmente a partir da década de 1970. Estes periódicos são fontes importantes de informações para pesquisadores da área, mas também para professores. Uma parte dos conhecimentos apresentados nos periódicos acaba sendo sintetizada em livros, mas este é um processo que leva alguns anos. Em um certo sentido, portanto, o acesso aos periódicos é uma forma de os pesquisadores e professores se manterem informados a respeito das discussões atuais de seu campo de trabalho, além, é claro, de serem os instrumentos disponíveis para divulgação dos resultados de suas pesquisas. Alguns fatores dificultam o acesso dos interessados a estes periódicos. Entre eles podemos destacar o uso do inglês como língua oficial e o fato de estarem disponíveis em poucas bibliotecas de universidades brasileiras. No caso do Estado do Rio de Janeiro, infelizmente as coleções desses periódicos encontram-se freqüentemente desatualizadas. Revistas importantes, como a *Science Education*, *International Journal of Science Education*, *Journal of Research in Science Teaching* e a revista catalã *Enseñanza de las Ciencias* disponibilizam apenas os títulos e os resumos dos artigos na Internet. Em alguns casos, é possível localizar o endereço de correio eletrônico ou o endereço profissional dos autores no próprio *site* das revistas e escrever pedindo cópias dos trabalhos. Para localizar as páginas de

diversos periódicos dedicados à pesquisa em Educação em Ciências ou em Educação em Biologia, uma boa dica é visitar a página <http://www.indiana.edu/~scied/journals.html>. Além disso, o Ministério da Educação permite o acesso a artigos de diversos periódicos importantes a partir do site <http://periódicosapes.gov.br>.

Mas nem tudo é assim tão difícil: boas revistas em português podem ser encontradas na Internet, como é o caso da *Química Nova na Escola* (<http://www.foco.lcc.ufmg.br/ensino/qnes/>) e da *Investigações em Ensino de Ciências* (<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>). A revista impressa *Ciência e Educação* também é uma importante referência para pesquisadores da área. Embora a proporção de artigos relacionados à Biologia seja relativamente pequena na maioria dos periódicos, esta proporção vem crescendo nos últimos anos. Muitos artigos de pesquisa não estão voltados para uma disciplina específica, portanto, são interessantes para aqueles que atuam no ensino de Ciências. Além disso, muitos temas são comuns ao ensino de disciplinas científicas (Física, Química e Biologia, por exemplo) e por isso a leitura de um artigo de uma área diferente de Biologia pode fornecer subsídios importantes para professores daquela disciplina. Um tema de interesse para professores que atuam em qualquer disciplina, por exemplo, são as concepções alternativas.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Discutimos a idéia de que um mesmo aluno (uma mesma pessoa) pode ter concepções diferentes a respeito de um mesmo assunto. Você não tem de acreditar que isso ocorre. Apresentamos aqui alguns poucos resultados de pesquisa: há inúmeros outros, certamente mais ilustrativos, na literatura científica a respeito do assunto. Será o caso de aprofundar seu estudo sobre o tema ao longo de sua formação e de seu trabalho docente. Esteja certo de que não faltarão oportunidades.

Assim, você poderá construir e embasar sua própria opinião.

É possível que você não tenha ficado satisfeito com a interpretação que oferecemos aqui para os resultados experimentais apresentados. Talvez você tenha proposto uma outra explicação para eles. Essa é uma oportunidade importante, que você não deve desperdiçar. Que tal submeter suas hipóteses ao sistema de “avaliação por pares”? E quem seriam os seus pares? Seus colegas, os tutores e os autores desta aula, é

claro. Mas ao entrar em um debate científico, é preciso ter uma coisa em mente: pode haver diversas interpretações para um mesmo fenômeno. E, neste sentido, a pesquisa em educação em Ciências não é diferente das outras áreas.

Apresentamos resultados experimentais ao longo desta aula para discutir a complexidade e a importância da tarefa de investigar o que os alunos sabem sobre um assunto que temos de abordar durante o ensino formal. De modo algum se pode extrapolar os dados mostrados aqui para outros contextos educacionais, sem fazer um mínimo de avaliações a respeito. Tais resultados retrataram uma situação detectada em um momento específico, usando uma certa metodologia. Acreditamos, é claro, que em contextos como aqueles, ela precisa ser levada em conta no momento do ensino formal do metabolismo energético. Afinal, os alunos parecem concluir o EM com a concepção de que a glicose é a única (ou mais importante) molécula oxidada para a produção de ATP. E ela não é, ou pelo menos, pode não ser.

É claro que não é razoável esperar que você desenvolva um projeto de pesquisa completo antes de começar cada aula. Mas seria (muito) interessante que tivesse em mente a idéia de que é essencial levar em conta o que seus alunos sabem. Porque eles “não pensam saber”, mas realmente sabem.

Se você deseja que o conhecimento científico interaja com os conhecimentos dele, e que em alguma medida se integre à cultura dele, é muito provável que este terá de ser um processo muito negociado. Enfim, não há por que desanimar, vendo as concepções dos alunos a respeito dos temas de Biologia apenas como dificuldades para o ensino. Elas criarão muitas oportunidades para que você se aventure e se arrisque a desenvolver maneiras diferentes de ensinar Biologia. Esta reflexão sobre seu próprio trabalho, certamente, o tornará mais motivador.

Se, como temos enfatizado, você se limitar a transmitir informações e a exigir sua memorização (ou mesmo sua utilização na solução de exercícios) em momentos de avaliações formais, há um risco bastante grande de que estas informações se percam ou sejam negligenciadas em relação a outras. E estas outras informações, embora cientificamente incorretas, podem ter mais significado para os alunos, em suas vidas diárias (ou mesmo escolar), do que aquelas que consideramos corretas. Talvez isso ocorra (essa é só mais uma hipótese) porque tenham sido aprendidas e utilizadas de outros modos – provavelmente mais significativos do que apenas em momentos de provas.

## Integrando metabolismo

AULA

7

# objetivos

- Nesta aula, ampliaremos a discussão da importância das concepções prévias dos alunos, explorando maneiras de lidar com elas. Faremos isso utilizando o exemplo discutido nas aulas anteriores a respeito do metabolismo energético.

### Pré-requisitos

Para realizar esta aula você deverá, necessariamente, ter realizado a AD-1 e a AP-1.

## INTRODUÇÃO

Ao longo desta aula, precisaremos assumir como válidas duas das conclusões de aulas e trabalhos anteriores:

1. os alunos chegam à 1ª série do EM com a concepção de que a glicose e outros açúcares (carboidratos em geral) são a única (ou principal) “fonte de energia” para nosso organismo;
2. o ensino formal contribui, através da ênfase em certos conteúdos, para o estabelecimento e/ou consolidação dessa concepção.

É claro que, depois ter analisado os dados que apresentamos, você poderá discordar de tais conclusões. E como elas são interpretações de um conjunto de resultados experimentais, o correto é tratá-las como hipóteses. É possível mesmo que você tenha proposto outras. Acreditamos que, ao longo das aulas e avaliações, abrimos espaço para suas divergências e especulações. No entanto, agora precisaremos de sua “cumplicidade voluntária” para que possamos aprofundar nossa discussão sobre o que fazer quando nos deparamos com certas situações durante o ensino de Biologia. Mais uma vez, vale a pena lembrar que, mesmo que você concorde integralmente com as conclusões propostas, elas não são necessariamente verdadeiras para outros contextos. Em resumo, o que nos interessa é desenvolver a capacidade de discutir propostas de atuação docente no campo da Bioquímica e da Biologia Celular, mais do que ensinar a você como lidar com uma situação específica.

A situação que propomos é a de um professor que estaria trabalhando em um contexto de sala de aula no qual as duas conclusões (ou hipóteses) que enumeramos anteriormente seriam verdadeiras.

É provável que você tenha refletido sobre o quanto aquela “famosa” concepção a respeito do metabolismo energético é importante e merece ser discutida. Afinal, temos enfatizado a importância de relacionar os temas que ensinamos à vida cotidiana ou, pelo menos, à realidade dos alunos.

### Vida cotidiana e realidade

Note que não estamos usando as expressões “vida cotidiana” e “realidade” como sinônimos. Fazemos isso porque acreditamos que há diferenças entre as duas coisas, embora ambas sejam importantes e, mesmo, complementares. Temas como a clonagem de seres humanos, por exemplo, não fazem parte da vida cotidiana dos alunos (já que eles não lidarão diretamente com ela), mas fazem parte da realidade de todos nós, na medida em que se trata de um tema científico e eticamente controverso, relacionado à Biologia e frequentemente abordado pelos meios de comunicação.

## INTEGRANDO UMA PROPOSTA DE ENSINO À REALIDADE

Acreditamos que será fácil convencer você da importância do conhecimento integrado do metabolismo energético, mencionando uma única palavra: dieta. Você certamente já se deu conta de que existe hoje uma pressão muito grande sobre as pessoas para que elas se mantenham com um peso corporal reduzido. Esta pressão é exercida com base em diversos conceitos, duvidosos em nosso entender, relacionados à estética, à saúde e à sexualidade. Se você está na dúvida quanto à validade de nossa afirmação, procure se recordar de quantos anúncios de produtos

para emagrecimento, aparelhos de ginástica e métodos “milagrosos” para redução de peso ou “melhoria da forma física” você viu nos últimos dias ou semanas. Se ainda assim estiver na dúvida, vá até à banca de revistas mais próxima e procure contar quantas revistas a respeito do assunto estão disponíveis. Procure verificar se alguma delas está voltada para o aumento de massa corporal. Você certamente verá que todas estão voltadas para pessoas cujo interesse imediato é a “perda de peso”.

Não é curioso, no entanto, que apesar de tantas sugestões, nenhuma proposta definitiva tenha sido apresentada até hoje? Será que isso está relacionado à complexidade de nosso metabolismo, às diferenças entre o metabolismo das pessoas ou à necessidade de vender revistas, medicamentos e aparelhos de ginástica? De qualquer modo, não pretendemos ampliar ou esgotar essa discussão nesta aula.

Nosso objetivo era apenas chamar sua atenção para a importância de um conhecimento minimamente adequado da complexidade do metabolismo energético para que uma pessoa possa compreender e avaliar a pertinência de propostas relacionadas ao emagrecimento, por exemplo. Afinal, é o metabolismo energético que supostamente se está tentando controlar em todas as propostas de emagrecimento, sejam elas válidas ou não.

## **INTEGRAR OU NÃO INTEGRAR? SEMPRE A MESMA QUESTÃO**

Voltemos agora para a situação que propusemos anteriormente. Como poderíamos discutir o metabolismo energético em uma turma em que os carboidratos fossem considerados como principais ou única fonte de energia? Estamos supondo que seria de seu interesse que os alunos se dessem conta de que aquela concepção é incorreta e que nossas células podem recorrer também às vias de oxidação de lipídeos e proteínas (aminoácidos) para a produção de ATP.



Refleta sobre o problema e proponha uma maneira de abordar o tema do metabolismo energético que contribua para questionar a concepção prévia dos alunos.

A proposta mais simples seria, é claro, informar aos alunos de que aquela concepção está incorreta e de que existem outras vias metabólicas disponíveis para produção de energia (ATP). Isto poderia ser feito simplesmente ensinando aos alunos essas vias, além, é claro, da via glicolítica. Não há dúvidas de que esta proposta apresentaria aos alunos as informações necessárias. Afinal, estaríamos apresentando a eles informações freqüentemente omitidas, conforme temos visto anteriormente. Isso seria um grande avanço em relação ao que tem sido feito, não é mesmo? Ao refletir sobre essa pergunta, procure levar em conta as outras duas que listamos a seguir.



Agindo dessa maneira, estaríamos estabelecendo relações entre o tema de nossas aulas e a realidade dos alunos?

Estaríamos abordando diretamente a concepção dos alunos a respeito do assunto?

Agindo assim, não estaríamos incorrendo no risco de que eles continuassem tratando as informações adquiridas em sala de aula como úteis somente no contexto escolar, ou seja, importantes apenas para a obtenção de boas notas ou conceitos nas avaliações?

É claro que não existem respostas precisas para esta pergunta. Para discuti-las, para variar, vamos propor mais algumas no próximo parágrafo. Depois voltaremos a elas.

Será que, ao ensinarmos as diferentes vias metabólicas, estaríamos permitindo que nossos alunos construíssem uma visão integrada do metabolismo energético? E, do ponto de vista do ensino, estaríamos dando aos nossos alunos a oportunidade de participar ativamente da construção deste conhecimento? O mesmo trabalho de pesquisa com o qual lidamos nas aulas anteriores forneceu alguns indícios a respeito das possíveis respostas para essas perguntas. Vamos analisar os resultados.

No Gráfico 6.2 da Aula 6, apresentamos a você os resultados obtidos quando alunos de primeiro período de Medicina que haviam cursado a disciplina de Bioquímica respondiam às duas perguntas a respeito da produção de ATP pelas células descritas no box. Agora vamos lhe dar algumas informações adicionais sobre o curso de Bioquímica oferecido àqueles alunos. O curso era dividido em quatro blocos e o **Quadro 7.1** contém um resumo dos conteúdos principais de cada bloco.

**Quadro 7.1:** Resumo dos conteúdos de cada bloco do curso de Bioquímica citado no trabalho de pesquisa.

Bloco	Conteúdos
1	Estrutura de proteínas e enzimas
2	Introdução à Bioenergética, Glicólise. Ciclo de Krebs e cadeia respiratória
3	Metabolismo de lipídeos e aminoácidos
4	Gliconeogênese e integração metabólica

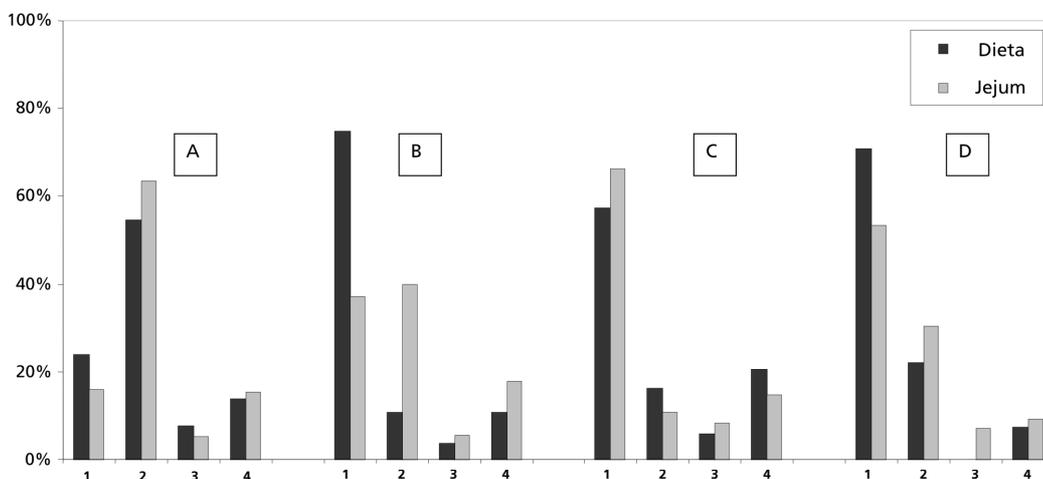
O curso deles, até o terceiro bloco, se assemelharia à proposta de ensinar as diferentes vias do metabolismo energético para lidar com a concepção prévia dos alunos. E uma de nossas perguntas não era exatamente se os alunos percebem a integração do metabolismo ao estudarem-no dessa forma? Uma boa maneira de lidar com esta dúvida seria apresentar as famosas duas perguntas da Aula 6 — reveja as perguntas se achar necessário — para alunos que tivessem concluído o terceiro bloco, mas ainda não tivessem começado o bloco 4, não é mesmo? E isso foi feito. O **Gráfico 7.1** mostra as respostas desses alunos do curso de Medicina às famosas duas perguntas da Aula 6.

**!** Veja que há muitas semelhanças entre seus cursos de Bioquímica I e II e aquele descrito no Quadro 7.1. Até mesmo a integração do metabolismo energético é discutida de um modo semelhante ao utilizado na Aula 9 de Bioquímica II.



Compare os resultados obtidos com os descritos no Gráfico 5.4 (cujos dados foram obtidos com alunos que haviam cursado os quatro blocos), procurando propor explicações para as diferenças eventualmente observadas.

**Gráfico 7.1:** Perfil de respostas de um mesmo grupo de alunos de primeiro período de Medicina às perguntas sobre a produção de ATP durante dietas ou jejum, classificadas conforme descrito na tabela 1 da Aula 6. Grupo A: antes do início das aulas; Grupo B: após a conclusão do Bloco 3 da disciplina de Bioquímica 1; Grupo C: imediatamente após a conclusão da disciplina de Bioquímica 1 e Grupo D oito meses após a conclusão da disciplina de Bioquímica 1.



Como você certamente notou, os resultados são diferentes. Os alunos que realizaram o quarto bloco apresentavam maior índice de acertos na questão relativa ao jejum, em relação aos que haviam concluído apenas o terceiro, embora o desempenho dos dois grupos fosse semelhante no caso da dieta.



Proponha uma explicação para a diferença nas repostas relativas ao jejum e à dieta.

A explicação para a diferença não é tão importante, no momento, quanto o simples fato de que ela existe. Ou seja, apresentar uma visão integrada do metabolismo contribui para que os alunos consolidem uma visão adequada do tema, e se mostrou uma estratégia mais eficaz do que ensinar as vias separadamente.

### **RESPOSTA: INTEGRAR. MAS COMO?**

Admitamos, então, que estamos todos convencidos de que o ensino do metabolismo energético deve se dar de modo a construir uma visão tão integrada quanto possível das vias que o compõem. Passemos agora à segunda questão, relativa à construção ativa de conhecimento por parte dos alunos. Você já notou que, até o momento, temos preferido apresentar sempre propostas em que não caiba aos alunos o papel de entender o que o professor diz, mas, sim, de aprender sob a orientação dele. Observe que não se trata de aprender sozinho, mas, pelo contrário, de aprender coletivamente.

Uma aula, com base na exposição das vias metabólicas pelo professor, dificilmente prevê a participação dos alunos, exceto, é claro, para expor suas dúvidas. Acontece que, muitas vezes, o aluno estabelece relações entre o que está sendo ensinado e suas próprias experiências. Dependendo do contexto, o aluno poderá ou não externar para a turma (e para o professor) estas relações que estabeleceu, ou as dúvidas que surgiram a partir delas. Em um contexto em que os alunos são convidados a participar e o raciocínio lógico e o debate são estimulados, isso possivelmente ocorrerá. Esperamos que esse venha a ser o caso de suas aulas. Mas se os alunos estabelecem essas relações espontaneamente, seria bom estar preparado para elas, ou, o que seria ainda melhor: estimulá-las. E, ao dizer isso, voltamos à questão relativa ao risco de que nossos alunos tratem os conhecimentos de Bioquímica e Biologia Celular como

de importância restrita ao contexto escolar. Talvez o interessante então fosse ensinar o metabolismo energético de modo integrado, contando com a participação ativa dos alunos, estabelecendo relações com a realidade deles e, finalmente, discutindo a concepção prévia diretamente. Uma proposta com tantos requisitos parece complicada, senão impossível. E talvez seja, mas vale a pena tentar. Trataremos de uma proposta desse tipo na próxima seção. Assim, você poderá avaliar a validade dela e, é claro, aperfeiçoá-la.

### **QUESTIONANDO AS CONCEPÇÕES PRÉVIAS DOS ALUNOS: UMA POSSÍVEL ESTRATÉGIA**

Na medida em que estamos nos propondo a questionar e, se possível, promover uma mudança nas concepções dos alunos, poderia nos parecer indicado usar uma abordagem em que isso fosse feito de modo direto.

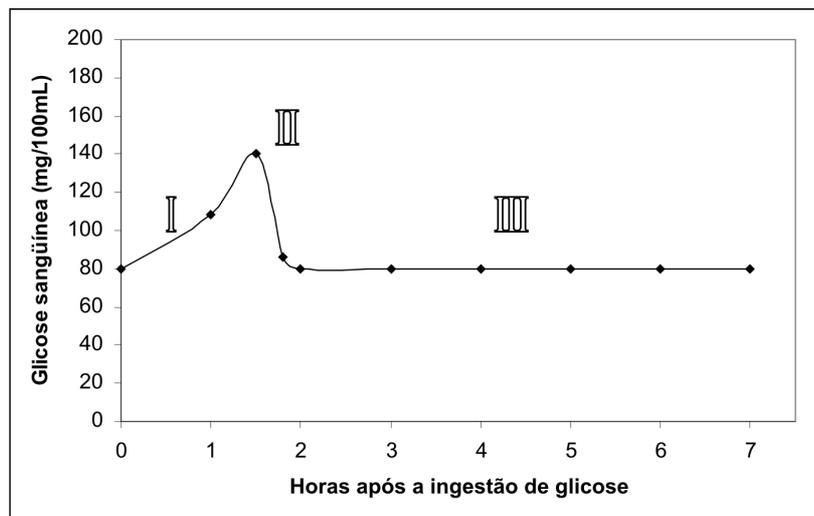
Ou seja, poderíamos fazer com que os alunos explicitassem suas concepções, para, em seguida, colocá-las em xeque com novas informações.

Porém, confrontá-los com fatos de nossa escolha, que demonstrassem que os carboidratos não são a única fonte de energia disponível para nossas células, não deixaria de ser uma forma de transmissão de conhecimento. Ou seja, estaríamos questionando diretamente as concepções prévias dos alunos, mas a atividade de questionamento seria nossa e não deles.

Vejam se é possível propor um exemplo de atividade na qual a concepção dos alunos fosse questionada diretamente, porém não explicitamente. Nesta situação, os alunos enfrentariam um problema que, ao mesmo tempo em que estaria diretamente relacionado às suas concepções prévias, não poderia ser resolvido recorrendo-se somente a elas. E, se tudo der certo, apresentará também relações com a realidade de todos nós.

O **Gráfico 7.2** mostra a curva glicêmica de um indivíduo normal. A curva glicêmica é realizada medindo-se as concentrações sanguíneas de um indivíduo que ingere um volume grande de uma solução saturada de sacarose. Esta sacarose é convertida em glicose e frutose pela ação da invertase (Aula 7 de Bioquímica I). Em muitos casos, a solução contém glicose, e não sacarose. Trata-se de um exame importante na diagnose da diabetes. Afinal, a glicemia de um indivíduo diabético se manteria elevada por um longo período, já que muitas de suas células não seriam capazes de captar a glicose circulante devido, por exemplo, à deficiência na produção de insulina. Voltemos à curva glicêmica de um indivíduo normal.

Gráfico 7.2: Curva glicêmica de um indivíduo normal.



Vale a pena ressaltar, antes de prosseguirmos, que o perfil de variação da glicemia de um indivíduo normal após uma refeição não seria muito diferente daqueles mostrados no Gráfico 7.2, embora as variações em valores absolutos possam ser bem menores.

Suponhamos que iniciemos o estudo do metabolismo apresentando aos nossos alunos um gráfico semelhante ao Gráfico 7.2, explicando-lhes que se trata da variação na glicemia após uma refeição rica em massas, por exemplo. Após os esclarecimentos necessários a respeito da metodologia, poderíamos pedir-lhes que propusessem explicações para as variações na glicemia, nos três períodos assinalados no gráfico.



Seria interessante que você aproveitasse esta oportunidade para relembrar seus conhecimentos de Bioquímica, fazendo exatamente aquilo que acabamos de sugerir. Faça isso e depois prossiga com a leitura.

A interpretação dos períodos I e II possivelmente seria menos problemática. O período I, por exemplo, pode ser interpretado com base em conceitos relativos à nutrição típicos da 7ª série do EF.

O aumento gradativo na glicemia está associado ao tempo necessário à digestão dos carboidratos, sua eventual conversão em glicose e absorção pelo trato digestivo. A discussão desta fase seria uma boa oportunidade para a revisão daqueles conceitos. O período II, por sua vez, poderia ser percebido (corretamente, aliás) como o tempo necessário

para a utilização da glicose pelas células. Naturalmente, a discussão desta parte poderia levá-los a explicitar a idéia de que a glicose estaria sendo consumida para a produção de energia.

A etapa III do **Gráfico 7.2**, porém, seria mais difícil de interpretar à luz da concepção prévia. Isto porque a glicemia se estabiliza por muitas horas após o fim da absorção. Como explicar que a glicose se mantenha estável, se, de acordo com a concepção prévia, deveria estar sendo consumida para a produção de energia? Esta pergunta poderia ser formulada pelo professor, ou, o que é bastante possível, poderia surgir na discussão coletiva das explicações dos alunos para o período III.

Pediríamos então aos alunos que propusessem hipóteses a respeito de mecanismos que permitissem que a concentração de uma molécula (glicose) permaneça constante no sangue de um indivíduo que não a está ingerindo ou absorvendo. Note que esta idéia já estaria em contradição com as concepções dos alunos, pois a concentração de glicose deveria diminuir, já as células continuariam a consumi-la (já que se trataria da sua única “fonte de energia”). Esta contradição poderá ou não ser percebida de imediato pelos alunos. Caso fosse, isso não impediria que eles formulassem hipóteses, apenas os “obrigaria” a levá-la em conta durante suas discussões. Note, ainda, que os alunos estariam diante de resultados experimentais, para os quais teriam de propor explicações hipotéticas e genéricas — já que as informações contidas no **Gráfico 7.2** não permitem conclusões de qualquer tipo a respeito dos mecanismos responsáveis pela estabilização da glicemia. Essa situação representa uma oportunidade preciosa, na medida em que gera um conflito entre os conceitos dos alunos e uma observação experimental. Oportunidades como essas merecem ser exploradas!



Faça agora um exercício de especulação. Proponha tantas hipóteses quanto puder para explicar a estabilização da glicemia. Procure fazer isso sem se preocupar se elas estão cientificamente corretas ou não. Em resumo, procure se colocar na posição dos alunos diante do problema proposto.



Uma estratégia para enriquecer a discussão e permitir a formulação de um maior número de hipóteses seria a divisão da turma em pequenos grupos que trabalhariam separadamente. Em um segundo momento, cada grupo apresentaria suas hipóteses para turma, que avaliaria coletivamente todas as hipóteses propostas, ou seja, seria realizada mais uma “revisão por pares”.



Verifique se suas hipóteses se “encaixam” em uma das três categorias. Caso isso não ocorra, seria interessante submetê-la a uma revisão por seus pares. Pode ser uma oportunidade rica de discussão.

Em nossa prática, notamos que os alunos propõem diversas hipóteses, mas que todas elas podem ser classificadas em três categorias principais:

- a) as células deixam de consumir glicose;
- b) o organismo passa a utilizar suas reservas de glicose, que são, de algum modo, lançadas no sangue;
- c) o organismo passa a produzir glicose.

As duas últimas categorias, na verdade, baseiam-se em um mesmo princípio: o de que a glicose sanguínea é repostada pelo organismo.

É possível que os alunos proponham que isto ocorra exatamente em função da concepção de que as células precisam de glicose, logo, ela não pode “faltar”. Esse tipo de argumento finalista é muito comum e, cada vez que aparece, oferece uma oportunidade de discussão das diferenças entre causas (mecanismo de estabilização da glicose) e conseqüências (importância da glicose para o metabolismo). Ou seja, se um grupo que afirma a “glicose se mantém constante porque o organismo depende dela para produzir energia”, é importante discutir essa diferença objetivamente com a turma. Afinal, não dispomos de mecanismos metabólicos para suprir todas as nossas necessidades em qualquer situação. E é por isso que, muitas vezes, as pessoas passam mal ou ficam doentes! Voltaremos a essa discussão em aulas futuras.

Vale a pena ressaltar que nenhum dos três tipos de resposta que listamos está incorreto. Afinal, processos metabólicos relacionados a cada uma delas realmente existem.



Recorde seus conhecimentos de Bioquímica e identifique pelo menos uma via metabólica responsável pela validade de cada um dos tipos de resposta listado.

De fato, como listaremos a seguir, podemos identificar pelo menos uma via metabólica que corresponde a cada uma das categorias de resposta. Usaremos as mesmas letras que usamos no caso das hipóteses para facilitar a identificação das relações entre elas e as vias metabólicas envolvidas:

- a) ocorre a utilização de lipídeos e proteínas por células musculares, do tecido adiposo e hepáticas, por exemplo;
- b) o glicogênio hepático e muscular pode ser mobilizado por essas células e, no caso do fígado, essa glicose pode ser secretada para o sangue, contribuindo para a manutenção da glicemia;
- c) a glicose pode ser produzida através da gliconeogênese por tecidos hepáticos e renais.

É claro que os alunos não dispõem de nenhum desses conhecimentos. Mas, possivelmente, terão formulado hipóteses genéricas para explicar a estabilização da concentração da glicose. Exatamente por isso, no entanto, a situação proposta pode tê-los feito elaborar hipóteses genericamente válidas e que envolvem processos que integram o metabolismo.

É claro também que, para muitos alunos, as respostas do tipo “a” parecerão inaceitáveis ou improváveis, já que estarão em nítida contradição com suas concepções prévias. Mas também é possível que alguns alunos comecem a estabelecer relações entre as respostas do tipo “a” e expressões de uso coloquial, como, por exemplo, “queimar gordurinhas”, usada quando se trata de uma dieta de emagrecimento. Se ambas as coisas ocorressem, estaríamos alcançando dois de nossos objetivos principais: a participação ativa dos alunos (na formulação de hipóteses e no debate) e o estabelecimento de relações entre as aulas de Biologia e a sua realidade. Teria sido um bom começo, não é mesmo?

Mas, o que fazer em seguida?

## **LIDANDO COM HIPÓTESES QUE DIFICILMENTE PODEM SER ABORDADAS EXPERIMENTALMENTE NA ESCOLA**

Depois de sistematizar com os alunos todas as hipóteses propostas, vamos admitir que, com boa vontade, todas elas se encaixassem nas categorias propostas. Considerando que estamos lidando com hipóteses a respeito do metabolismo, e que a Bioquímica e a Biologia Celular são ciências essencialmente experimentais, o que fazer com as hipóteses propostas? Uma resposta razoável seria solicitar aos alunos que propusessem experiências capazes de testá-las. A idéia parece ótima a princípio, e, no fim das contas, pode até ser mesmo muito boa. Mas o título desta seção já deve ter alertado você para um dos tipos de problemas que enfrentaríamos a seguir. E haveria outros.

Normalmente, os alunos do EM não dominam, ou melhor, na maioria das vezes, nem sequer conhecem as técnicas disponíveis para estudos bioquímicos (uso de marcadores radioativos, culturas de células etc.). Portanto, a primeira barreira a ser transposta em uma proposta como a nossa seria a de que eles não dispõem do arcabouço de conhecimentos teórico-práticos necessários para efetivamente conceber uma experiência em bioquímica. De fato, uma das maneiras de conceber o ensino de Ciências em geral, e de Biologia em particular, pressupõe que as questões

a serem estudadas devem partir dos alunos, bem como devem ser eles os proponentes, dentro do que sabem, das maneiras de testar suas próprias hipóteses. Em um modelo mais radical de ensino desse tipo, o professor não deveria sequer corrigir conclusões incorretas, já que elas refletem o que teria sido realmente possível ao aluno aprender. Nós vemos uma série de problemas com essa abordagem, que gostaríamos de discutir com você na próxima seção. Depois voltaremos à nossa proposta, não se preocupe.

### **PAUSA PARA DISCUTIR UMA VISÃO COMUM A RESPEITO DO ENSINO DE CIÊNCIAS**

Primeiro, temos críticas de ordem prática à visão que acabamos de mencionar. Se vivemos em uma realidade de ensino por ciclos ou séries, espera-se que os alunos dominem certos conceitos para que possam avançar para o ciclo/série seguinte. Nesse caso, a busca de respostas para perguntas espontaneamente formuladas dificilmente permitiria que alguma uniformidade fosse alcançada no que diz respeito aos conhecimentos específicos construídos pelas diferentes turmas.

Além disso, ainda no campo dos problemas práticos, as questões propostas pelos alunos podem ser muito variadas, e mesmo que chegássemos a um consenso (através de uma votação, por exemplo) sobre qual assunto estudar, esse assunto poderia ser virtualmente impossível de trabalhar em contexto de construção do conhecimento. Note que não estamos esquecendo que hoje, com os meios de comunicação disponíveis, uma pesquisa bastante detalhada virtualmente sobre qualquer assunto pode ser feita, usando-se material impresso, vídeos e, é claro, a internet (daí termos usado a palavra virtualmente). Trata-se, sem dúvida, de uma forma de pesquisa ativa. Mas vamos propor uma pergunta para aprofundar um pouco a discussão.



Quais as diferenças, em termos de modo de aprendizado, entre receber informações corretas de um professor ou localizá-las em um livro ou na internet?

Você certamente encontrou diferenças. Mas existem também semelhanças importantes. Por exemplo, o aluno sai em busca de uma fonte confiável e recebe informações dessa fonte. Qual o papel reservado para os alunos, senão de receptores de informações? Eles elegeram o tema, escolheram os meios de pesquisa, o que é muito interessante, mas, na hora de buscar o conhecimento, não o receberam pronto, ainda que de fontes diversas? Claro que, se estivermos tratando de um tema controverso, como os transgênicos ou a clonagem, o recurso a esse tipo de pesquisa colocará o aluno em contato com controvérsias muito vivas e fundamentais. Logo, não estamos contestando a estratégia em si, mas sim a idéia de basear o ensino apenas nas curiosidades espontâneas dos alunos.

Nossa crítica mais profunda a esse tipo de proposta, no entanto, não é prática, mas sim conceitual. E podemos resumi-la da seguinte forma: não acreditamos que a pesquisa científica aconteça assim.

Ou seja, não se trata de um indivíduo simplesmente curioso a respeito de qualquer tema, desconhecedor dos conhecimentos existentes a respeito de um assunto, realizando as experiências que lhe ocorre espontaneamente fazer, usando os equipamentos que conhece. E acreditamos que tocamos nesse assunto quando tratamos de modelos na Aula 1, de revisão por pares e de grupos de pesquisa na Aula 6 e do papel do professor-orientador em todas as aulas, inclusive nesta. Em resumo, entendemos que a pesquisa é feita em grupos organizados, composta de pessoas com maior conhecimento específico, que orientam, com base em seus conhecimentos das técnicas e da bibliografia, outros pesquisadores em níveis mais iniciais de formação. Espera-se que esse modelo, pouco a pouco, leve os aprendizes a construir sua autonomia e adquirir a habilidade de prosseguir independentemente com a pesquisa, inclusive questionando o conhecimento prévio de forma radical.

Tendo essa visão em mente, podemos admitir que um professor pode sentir-se tranquilo para propor um tema de trabalho, e também para orientar os alunos em suas pesquisas na busca das respostas desejadas. Em síntese, estamos propondo um modelo que incorpora a curiosidade e a criatividade dos alunos a um ensino orientado pelo professor.

E, dito isso, voltamos à nossa proposta na próxima seção.

### **LIDANDO COM HIPÓTESES QUE DIFICILMENTE PODEM SER ABORDADAS EXPERIMENTALMENTE NA ESCOLA**

Não, você ainda não está andando em círculos. Repetimos o título da seção para retomar a discussão de onde paramos. Nossos alunos deveriam propor experiências, mas não dispunham de conhecimentos técnicos ou científicos para isso. Muito bem, então, temos problemas.

Mas nem todos os problemas nesta vida, nem neste curso, são sem solução. Vamos procurar uma para os nossos.

Podemos fazer algo parecido com o que fizemos com você na seção 3 desta aula, quando propusemos que você especulasse sobre um assunto e propusesse explicações para um problema, sem se preocupar com o fato de elas serem ou não corretas cientificamente. No caso de nossa aula hipotética, os alunos poderiam propor experiências sem se preocuparem com o fato de elas serem tecnicamente possíveis ou não.

O importante seria que eles tivessem clareza do que estão querendo fazer e por que. Parece complicado? Pode ser. Vamos a um exemplo.

Um aluno pode propor “medir se o organismo está produzindo glicose ou não”. Ao ser questionado sobre como fazer isso, um aluno que tenha realizado uma atividade semelhante à que propusemos na Aula 4 de nosso curso, poderia, por exemplo, propor o uso de um reagente específico para glicose no sangue. Naturalmente, você ou outros colegas, poderiam levá-lo a perceber que o reagente detectaria a glicose sanguínea, mas não poderia determinar se ela “estava lá” porque tinha sido ingerida e não estava sendo utilizada (hipótese do tipo “a”) ou se estava sendo produzida (hipótese do tipo “b”) ou mesmo se estava sendo liberada a partir de reservas (hipótese do tipo “c”). Enfim, a discussão poderia levar os alunos a imaginar que seria preciso marcar a glicose ingerida para saber que destino ela estaria tomando dentro de nosso organismo.

Nesse momento, eles poderiam querer saber se é possível marcar moléculas.

E você, como orientador, poderia responder que sim, trazendo para a aula alguma informação sobre o uso de precursores radioativos no estudo das reações químicas.

No tipo de proposta que acabamos de exemplificar, o que os alunos precisariam identificar claramente seriam os princípios da experiência que gostariam de realizar. Ela poderia ser formulada de modo bastante genérico, como por exemplo: “poderíamos dar uma glicose diferente (ou marcada) e ver se ela estava sendo consumida pelo organismo”.

Teria cabido a você, e aos colegas, problematizar a experiência de modo que todos a entendessem e pudessem criticá-la. Ao menos até que chegassem a uma proposta aceitável pelo coletivo (turma + professor). Isso feito, oferecer as informações a respeito de como a experiência poderia efetivamente ser realizada em um laboratório de pesquisa caberia ao orientador (você). E, se você prestar atenção, a experiência proposta testaria muito melhor hipóteses do tipo “a” do que aquelas do tipo “c”. Isso, em nosso entender, não teria a menor importância. Bastaria voltar à discussão para as outras hipóteses, para que eles propusessem experiências adequadas a cada uma delas.

Suponhamos agora que tenhamos feito tudo isto. Ou seja, que tenhamos discutido cada hipótese com a turma e que, ao final dos trabalhos, tenhamos um elenco de experiências capazes de testar cada uma delas. Só não temos como realizá-las... O que fazer, então?

### **LIDANDO COM HIPÓTESES QUE DIFICILMENTE PODEM SER ABORDADAS EXPERIMENTALMENTE NA ESCOLA**

Não, não foi um erro de impressão. Nem você está andando em círculos. Dessa vez repetimos o título para que você perceba que avançamos muitos passos, mas continuamos diante de um mesmo problema: as experiências propostas seriam irrealizáveis em uma escola de Ensino Médio e Fundamental. E agora, o que fazer? Dizer a eles quais experiências dariam certo ou não? Não. Se fugimos da transmissão de conhecimentos pura e simples até aqui, não vamos nos render agora. E não há motivos para isso.

Se os alunos identificaram e entenderam os princípios que norteiam as experiências que desejariam fazer e, ao mesmo tempo, participaram do processo de proposição das hipóteses que elas pretendem testar, poderíamos oferecer os resultados de experiências similares às propostas, e pedir a eles que os interpretassem. Desse modo, exercitaríamos mais uma vez a capacidade deles de interpretação de resultados experimentais, como fizemos na Aula 4. Só que dessa vez eles não teriam feito as

experiências, embora entendessem seus princípios. No fim das contas, estaríamos fazendo o contrário do que seria de se esperar em uma proposta como aquelas que criticamos na seção 5: estaríamos discutindo resultados de experiências que os alunos não realizaram. Mas não estaríamos simplesmente transmitindo conhecimentos, estaríamos?

Esperamos que sua resposta tenha sido não. Esperamos, de fato, que você tenha percebido que o professor, como orientador, não precisa se comportar como um aluno. Não precisa tampouco fingir que não sabe o que sabe. O que ele pode fazer é usar o que sabe como recurso para orientar os alunos no processo de buscar aprender mais, com base em seus próprios conhecimentos e propostas. Não se trata de um aprendizado espontâneo, mas sim de um aprendizado relativamente autônomo, porque orientado. É isso que ocorre na pesquisa científica.

### **ORGANIZANDO UMA SEQÜÊNCIA DE TRABALHO (ENSINO)**

É possível que, ao longo das seções anteriores, tenha lhe parecido muito complicado planejar uma aula (ou um curso) do modo como propusemos. Afinal, os alunos propoariam diversas hipóteses, e, em seguida, diversas experiências para testar cada uma delas. E, para complicar ainda mais, teríamos de fornecer informações sobre a viabilidade de cada uma delas, em termos de técnicas. Tudo isso junto, poderia demorar uma eternidade...

A primeira coisa que podemos lhe dizer é que você deve flexibilizar o conceito de planejamento. Um planejamento não é uma receita fixa e imutável de passos, aulas e conteúdos. Afinal, se você pretende que os alunos participem ativamente do aprendizado, não pode planejar previamente o que eles farão e como. Assim, terá de reservar espaço e tempo em seu curso para lidar com a diversidade de hipóteses e experiências propostas. Em contrapartida, dois fatores contribuirão para facilitar seu trabalho nessas condições. O primeiro é o fato de que os alunos não precisarão propor todos os detalhes do protocolo experimental, somente compreender os princípios por trás de cada experiência. Tampouco todas as experiências para testar uma mesma hipótese precisarão ser discutidas. Tendo em mãos as conclusões de uma

delas, será perfeitamente possível discutir de forma sintética os resultados esperados de outras. Isso porque, uma vez testada e corroborada uma hipótese, podemos fazer facilmente previsões sobre os resultados de outras experiências que serviriam para testá-la. O mesmo vale para hipóteses negadas durante a discussão de uma experiência, é claro.

Por exemplo, se analisamos uma experiência na qual se usam marcadores radioativos para mostrar que a glicose está sendo consumida no intervalo III da curva glicêmica, é perfeitamente possível identificar quais seriam os resultados esperados de outras experiências relacionadas à mesma hipótese. Afinal, já saberíamos que a glicose está sendo consumida de fato, ou seja, isso deixou de ser uma hipótese.

O segundo fator que o ajudaria seria, é claro, a experiência com uma determinada proposta. Se você utilizar uma mesma abordagem mais de uma vez, perceberá que as hipóteses possíveis (e razoáveis) que podem ser propostas não são infinitas, pelo contrário, são bastante limitadas. O mesmo acontece com as experiências. E, em ambos os casos, é bom lembrar que o que importa é identificar os princípios subjacentes a cada uma delas. Fazendo isso no caso das hipóteses, por exemplo, reduzimos todas elas a três categorias principais. Com isso, no momento seguinte, o da proposição de experiências, haveria somente três hipóteses de fato para serem testadas. Se o conhecimento prévio é fundamental na pesquisa científica, é natural que o seja também no ensino de Ciências.

Ainda assim, há dúvidas que precisam ser esclarecidas.

Por exemplo, o melhor é listar primeiro todas as hipóteses para explicar a fase III da curva glicêmica e depois propor experiências para testar cada uma delas, ou para cada hipótese elabora-se uma experiência, para somente depois voltar à discussão de outras hipóteses? Na nossa opinião, a primeira idéia é mais eficaz. Se vamos sintetizar todas as hipóteses em seus princípios subjacentes, o melhor é ter todas expostas. Isto nos permitirá ter um número menor de hipóteses para abordar “experimentalmente”.

## UM EXEMPLO DE PROPOSTA CONCRETA, PARA VARIAR

Nas seções anteriores, propusemos começar com a discussão de uma curva glicêmica, destacando que a parte mais importante e rica da discussão seria aquela relativa à etapa III da curva. No entanto, não exemplificamos como poderíamos abordar os três tipos de hipóteses.

Isso pode ter contribuído também para que a execução de uma proposta como a nossa lhe parecesse muito difícil. Mesmo tendo em mente que este curso não é um manual sobre como ensinar cada conteúdo, entendemos que um exemplo no caso específico das discussões que poderiam surgir a partir da análise da curva glicêmica enriqueceria e ilustraria bem a viabilidade de propostas de planejamento relativamente aberto. Acreditamos que, para conquistar você para nosso modo de conceber o ensino, seria bom mostrar que ele é, ou pelo menos foi, viável.

A idéia de usar a curva glicêmica foi utilizada no Rio de Janeiro, em uma escola que não dispunha de laboratórios equipados para realizar experiências complexas. Por esse motivo, e também para adequação ao tempo disponível, experiências baseadas nas propostas dos alunos foram apresentadas por escrito, em estudos dirigidos. Na verdade, o procedimento adotado foi muito semelhante àquele proposto ao longo de nossas últimas aulas, e em especial, nesta aula mesmo.

No **Quadro 7.2**, listamos a seqüência de aulas adotada, bem como os temas, objetivos e conteúdos (utilizados para atingir cada objetivo) de cada uma delas. Note que os autores realizaram um exercício de especulação a respeito das possíveis hipóteses dos alunos, semelhante àquele que propusemos que você fizesse. No **Quadro 7.3**, indicamos as estratégias utilizadas, as questões (hipóteses) levantadas pelos alunos em cada aula. Analisando os dois quadros conjuntamente, você poderá perceber que houve uma preocupação com o encadeamento das aulas de acordo com as hipóteses propostas e que, uma vez identificados os princípios de cada teste, coube ao professor/orientador apresentar resultados para serem discutidos pelos alunos.

A primeira aula não foi, na verdade, dedicada à discussão da curva glicêmica, mas sim a uma atividade que visava a destacar o enorme consumo de ATP pelas células em uma função estudada previamente, a expressão gênica (transcrição e tradução, basicamente).

Você notará, ainda, que o professor recorreu à transmissão de conhecimentos nas aulas de catabolismo da glicose. A questão é: que conhecimento foi tratado dessa forma e em que contexto. Isso foi feito a partir de uma idéia dos alunos de que a glicose podia ser utilizada na

produção de energia (lembra dela?). Na verdade, as experiências com uso de precursores radioativos para elucidação da oxidação de aminoácidos e lipídeos só foram possíveis porque os alunos dispunham de um “mapa” metabólico da via glicolítica completa. Assim, puderam perceber o significado das diferentes moléculas que apareciam radioativas quando as células eram “alimentadas” com aminoácidos ou lipídeos radioativos. No caso da proposta que apresentamos, portanto, o conhecimento do catabolismo da glicose foi considerado pré-requisito para as etapas seguintes. Nada disso, é claro, anula o fato de que houve transmissão de conhecimento. De qualquer modo, você poderá refletir, em sua prática, se é realmente importante conhecer as vias metabólicas ou se basta a noção geral de quais moléculas são usadas ou não.

Será muito mais fácil compreender a proposta se você a discutir com seus colegas e, em especial, se a discutir com os tutores. Faça isso. Eles dispõem de material adicional que poderá ajudá-lo nesta tarefa.

**Quadro 7.2:** A proposta de trabalho

Tema	Objetivo Principal	Conteúdo
ATP	Perceber a importância do ATP em processos celulares estudados anteriormente pelos alunos	Consumo de ATP nos processos de transcrição, tradução e duplicação do ADN
Glicemia	Perceber a variação na utilização da glicose pelos tecidos ao longo do tempo	Curva glicêmica de um indivíduo normal e um paciente diabético
Catabolismo da Glicose	Conhecer e compreender as principais etapas das vias de oxidação da glicose	Glicólise, Ciclo de Krebs, cadeia respiratória e síntese de ATP através do gradiente de prótons
Nutrientes Celulares	Compreender as vias de degradação de lipídeos e proteínas e o Ciclo de Krebs como via de integração metabólica	Dieta pobre em carboidratos (Dr. Atkins), oxidação de lipídeos e aminoácidos
Diversidade Celular	Perceber a necessidade de utilização de diferentes nutrientes por vários tipos celulares	Metabolismo em tipos celulares que possuem ou não mitocôndrias: adipócitos, neurônios, hemácias, hepatócitos e células do cristalino
Jejum Prolongado	Perceber a existência de síntese de glicose relacionando-a às vias catabólicas previamente discutidas	Relações entre o metabolismo de diferentes tipos celulares e a gliconeogênese
Integração entre diferentes tecidos (hemácia, cristalino, hepatócitos etc.)	Perceber a integração das vias metabólicas em diferentes situações fisiológicas	Resumo e discussão das vias metabólicas e sua integração nos diferentes tecidos no jejum e no estado pós-absortivo

Quadro 7.3: Os resultados do desenvolvimento da proposta

Tema	Abordagem	Conclusões	Questões e/ou hipóteses
Importância do ATP para o funcionamento do organismo	Cálculos aproximados da quantidade de ATP necessária para produzir uma molécula de hemoglobina e para duplicação do ADN de uma célula	<ul style="list-style-type: none"> <li>• As células usam uma enorme quantidade de ATP</li> <li>• O ATP vem da respiração (e dos alimentos)</li> </ul>	“Como esta grande quantidade de ATP é produzida?”
Variações da glicemia após a ingestão de glicose	Curva glicêmica de um paciente normal e de um diabético: explicações sobre as variações na concentração sangüínea de glicose	Revisão da digestão dos alimentos. Após a digestão, a glicose vai para a corrente sangüínea, de onde será absorvida para as células	Os alunos levantaram as seguintes hipóteses (testadas nas aulas subseqüentes) para explicar a manutenção da glicemia após algumas horas de jejum: <ul style="list-style-type: none"> <li>• As células armazenam a glicose após a alimentação</li> <li>• As células utilizam outras fontes de produção de ATP</li> <li>• O organismo pode fabricar glicose</li> </ul>
Catabolismo da glicose	Aula expositiva com ênfase no processo geral	Compreensão de como as células produzem ATP (resposta parcial à pergunta surgida na aula sobre o ATP)	
Catabolismo de aminoácidos e lipídeos (em três partes)	1ª parte: apresentamos as medidas da perda de peso magro e gordo de um paciente que realizou uma dieta com base na exclusão total de carboidratos e perguntamos a que moléculas correspondem esta perda	Quando uma pessoa emagrece, ela perde gorduras, proteínas e água	Nesta parte, os alunos levantaram a seguinte hipótese: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Os lipídeos e aminoácidos são utilizados na produção de ATP</li> </ul>
	2ª e 3ª partes: mostrar um experimento hipotético utilizando precursores radioativos em que os alunos podiam testar a hipótese de que lipídeos e aminoácidos são usados na produção de ATP	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lipídeos e aminoácidos podem gerar ATP, uma vez que os produtos de sua degradação são intermediários das vias de produção de ATP conhecidas</li> <li>• Os lipídeos produzem mais Acetil-CoA por número total de carbonos do que a glicose</li> </ul>	“Por que o organismo não utiliza somente os lipídeos na produção de ATP, já que os lipídeos podem produzir mais ATP por átomo de carbono do que a glicose?”

<p>Metabolismo energético em células com mitocôndria e em células sem mitocôndria</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresentamos aos alunos esquemas de células, algumas das quais não possuem mitocôndria, e eles determinam quais moléculas poderiam ser utilizadas por elas na produção de ATP</li> <li>• Os tipos celulares que possuem mitocôndria também foram discutidos em relação às moléculas que poderiam ser utilizadas na produção de ATP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• As células que não possuem mitocôndria utilizam somente a glicose para obter ATP (através do processo de fermentação láctica)</li> <li>• As células com mitocôndria (exceto os neurônios) podem utilizar, além da glicose, os lipídeos e aminoácidos para produzir ATP</li> <li>• Com as duas conclusões anteriores, os alunos responderam por que o organismo depende também da glicose na produção de ATP</li> </ul>	<p>“As células que podem utilizar as três moléculas na produção de ATP possuem alguma preferência a alguma delas, ou seja, existiria alguma regulação definindo o composto a ser usado?”</p>
<p>Integração do metabolismo no jejum prolongado (em duas partes)</p>	<p>1ª parte: apresentamos em um gráfico a variação das concentrações sanguíneas de glicose e lipídeos, e a quantidade de glicogênio hepático durante o jejum. Com estes dados, os alunos discutiram e criaram hipóteses que explicassem estas variações. Os alunos tiveram de identificar os tecidos de origem e consumo das moléculas analisadas no gráfico</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Os alunos perceberam que em um jejum prolongado ocorre uma mobilização de lipídeos do tecido adiposo. Estes lipídeos se acumulam no sangue e são utilizados na produção de ATP dos tipos celulares que possuem mitocôndria</li> <li>• Os tipos celulares que não possuem mitocôndria continuam consumindo a glicose que estava armazenada no fígado como glicogênio</li> </ul>	<p>Os alunos formularam a seguinte hipótese:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• O organismo deve produzir glicose, já que a reserva de glicogênio se acaba e a glicemia se mantém, apesar do consumo de glicose pelos neurônios e células sem mitocôndria</li> </ul>
	<p>2ª parte: teste da hipótese de que o organismo é capaz de produzir glicose a partir de uma experiência com base nos trabalhos do casal Cori. Os intermediários da via não foram abordados</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Em todas as turmas, os alunos identificaram o lactato e os aminoácidos como precursores da via gliconeogênica</li> <li>• Os alunos perceberam que a glicose nas hemácias é convertida ao lactato, que vai para o fígado, onde é convertido novamente em glicose, que pode voltar a ser consumida por outros tipos celulares</li> </ul>	<p>Alguns alunos se perguntaram a partir de qual molécula o fígado estaria produzindo ATP no jejum prolongado, uma vez que, nesta condição, os hepatócitos estarão produzindo glicose. A resposta de que os lipídeos são utilizados na produção de ATP neste momento foi alcançada por parte dos alunos na mesma aula</p>

<p>Integração do metabolismo energético entre diferentes tipos celulares</p>	<p>Aulas expositivas em que os diversos tipos celulares foram desenhados no quadro, e o percurso dos nutrientes foi sendo construído com a turma nos estados de jejum e pós-absortivo</p>	<p>Os alunos aplicaram seus conhecimentos para estabelecer relações entre as vias do metabolismo energético usadas nos diversos tecidos</p>	<p>Não houve novas questões</p>
--	---	---	---------------------------------

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um conhecido escritor argentino, Júlio Cortázar, escreveu um romance intitulado *O Jogo da Amarelinha*, considerado por muitos críticos como sua obra-prima. *O Jogo da Amarelinha* era dividido em vários capítulos, e seu autor garantia que esses capítulos podiam ser lidos em diversas ordens. Ele garantia, ainda, que de todas essas leituras resultariam textos coerentes. Ele chegava mesmo a propor duas seqüências de capítulos diferentes no prefácio do livro. Não temos a pretensão de ir tão longe neste curso. Mas podemos aprender um pouco com Cortázar. E acreditamos que pudemos fazer isso de duas maneiras. A primeira foi indo e vindo no texto desta aula, inclusive repetindo o título de uma seção. Esse foi um recurso que utilizamos para permitir a discussão de alguns temas paralelos, sem perder o fio da meada. Esperamos que tenha funcionado.

A segunda, e mais importante, é dizendo a você que a seqüência adotada na proposta que descrevemos na aula e nos **Quadros 7.2 e 7.3** não é a única possível. Ela reflete uma das possíveis escolhas para o teste das hipóteses propostas. Além disso, no caso das experiências para testar se os lipídeos e aminoácidos podem ser utilizados na produção de ATP, tanto faria, de fato, testar primeiro os lipídeos e depois os aminoácidos, ou o contrário. De forma análoga, seu planejamento, mesmo admitindo que exatamente as mesmas hipóteses serão propostas e testadas, pode ser flexível o bastante para permitir que as hipóteses sejam sistematizadas de modos diferentes ou que as experiências sejam utilizadas em várias ordens. Isso poderá acontecer em função, por exemplo, do maior interesse da turma por uma das hipóteses. Basta que, no final, a história contada seja coerente, interessante e, de preferência, fascinante. Como Cortázar fez com o seu *O Jogo da Amarelinha*.

## EXERCÍCIO

1. Identifique, em seu livro didático de 1ª série do EM, em quantos capítulos (ou conteúdos) o autor faz referência explícita ao ATP. Com base em seus resultados, e na análise que fez na AD1, discuta se é de fato relevante realizar uma primeira aula como aquela descrita nos Quadros 7.3 e 7.4 a respeito do consumo de ATP pelas células.



# Os jogos e o ensino de Biologia Celular

AULA

8

## objetivos

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- Entender a importância de utilizar estratégias diversificadas de ensino.
- Avaliar uma proposta de utilização de um jogo no ensino da estrutura da membrana plasmática.

### **Pré-requisito**

Ter realizado as atividades propostas nas Aulas 6 e 7.

## **INTRODUÇÃO**

Nas aulas anteriores, discutimos algumas estratégias possíveis para o ensino de Biologia Celular e Bioquímica. Na maioria dos casos, buscamos incluir algum tipo de referência a experiências. Isso foi tentado utilizando pesquisas com materiais concretos e de fácil acesso (Aula 3), proposição de protocolos pelos próprios estudantes (Aula 3) e, finalmente, análise de resultados de experiências cujos princípios eram propostos pelos alunos, mas cuja realização em sala era impossível (Aula 7). Além disso, no Quadro 7.3 da Aula 7 fizemos referência às experiências do casal Cori a respeito da síntese de glicose pelo fígado. Naquela oportunidade, utilizamos a discussão de uma experiência simples, realizada no passado, para testar hipóteses propostas pelos alunos. É nesse tipo de experiências que gostaríamos de nos concentrar nesta aula.

A partir da década de 1980 até hoje, muitos trabalhos têm destacado a importância de considerar as concepções prévias dos alunos no momento de ensinar temas científicos. Embora não exista consenso quanto à melhor maneira de fazê-lo, uma concepção do ensino de Ciências, genericamente conhecida como Mudança Conceitual, sugere que tanto através de conflitos, quanto graças a negociações baseadas em discussões, os alunos devem ser levados a substituir suas concepções prévias por concepções científicas. Na maior parte dos casos relatados, as concepções alternativas são originadas da experiência cotidiana dos alunos, embora em aulas anteriores tenhamos tratado longamente de um caso no qual a origem parece ter sido diferente. Voltamos a esse assunto para retomar também a idéia dos conflitos como oportunidades (ou mesmo estratégias) para o ensino de Ciências. Uma das maneiras de gerar esses conflitos se baseia na utilização de experiências críticas. Tais experiências seriam aquelas capazes de, ao longo de sua realização, levar os estudantes a questionarem suas concepções prévias. Em geral, tais experiências são realmente atividades práticas e simples. Mas esse nem sempre é o caso. Na Aula 7 de nosso curso, por exemplo, a discussão de uma curva glicêmica, logo no início da atividade, abriu caminho para que os alunos percebessem que a glicose não poderia ser a única “fonte de energia” disponível para as células. Nesse caso, a discussão realizada a partir da curva glicêmica teria funcionado como uma espécie de experiência crítica.

Mas antes de prosseguirmos, vale a pena destacar que, nessa breve introdução, recapitulamos, a partir de aulas anteriores, pelo menos dois tipos de experiências: as efetivamente realizadas pelos alunos e aquelas cujos princípios eles determinaram, mas que foram discutidas a partir de material escrito. Além disso, as experiências foram utilizadas com diferentes propósitos. A do casal Cori foi apresentada para testar uma hipótese formulada pelos alunos, e a curva glicêmica para iniciar uma discussão que permitisse lidar com uma concepção prévia dos alunos. Isso, de certa forma, recupera idéias centrais de nosso curso: não existe um único tipo de experiência científica e uma mesma experiência pode ser trabalhada com diferentes objetivos.

Estamos enfatizando essa grande diversidade de possibilidades para, mais uma vez, tentar convencer você de que não existem manuais para o ensino, apenas alguns princípios gerais que podem nortear seu trabalho em diferentes contextos. E também para sugerir que, mesmo propostas das quais discordamos, ou que consideramos inadequadas para nosso contexto de trabalho, podem fornecer subsídios importantes para a elaboração de uma proposta de ensino.

Na próxima seção vamos tentar mostrar como os principais assuntos tratados até aqui, o uso de experiências diversificadas (críticas ou não), o trabalho com as concepções prévias dos alunos e o aproveitamento de propostas de ensino diferentes podem ser utilizadas em uma mesma atividade.

## A HISTÓRIA DA CIÊNCIA E O ENSINO DE CIÊNCIAS

Vamos começar essa discussão com uma daquelas perguntas sobre as quais você deve refletir antes de prosseguir.



Por que damos tanta ênfase às experiências em nosso curso?

Uma das respostas para essa pergunta foi formulada ao longo de nossa primeira aula: a Bioquímica e a Biologia Celular são Ciências extremamente experimentais, logo, o ensino deve, tanto quanto possível, aproximar-se dessa característica. Mas há outras. As experiências, de qualquer tipo, permitem a participação ativa do aluno no aprendizado. A realização de atividades práticas permite também o desenvolvimento das habilidades de colaboração para o trabalho, de discussão organizada, de análise e de síntese. Por esses motivos, temos dado ênfase às atividades práticas ou experiências.

Naturalmente, atividades práticas podem ser de vários tipos, embora o termo possa muitas vezes nos sugerir laboratórios, tubos de ensaio e coisas parecidas. De fato, nossa opinião é que as aulas de qualquer tema de Biologia podem, quase sempre, ser práticas. É claro que isso fica mais viável se nos damos conta de que existe uma diversidade quase infinita de atividades práticas. Para simplificar, sempre que o aprendizado é centrado em ações dos alunos, sejam elas discussões, experiências de laboratório ou pesquisas de vários tipos, podemos considerar a atividade como prática. Esta não é, é claro, uma definição aceita por todos os professores ou pesquisadores em educação. Mas é a definição com a qual trabalhamos em nosso curso.



Se você revir as aulas anteriores, verá que nossas experiências e atividades práticas não ocorrem necessariamente em laboratórios! Este lembrete poderá ser útil quando você estiver planejando seus cursos em uma escola com limitações de recursos.

No entanto, nem sempre houve ênfase em atividades práticas no ensino de Biologia. E quando fazemos essa afirmação, não estamos nos referindo apenas às situações em que as limitações humanas e materiais dificultam sua realização, embora o professor tenha clareza de sua importância. Pelo contrário, estamos nos referindo a situações em que a própria concepção de ensino excluía, ou melhor, não incluía, as atividades práticas como importantes. Algumas propostas de ensino utilizadas no passado eram eminentemente teóricas. Outras, surgidas posteriormente, utilizavam as experiências como ilustrações de processos aprendidos primeiro de forma teórica. Essas últimas eram, muitas vezes, feitas seguindo um roteiro rígido ou eram realizadas somente pelo professor diante da turma (as chamadas demonstrações). Finalmente, como discutimos na Aula 5, surgiram propostas nas quais os alunos deveriam elaborar suas próprias experiências, com recursos próprios (técnicos e conceituais) para comprovar experimentalmente algo que haviam aprendido no ensino formal ou mesmo ao longo de sua vida cotidiana. Era o caso de “só acreditar” no que se podia “provar”.

Nesse caso, algo só poderia ser considerado aprendido quando “comprovado” pelos próprios aprendizes. Essas propostas enfatizavam o pensamento lógico e o método hipotético dedutivo, em detrimento do conteúdo (informação) propriamente dito. Nesse último caso, por sua vez, não se tratava de comprovar algo que já se sabia, mas de aprender algo novo.



Quando nos referimos à existência de propostas de ensino essencialmente teóricas no passado, não estamos deixando de lado o fato de que uma parte substancial do ensino de Ciências e Biologia ainda se dá, infelizmente, dentro do modelo de transmissão e memorização de informações. Estamos tentando apresentar, de modo sintético, um pouco da história do ensino de Biologia.

Podemos dizer que existe, ainda, um outro grupo de propostas, inspirado e bastante semelhante às duas últimas mencionadas, mas que diferem delas em aspectos fundamentais. Essas propostas se baseiam na idéia de que o tema em estudo pode (e deve) ser previamente determinado, mas que o conhecimento não deve ser apresentado em seu estado atual. Pelo contrário, a história do chamado estado atual do conhecimento deve ser considerada. Para isso recorre-se às experiências clássicas, ou seja, àquelas que permitiram a construção e/ou a reformulação de um conceito (ou modelo) central de um dado campo do conhecimento. A discussão dessas experiências pode se dar de várias formas, tanto através da exposição pelo professor, quanto através da apresentação das suas bases conceituais e de seu protocolo experimental, a partir dos quais os alunos devem prever os resultados possíveis e propor interpretações para eles. Naturalmente, após a discussão e as proposições dos alunos, os resultados reais das experiências têm de ser apresentados para que o novo modelo seja construído e o ensino possa avançar.

As propostas baseadas na utilização de experiências clássicas, bem como aquelas centradas no aprendizado do método, mais do que nos conteúdos, costumam ser agrupadas sob um mesmo nome, a Redescoberta. Uma das questões centrais que permeou a elaboração de propostas de Redescoberta certamente foi o fato de que o conhecimento científico é construído graças a processos lentos, cumulativos e conflituosos. Por isso mesmo, o ensino de disciplinas científicas não poderia ser tão distante da prática em pesquisa dessas mesmas disciplinas.

Além disso, o ensino através da Redescoberta permitia o desenvolvimento de habilidades cruciais para a compreensão da Ciência, como o raciocínio lógico e a formulação de hipóteses. Pode-se sintetizar genericamente as proposições da Redescoberta afirmando que a História da Ciência deve servir de base para o aprendizado de Ciências. Nesse caso, tanto os conhecimentos científicos quanto as práticas da pesquisa científicas estão “embutidas” na expressão Ciências. Em grande parte por esses motivos, a Redescoberta vem se transformando e influenciando o Ensino de Ciências desde sua proposição.

Não podemos deixar de mencionar que agrupar tantas propostas diferentes sob um mesmo rótulo pode levar a erros de compreensão sobre cada uma delas, bem como esconder diferenças fundamentais entre elas. Nem é pouco provável que você vá encontrar propostas diferentes das que descrevemos sinteticamente há pouco e que sejam consideradas típicas da Redescoberta. Isso tudo é consequência, em grande medida ao menos, do forte impacto que propostas de ensino baseadas na Redescoberta tiveram sobre o ensino de Ciências.



O fato de apresentarmos diversas concepções de ensino em seqüência, não significa em absoluto que elas se sucederam no tempo e que algumas não são mais utilizadas. Muito menos estamos afirmando que existe consenso quanto à melhor dentre elas. Possivelmente todos os tipos de propostas que mencionamos são utilizados atualmente e a controvérsia sobre a adequação de cada uma delas permanece bastante viva. Ou seja, você tem um amplo e polêmico cardápio à sua disposição.

Embora as propostas que discutimos até aqui se distanciem dos modelos de Redescoberta, é inegável que cada um deles trouxe contribuições importantes para a transformação do ensino de Ciências, desde uma atividade centrada na transmissão de informações e na memorização, a outros modelos centrados na atividade dos alunos, sob orientação do professor, e distantes,

portanto, do espontaneísmo na escolha dos temas ou das atividades a serem realizadas. Essa última proposta descrita corresponde, obviamente, àquela com a qual os autores desse curso se identificam. Ainda assim, se você procurar, certamente encontrará nas aulas de nosso curso propostas ou textos que se assemelham ou se inspiram na Redescoberta, em uma de suas várias formas. E já deve ter ficado claro para você que usar experiências críticas para trabalhar temas para os quais os alunos possuem explicações prévias discordantes da explicação cientificamente válida também tem raízes em propostas de Redescoberta.

## EXPERIÊNCIAS CLÁSSICAS PODEM SER EXPERIÊNCIAS CRÍTICAS?

Da maneira como apresentamos os conceitos dos dois tipos de experiências (clássicas e críticas), você pode estar se fazendo a pergunta que dá título a esta seção. Será que, afinal, as experiências podem ser apenas desses dois tipos? Será que não podem ser, ao mesmo tempo, uma coisa e outra?

Quando abordamos uma experiência inspirada na do casal Cori para testar uma hipótese dos alunos, utilizamos uma pequena porção da História da Ciência para que os alunos respondessem às suas próprias questões. Se tivéssemos optado por ensinar o metabolismo energético, apresentando experiências cruciais para a construção de seu modelo atual, ainda que simplificado, não teríamos como escapar da discussão da experiência a respeito da gliconeogênese. Em contrapartida, se os alunos tivessem uma concepção de que o organismo não é capaz de sintetizar glicose, a mesma experiência poderia ser usada como experiência crítica, já que sua análise questionaria essa concepção. A mesma experiência pode, portanto, ser utilizada como recurso em uma proposta com “ares” de Redescoberta, como experiência clássica ou crítica dependendo da proposta de ensino em que está incluída. Essa classificação que fizemos, embora seja utilizada por alguns autores na pesquisa em educação em Ciências, não reflete uma característica intrínseca das experiências, mas o uso que se faz delas dentro de uma proposta de ensino.



Pense bem: vimos que os alunos afirmavam que a glicose era a única molécula a partir da qual o organismo poderia sintetizar ATP, e que a síntese de ATP diminuía drasticamente na ausência de carboidratos na dieta. É muito provável, portanto, que eles pensem que a glicose deve ser proveniente da dieta, desconhecendo que o organismo pode sintetizá-la. Senão, por que a síntese de ATP diminuiria na ausência de carboidratos na dieta? Desconhecer a gliconeogênese, porém, não nos parece ser um problema. Mas talvez esse fosse um tema interessante a tratar no EM, durante o ensino do Metabolismo.

## FAZENDO DIFERENTE

Diante de tantas maneiras diferentes de entender o ensino de Ciências, muitos podem sentir-se inibidos, ou mesmo tolhidos na elaboração de suas próprias propostas. Afinal, tantas coisas diferentes já foram tentadas, tantas delas receberam críticas, que só mesmo um manual poderia nos permitir ensinar a “coisa certa do jeito certo”. Saiba que essa não é uma posição que defenderemos ao longo do nosso curso.

É interessante que, ao elaborarmos nossas propostas de ensino, tenhamos em mente as transformações e controvérsias atuais e passadas a respeito do ensino de Ciências. Isso nos permite evitar a repetição de propostas inadequadas. Mas também é importante que o conhecimento da complexidade de nossa atividade nos permita utilizar diferentes propostas em diferentes situações. É essencial que, conhecendo tamanha diversidade e tantas contradições, possamos, como professores, fazer escolhas e correr riscos ao elaborarmos nossas propostas. Se nos restringirmos a uma única forma de pensamento em educação, estaremos perdendo de vista que existe muita diversidade à nossa volta, e, por isso mesmo, muitas opções à nossa disposição.

Mas por que precisaríamos de tantas opções? Não bastaria conhecer o melhor modelo e aplicá-lo? Acreditamos que não. E vamos apresentar algumas justificativas para isso.

Começamos pensando em nossos alunos. Eles são muito diferentes entre si. Muitos não têm a menor atração por disciplinas científicas, outros são fascinados por elas. Muitos participam ativamente de discussões, outros preferem ouvir e ler a se manifestar.

Além das diferenças entre os alunos, temos as diferenças entre os próprios temas. Alguns se prestam a experiências simples, outros demandam grande capacidade de abstração, e ainda há aqueles para os quais existem experiências clássicas marcantes na literatura científica. Seria impossível esgotar todas as fontes de diversidade que permeiam ou cercam a prática docente. Procuramos destacar, aqui, apenas alguns poucos exemplos de diferenças que podem surgir dentro de um mesmo curso oferecido para uma mesma turma.

Diante de tanta diversidade, será que podemos utilizar uma única estratégia? Essa seria, na nossa opinião, uma boa maneira de sacrificar o interesse de grande parte de cada turma. Além disso, estaríamos abrindo mão de utilizar as várias maneiras de ensinar Biologia.

Até aqui temos trabalhado com a idéia de que é possível manter o interesse dos alunos usando propostas investigativas e ativas. Mas isso, feliz ou infelizmente, não costuma acontecer. E não costuma ser desse modo porque os alunos são diferentes entre si e alguns não se interessam por esse tipo de atividades. Mesmo um grupo de alunos interessados pode se desmotivar por causas variadas. Não temos dados experimentais para lhe apresentar e corroborar o que diremos a seguir. Podemos apenas afirmar que tal idéia se baseia em nossa prática como professores e em nossos contatos com colegas que refletem sobre sua prática docente. O fato é que acreditamos que o interesse de um grupo de alunos pode se perder com a repetição de propostas de ensino de um mesmo tipo. Por mais interessantes que elas sejam (ou ao menos que nos pareçam ser). Isso porque a repetição de uma mesma abordagem para diferentes temas pode acabar, em maior ou menor medida, tornando a participação dos alunos uma atividade quase mecânica.

Ciclos repetitivos de formulação de hipóteses, elaboração e execução (prática ou não) de experiências, discussão de resultados e (re)formulação de modelos pode tornar-se algo monótono. O mesmo pode ocorrer com pesquisas baseadas em diversas estratégias de trabalho (entrevistas, medições, consulta a bibliografia). E, se alguns alunos encontram prazer genuíno em aprender investigando, é pouco provável que isso valha para todos os membros de uma mesma turma. Enfim, a diversidade de propostas nos parece fundamental.

Mas, como realizar um aprendizado ativo e que ao mesmo tempo não entre em conflito com aqueles princípios que desejamos seguir, e que refletem nossa concepção do Ensino de Ciências? Esta pergunta não tem uma resposta fácil. Mas podemos pensar em algumas possibilidades. E uma delas está, literalmente, disponível no mercado: os jogos.

## JOGANDO E APRENDENDO BIOLOGIA CELULAR

Os jogos têm sido muito utilizados como instrumentos para aprendizagem de diversas disciplinas. Especialmente nas séries iniciais, essa opção se mostra muito rica e produtiva. No entanto, à medida de propostas desse tipo diminui. Essa redução se deve provavelmente a diversos fatores, sobre os quais podemos somente especular, já que não há estudos sistemáticos sobre o assunto. Entre esses fatores, talvez seja razoável incluir tanto uma tendência para um ensino mais formal e centrado nos conteúdos, quanto as dificuldades inerentes à elaboração de jogos que dêem conta de tratar de temas muito específicos, característicos do ensino de Ciências e Biologia na medida em que se avança nas séries do ensino escolar.

Com relação a um ensino centrado essencialmente em conteúdos detalhados, já expusemos algumas críticas, tendo inclusive tentado mostrar que ele pode levar à construção de concepções imprecisas ou incorretas a respeito da Biologia (Aula 5). Tentamos apontar ainda as dificuldades que esse tipo de ensino gera ao “amarrar” o planejamento das aulas e restringir a participação efetiva dos alunos, bem como as oportunidades de atividades mais longas, já que o curso fica pressionado pela grande quantidade de informações a serem tratadas. Estamos, agora, sugerindo que o ensino centrado em conteúdos dificulta também o uso de jogos.

Mas será que os jogos são efetivos no ensino? Será que eles são possíveis em séries mais avançadas? Será, ainda, que eles trazem algum ganho real para as aulas? Mais uma vez, as respostas às perguntas não são evidentes. Em parte, é claro, porque os jogos não podem ser tratados de modo genérico, pois diferem muito entre si. Para fazer essa última afirmativa, não precisamos pensar em jogos educativos. Podemos notar o quanto os jogos são diferentes, ou seja, demandam habilidades e têm objetivos diferentes, simplesmente nos remetendo aos jogos e brincadeiras que conhecemos e dos quais participamos. Por isso mesmo, seria inútil fazer afirmativas definitivas sobre o papel dos jogos em geral na educação. Existem, inclusive, livros sobre o assunto, que você poderá posteriormente consultar. Nossa proposta, no momento, é diferente.

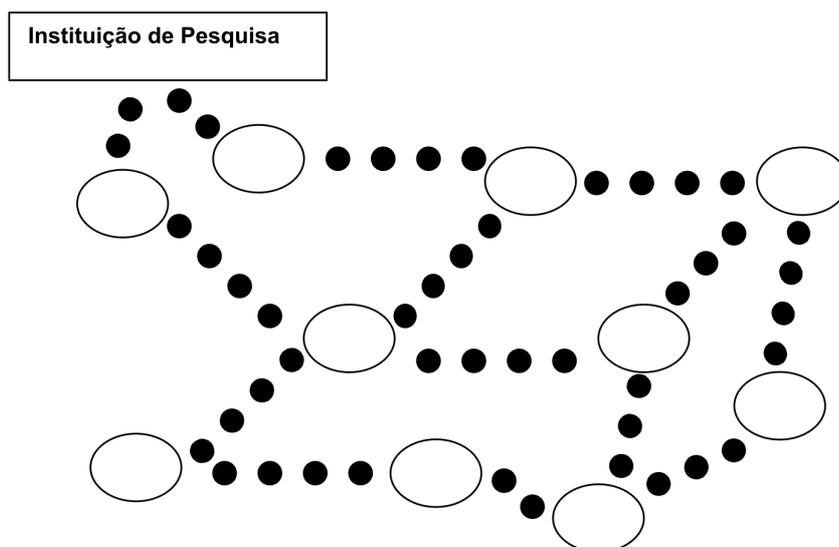
## “CÉLULA ADENTRO!”

Acreditamos que não há maneira melhor de conhecer um jogo do que jogando. Depois disso, certamente, ficará mais fácil discutir a respeito dele. Por isso, vamos abordar de modo bastante objetivo um exemplo de jogo, o “Célula Adentro”. Esse jogo foi produzido por uma equipe de educadores e pesquisadores da Fundação Oswaldo Cruz e da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Vamos apresentar, de modo bastante resumido, as regras e o aspecto geral do jogo. É claro que você não poderá realmente jogar sozinho (afinal, não estamos falando de um jogo de paciência). Há, portanto, duas possibilidades. Reúna alguns colegas da disciplina (ou outros colegas), crie um tabuleiro (veja como fazê-lo a seguir) e... jogue. Outra opção é, depois de ler as regras, simular uma partida sozinho, tentando compreender o que ocorre durante quando se joga. Leia as explicações a seguir e faça sua escolha.

O jogo é razoavelmente simples. Trata-se de um jogo de tabuleiro, no qual se usam dados. O tabuleiro representa uma célula e possui diversos caminhos possíveis, marcados por linhas pontilhadas (cada ponto é uma “casa”). Esses caminhos ligam dez organelas de diversos modos. Caso você queira fazer o tabuleiro, basta desenhar dez círculos e interligá-los por caminhos compostos por seis ou sete casas cada um. Crie vários caminhos. Veja a **Figura 8.1** para um exemplo.

! Não é possível reproduzir o tabuleiro em nosso material didático, pois ele é muito grande e colorido para caber em uma página.



**Figura 8.1:** Esquema simplificado de um possível tabuleiro para o jogo "Célula Adentro".

No tabuleiro há, ainda, um ponto de partida (Instituição de Pesquisa) fora da célula. Todos os jogadores lêem juntos e em voz alta o caso (pergunta) a ser resolvido. Em seguida, jogam-se os dados, e os pinos de cada grupo (ou jogador) se deslocam de acordo com os pontos obtidos (cada ponto equivale a andar uma casa). Ao longo de seus deslocamentos, os pinos podem chegar ao interior de organelas. Em cada uma delas há uma “pista” disponível. O jogador lê a pista (para si ou para seu grupo somente) e volta a se mover na sua próxima vez. Como os diferentes jogadores se movem por diferentes percursos, cada um vai coletando pistas diferentes.



Se você conhece os jogos “Detetive” ou “Scotland Yard” entenderá mais facilmente o funcionamento do “Célula Adentro”.

Depois de ler algumas pistas, chega o momento em que um jogador (ou grupo) acredita que encontrou a solução para o caso. Nesse momento, ele deve se deslocar de volta ao ponto de partida e, ao chegar, anunciar sua intenção de resolver o caso. Esse jogador lê (ou explica), então, sua proposta de solução em voz alta. Em seguida, somente esse jogador (ou seu grupo) lê silenciosamente a solução oficial (real). Se ele tiver “acertado”, o jogo está encerrado. Ele lê então, em voz alta, a solução para todos. Se ele estiver errado quanto à solução, sai do jogo (perde), enquanto os outros prosseguem até que alguém acerte a solução ou que todos apresentem soluções inadequadas.

Caso você decida simular uma partida sozinho para entender o funcionamento do jogo, basta ler as pistas em qualquer ordem e tentar formular uma solução para o “Caso da Membrana”. Quando tiver chegado a uma possível solução, compare sua proposta com a solução apresentada.



Jogue agora sua partida e depois continue com a aula.

## DISCUTINDO O JOGO

Agora que você chegou à solução do jogo, deve ter notado que estávamos lidando com uma experiência clássica, fundamental para a construção do modelo atual da membrana plasmática. Agora podemos comentar um pouco as características do jogo. E nossa intenção é discutir alguns pontos específicos.



Será que o jogo estimula a participação ativa do aluno no próprio aprendizado?

Essa participação permite uma aproximação do aprendizado com a pesquisa em Biologia Celular ou Bioquímica?

E, por último, essa participação pode levar a construir concepções imprecisas ou inadequadas sobre o conhecimento científico ou sobre o próprio trabalho de pesquisa científica?

Essas são, sem dúvida, perguntas capazes de suscitar longas e acaloradas discussões. Podemos, por exemplo, supor que o jogo permite uma boa aproximação entre pesquisa e ensino, na medida em que o aluno coleta evidências experimentais e procura organizá-las na forma de um modelo. Além disso, ao lidarmos com experiências clássicas em um jogo, nossa proposta colhe benefícios dessa escolha, como, por exemplo, permitir que os alunos percebam o caráter gradual da construção do conhecimento científico novo. Outros podem criticar os jogos em geral, e o nosso em particular, porque envolvem a competição entre os alunos. Mas os esportes em geral não fazem o mesmo? Será que o problema está na competição ou na maneira como as vitórias e derrotas são valorizadas? Além disso, o trabalho de pesquisa não envolve tanto colaboração quanto competição? Afinal, se por um lado há colaboração quando os resultados de um grupo se tornam disponíveis para todos (quando são publicados) e os pesquisadores trabalham em grupo, por outro lado, os diferentes grupos competem para serem os primeiros a publicar descobertas importantes. Para encerrar esta sessão de questionamentos, será que a aproximação entre ensino e pesquisa é necessária, ou seja, só porque existe competição na pesquisa, precisamos tratar dela no ensino?

As respostas não têm como ser certas ou erradas, já que existe um grande espaço para subjetividade nessa discussão. Por isso mesmo, estamos propondo que você a realize com seus pares. Essas discussões e a leitura de trabalhos sobre o assunto serão fatores importantes para a sua formação como professor.

Claro que, se você formar suas opiniões, mas não as discutir com ninguém, terá feito uma parte importante da proposta: a reflexão. Mas estará deixando de exercitar uma outra capacidade (ou habilidade, se preferir) essencial para os professores: a de fazer e receber críticas. Ao longo de sua prática docente, você certamente sentirá necessidade de trocar idéias e expor suas propostas para seu pares. Por isso, estamos sugerindo que vá formando parcerias para isso e adquirindo esses hábitos desde já.

Voltando à nossa discussão sobre a diversidade (desejável) de estratégias de ensino, vale a pena lembrar que o jogo inclui um certo tipo de prazer, inerente aos jogos em geral, no aprendizado. Ou seja, para alunos que não gostam especialmente de Biologia, os jogos podem surgir como uma oportunidade de lidar com temas dessa disciplina de uma maneira atraente. Já os alunos que gostam, beneficiam-se tanto do tema, quanto da estratégia.



Você deve ter reconhecido a experiência proposta no jogo, já que ela foi discutida na Aula 29 de Bioquímica I.

## **A SOLUÇÃO É O PROBLEMA**

Pois é, com esse título, é provável que tenhamos tocado em um ponto crucial, que talvez esteja lhe incomodando. Vamos a ele então. O modelo de membrana plasmática apresentado na solução do caso de nosso jogo é incompleto. Isso, é claro, está explícito na solução proposta. Tanto que são apresentadas informações adicionais a respeito do modelo do mosaico fluido. Mas, será que, ao apresentarmos as informações desse modo explícito, não estamos passando de um modelo investigativo e ativo para outro de transmissão de conhecimentos diretamente? Desta vez vamos dar nossa opinião sobre a resposta: sim, estamos.

Estamos, então, diante de uma situação complicada. Ao mesmo tempo que arriscamos uma estratégia diferente, ela acabou forçando-nos à retornar ao tipo de proposta do qual vínhamos fugindo desde o início. Ou seja, embora o jogo possa ter nos parecido interessante, a solução para o caso que discutimos é problemática. E será que existem saídas para esse problema? Mais uma vez, a resposta é... talvez. Mas essa discussão ficará para os exercícios.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de jogos na educação em Ciência é uma estratégia razoavelmente comum. No caso da Biologia, alguns jogos chegaram a ser amplamente usados (e ainda o são). Esse foi o caso, por exemplo, do jogo da sobrevivência, concebido para que os alunos percebessem a importância da relação entre predadores e presas na manutenção do equilíbrio populacional de ambos. Outros jogos foram desenvolvidos para tratar de problemas de saúde pública, como a Aids.

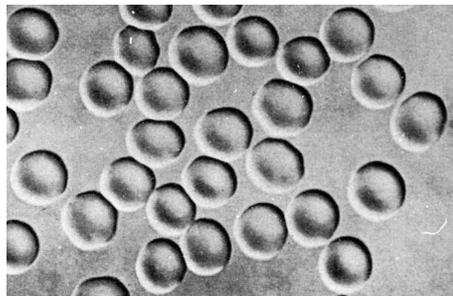
No caso do EM, no entanto, a disponibilidade de jogos é bem menor, por razões que apontamos há pouco. Essa escassez de propostas foi um dos principais motivos que nos levou a apresentar o “Célula Adentro” para você. O jogo está em fase de avaliação, e inclui muitos outros casos além daquele apresentado aqui. Na verdade, uma vez que você tenha compreendido os princípios do jogo, e se familiarizado com outros casos, você e seus colegas poderão propor outros e testá-los com suas turmas. Pensando bem, não seria essa uma boa idéia de exercício para essa aula? Seria. Mas não se desespere. Entendemos que esta seria uma tarefa pesada demais para ser realizada no tempo disponível. Por isso, vamos parar por aqui.

## JOGO CÉLULA ADENTRO

### O caso

#### O Caso da Membrana Plasmática

As membranas celulares são essenciais para a sobrevivência da célula. A membrana plasmática envolve a célula, define seus limites e separa o citoplasma do meio externo, ambos aquosos. Ao mesmo tempo, outras membranas delimitam as organelas intracelulares. Dentro das



membranas do retículo endoplasmático, do Golgi, da mitocôndria e das outras organelas da célula eucariótica, estão contidas as estruturas e substâncias que as tornam tão diferentes entre si. Esta diferença de composição química sugeria que existia algum tipo de “barreira”, e apesar de invisível ao microscópio luz, sua existência já havia sido sugerida por cientistas, mesmo antes de ser visualizada por microscópio eletrônico. Apesar das diferentes funções que podem possuir, todas as membranas biológicas têm a mesma composição básica: são películas finíssimas de moléculas de lipídeos e proteínas; são fluidas e dinâmicas (seus componentes estão sempre em movimento). Um experimento crucial feito em 1925 por Gorter e Grendel foi decisivo para o entendimento da estrutura da membrana. As pistas desse caso foram obtidas desse trabalho.

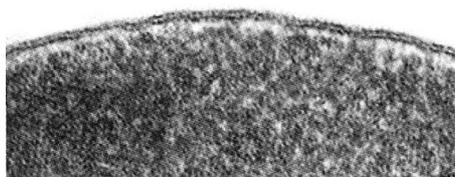
### A pergunta

Raciocinando como Gorter e Grendel, como os lipídeos estão organizados na membrana plasmática?

## Pistas

Os experimentos de Gorter & Grendel foram baseados em 2 suposições erradas:

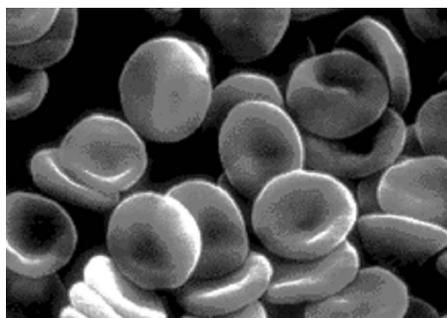
- 1) A acetona não extraía todos os lipídeos.
- 2) A área de superfície calculada para as hemácias foi feita em células desidratadas. Este tratamento as deixa menores do que as normalmente encontradas no sangue.



A única membrana presente nas hemácias é a membrana plasmática. Mas ao microscópio eletrônico, a membrana aparece como duas linhas paralelas escuras com uma área central mais clara, como a imagem acima, obtida com hemáceas humanas.

Em experimentos anteriores ao de Gorter & Grendel, Langmuir observou que os lipídeos se distribuíam em uma monocamada na superfície de contato entre o ar e a água.

Gorter e Grendel tomaram cuidados para que todos os instrumentos utilizados no experimento fossem lavados com ácido sulfúrico para retirar qualquer possível contaminação de gordura.



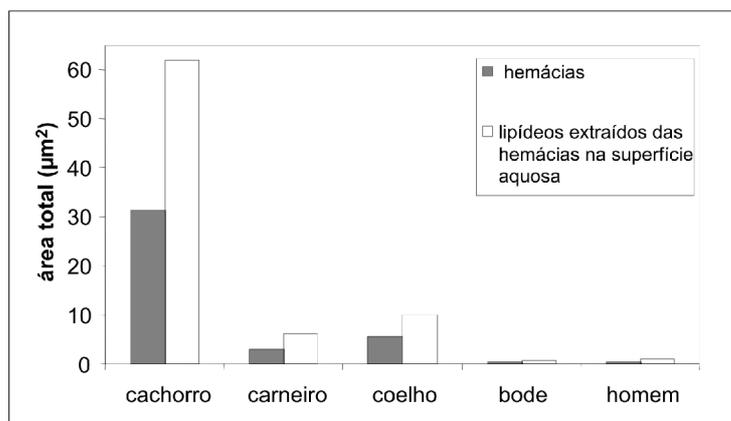
Sabe-se que o lado da membrana plasmática das hemácias que está em contato com o citoplasma está rodeado por água e proteínas (principalmente hemoglobina), enquanto o outro lado, que se encontra voltado para o meio extracelular (no sangue), também é aquoso. Assim, a membrana separa dois compartimentos aquosos.

### Pistas

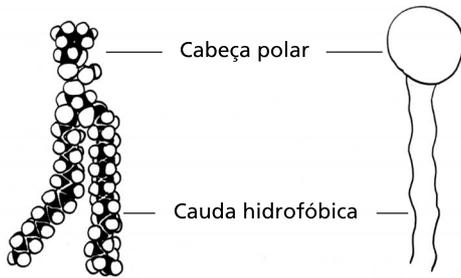
No experimento clássico de Gorter & Grendel em 1925, foi coletado sangue de vários animais. Depois de separar suas hemácias por centrifugação, os lipídeos destas células foram extraídos com acetona, e depois foram cuidadosamente dispersos sobre água. Eles estimaram então a área que esses lipídeos ocupavam sobre a água e a área de superfície das hemácias dos animais estudados, obtendo os resultados abaixo:

Animal usado como fonte	Área total da superfície das hemácias ( $\mu\text{m}^2$ )	Área total ocupada pelos lipídeos extraídos das hemácias, sobre uma superfície aquosa, em $\mu\text{m}^2$	Área das hemácias/ área ocupada pelos lipídeos extraídos das hemácias, em $\mu\text{m}^2$
Cachorro	31,3	62	2,0
Carneiro	2,95	6,2	2,1
Coelho	5,46	9,9	1,8
Bode	0,33	0,66	2,0
Homem	0,47	0,92	2,0

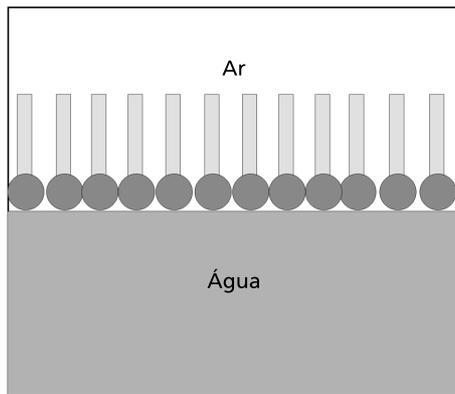
Os dados mostrados neste gráfico, montado a partir da tabela mostrada numa outra pista, levaram Gorter e Grendel a conclusões que resultaram na construção de um modelo aceito atualmente de como os lipídeos estão organizados nas membranas.



**Pistas**

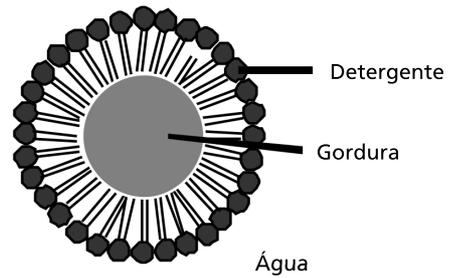


Os lipídeos mais abundantes nas membranas biológicas são os fosfolípidos, que possuem uma cabeça polar (solúvel em água), e duas longas cadeias de carbono hidrofóbicas (ou seja, evitam a proximidade com a água, e são solúveis em solventes orgânicos como a acetona).



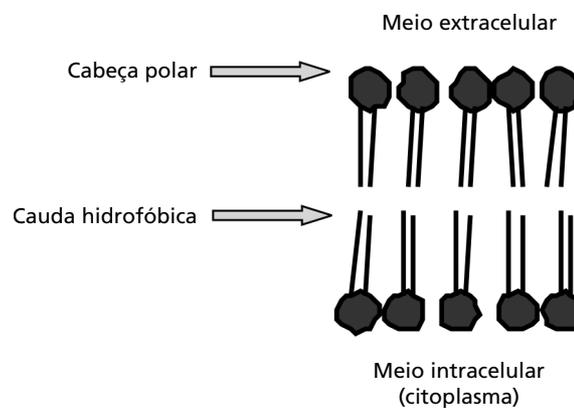
Apesar dos problemas no experimento de Gorter & Grendel, por sorte uma suposição errada compensou a outra.

Alguma vez em sua vida você já lavou louça e sabe como um detergente facilita o trabalho. Detergentes são moléculas com porções hidrofóbicas e hidrofílicas; quando os usamos, sua porção hidrofóbica envolve a gordura, deixando a porção hidrofílica voltada para a água.



## Solução

A estrutura das membranas celulares consiste numa dupla camada de lipídeos. Gorter & Grendel em seus experimentos em 1925, propuseram esta estrutura baseados na evidência de que a área ocupada pela monocamada de lipídeos era sempre o dobro da área total das hemácias, em todos os animais estudados. Assim podemos entender como essas moléculas conseguem manter suas partes hidrofóbicas, que não se relacionam com a água, sempre longe tanto do citoplasma quanto do meio externo. Ao mesmo tempo, as partes polares estabilizam a membrana, já que estariam sempre voltadas para a água. A observação desta estrutura foi possível mais tarde, com a microscopia eletrônica de transmissão e com a técnica de criofratura em microscopia. A solução da estrutura das membranas foi fundamental para o entendimento de suas funções.



## EXERCÍCIOS

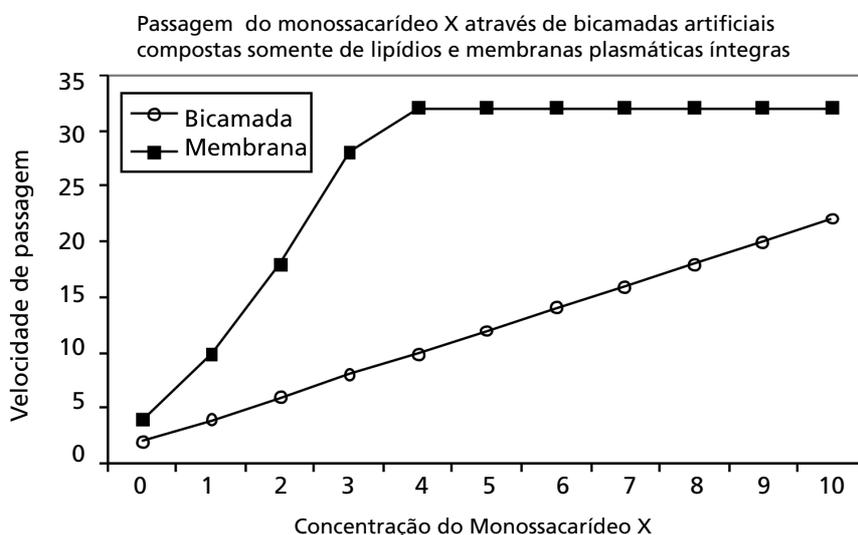
1. Discuta se utilizaria o “Caso da Membrana” no início, no fim ou em algum outro momento de sua unidade de ensino sobre a membrana plasmática. Para realizar essa atividade, considere que teria de usar o jogo (ou seja, não cabe responder que não o utilizaria e justificar). Trabalhe também com a definição de que uma unidade é um conjunto de aulas sobre um mesmo tema (no caso, a membrana plasmática).

2. Voltemos agora ao problema da transmissão de conhecimentos na solução proposta para o "Caso da Membrana" do jogo "Célula Adentro" em nossa aula. Discuta o potencial e as limitações da utilização da solução a seguir para o "Caso da Membrana" do jogo "Célula Adentro" apresentado em nosso curso (compare esta solução com aquela proposta no próprio jogo). Suponha que a unidade de ensino sobre membrana tenha se iniciado com o Jogo. Você deverá:

- Descrever as conclusões possíveis a que os alunos poderiam chegar utilizando essa solução.
- Comentar as diferenças entre essa solução e aquela apresentada no curso, em termos de transmissão ou construção de conhecimentos.
- Sugerir, justificando, desdobramentos posteriores que consideraria adequados para a continuidade dessa unidade de ensino (membrana plasmática).

### Solução proposta para o jogo

"Os resultados obtidos na experiência de Gorton de Grendel indicavam que a membrana plasmática era composta de uma dupla camada de lipídeos. Eles propuseram essa organização para os lipídeos baseados na evidência de que a área ocupada pela monocamada de lipídeos era sempre o dobro da área total das hemácias, em todos os animais estudados. Essas moléculas teriam suas porções polares voltadas para os meios aquosos (citoplasma e meio extracelular) e as porções apolares excluídas do meio aquoso. Posteriormente, esse modelo de membrana plasmática foi testado, quando foram realizados estudos utilizando bicamadas artificiais com essa estrutura e comparando suas propriedades com as de membranas plasmáticas naturais e íntegras. O gráfico a seguir mostra os resultados de uma dessas experiências, na qual compararam-se as velocidades com que uma mesma molécula ("X") atravessava bicamadas de lipídeos ou membranas celulares verdadeiras."





## Analizando resultados experimentais e aprimorando modelos: Membrana Plasmática II

# AULA 9

## objetivo

- Nesta aula, pretendemos discutir a forma de redigir textos nos livros didáticos (LD) de Ciências, em geral, e nos de Biologia em particular. Chamaremos "finalista" esse tipo de redação. É nossa intenção sugerir que uma grande parte, senão a maioria, dos processos biológicos é descrita de uma maneira que dificulta a percepção de uma característica fascinante desses mesmos processos: a estreita relação entre casualidade, necessidade e Evolução Biológica.

### Pré-requisito

Ter realizado os exercícios das Aulas 2 e 8.

## UM POUCO DE FILOSOFIA?

Os termos utilizados nos objetivos podem ter feito o assunto parecer complicado. Porém, trata-se de um tema bastante simples. O problema que mencionamos pode ser apresentado de uma maneira mais direta, usando as palavras de Demócrito, um pensador Grego, quando escreveu que: “tudo que existe nesse mundo é fruto do acaso e da necessidade”. Essas palavras foram citadas pelo cientista francês Jacques Monod em seu influente livro *O acaso e a necessidade* (que, como está óbvio, se referiu às palavras de Demócrito no título do próprio livro). E já que citamos o trabalho de Monod, prosseguiremos apresentando o problema central de nossa aula transcrevendo um breve trecho de *O acaso e a necessidade*:

A distinção entre objetos artificiais e objetos naturais nos parece imediata e sem ambigüidade. Rocha, montanha, rio e nuvens são objetos naturais; uma faca, um lenço, um automóvel são objetos artificiais, artefatos. Se analisarmos esses julgamentos, veremos, no entanto, que eles não são imediatos ou objetivos. Nós sabemos que uma faca é produzida pelo homem com vistas à sua utilização para uma determinada função. (...) O objeto materializa a intenção preexistente que lhe deu origem, e sua forma se explica pela utilização imaginada antes mesmo de sua confecção (...) É portanto por referência à nossa própria atividade, consciente e projetiva (...) que nós classificamos um objeto qualquer como ‘natural’ ou ‘artificial’ (Monod, J.1972 .*Le hasard et la nécessité*, Editions du Seuil, Paris. Tradução livre).

Uma maneira resumida de apresentar a idéia de Monod seria dizer que sabemos que uma faca é um artefato porque ela foi feita para cortar. Um objeto artificial (artefato) tem normalmente uma finalidade objetiva. Os artefatos têm, portanto, uma utilização prevista pelo seu produtor, e esta utilização se reflete, ou mesmo determina sua forma. Aqui vale a pena fazer pelo menos uma ressalva quanto à arte, cujos produtos, embora gerados conscientemente, não são necessariamente utilitários. Mas vamos deixar esse assunto para outra ocasião e retornar à discussão iniciada com as palavras de Monod.



Gostaríamos de recomendar a você a leitura de *O acaso e a necessidade* em algum momento de sua formação profissional. Em nossa opinião, o livro foi extremamente bem escrito e trata de um tema central para a compreensão da Biologia como Ciência.

Em seu livro, Monod aprofunda a discussão dos critérios que podem ser utilizados na diferenciação entre natural e artificial, chegando às dificuldades inerentes à definição de vivo. O ponto que nos interessa, porém, e que também é abordado por Monod, é que objetos com estruturas que refletem funções evidentes e definidas, e, ainda por cima, tremendamente eficientes nessas funções, são tipicamente artificiais.

No entanto, se analisarmos um sistema vital qualquer, digamos, o sistema respiratório de um mamífero, veremos uma estreita relação entre forma e função, além, é claro, de uma impressionante eficiência na realização dessa função. Se formos além desse ponto e analisarmos apenas um órgão desse sistema, um pulmão, constataremos uma igual relação entre forma e função, bem como uma incrível eficiência. Se prosseguirmos na nossa análise dos detalhes e analisarmos uma única célula da mucosa pulmonar, o fenômeno se repetirá. Poderíamos ir além e perceber o quanto esse fenômeno é válido também para as organelas citoplasmáticas, como as mitocôndrias, por exemplo, ou mesmo para uma única enzima mitocondrial.

No entanto, todos sabemos que, de acordo com as interpretações da Ciência, não houve um projetista consciente responsável pela elaboração de qualquer uma dessas estruturas que acabamos de mencionar. Elas obviamente não foram produzidas com uma finalidade. Ou seja, apesar de tremendamente funcionais e adaptadas, essas estruturas não foram elaboradas por alguém para exercer as funções que exercem. E, no entanto, o fazem, e muito bem.

Como fizemos em aulas anteriores com outras palavras, não usamos o termo “adaptadas” à toa. Fizemos isso para lembrar a você um dos termos da relação a que nos referimos no objetivo desta aula: a Evolução Biológica (doravante denominada simplesmente Evolução).

## **ADAPTAÇÃO, EVOLUÇÃO E OS FENÔMENOS BIOLÓGICOS**

Os seres vivos e seus componentes têm passado por longos e ininterruptos processos de evolução desde seu surgimento. Esses processos resultaram na formação da enorme biodiversidade que povoa nosso planeta, bem como naquela que conhecemos apenas através dos registros fósseis. Os seres vivos encontrados hoje, bem como aqueles já extintos, refletem em suas morfologias, fisiologias e comportamentos esse longo processo de adaptação e seleção.

No entanto, como você bem sabe, a Evolução não tem um projetista, muito menos um objetivo. Embora os seres vivos possam nos parecer projetados para um determinado modo de vida, os resultados do processo evolutivo não podem ser confundidos com um objetivo predefinido. Da mesma forma, também os órgãos, tecidos, células, organelas e biomoléculas que compõem os seres vivos refletem esse processo, e não uma intenção projetiva. Trata-se de um fenômeno natural bem estabelecido, ainda que diversos dos componentes que determinam a Evolução sejam objeto de intensas e ricas controvérsias nos meios científicos. Aqui é importante que façamos uma ressalva quanto ao que acabamos de escrever. Quando nos referimos a controvérsias, não estávamos nos referindo às oposições entre os conceitos de diversas religiões e a concepção científica de Evolução. Em nossas aulas, consideramos a Evolução Biológica como um fato biológico, e não como uma hipótese ou uma teoria. Referiríamos-nos sim às controvérsias quanto a quais fatores interferem na Evolução, bem como à importância relativa de cada um deles no ritmo e nos desdobramentos desse processo.

### AS REDAÇÕES FINALISTAS E AS FUNÇÕES QUE ATRIBUÍMOS ÀS CÉLULAS

#### FINALISMO

Sistema filosófico segundo o qual tudo tem um fim (objetivo/finalidade) determinado.

No caso dos organismos, seus órgãos e suas células, vale a pena ressaltar que não apenas não há um projetista consciente em seu desenvolvimento, como tampouco existe um controle consciente de suas atividades (na maioria dos casos, pelo menos, já que diversas funções do cérebro, por exemplo, se dão de modo consciente). No caso, nós, como professores deste curso, não podemos deixar de mencionar o quanto nos fascina o fato de que uma estrutura microscópica como uma célula seja capaz de realizar funções especializadas, reagir a variações ambientais e interagir com outras células sem a participação de qualquer tipo de controle consciente.

Quando uma célula muscular esquelética, por exemplo, aumenta seu metabolismo anaeróbico em situação de esforço muscular intenso e continuado, ela o faz independentemente de ser capaz (porque não é) de perceber a limitação no aporte de oxigênio ou o aumento na demanda de ATP.



Releia o parágrafo anterior com atenção e reflita: será que a descrição que fizemos não induz, de algum modo, o leitor a ver algum tipo de consciência responsável pelos fenômenos que descrevemos?

Vamos agora reescrever o parágrafo, para que você o analise e veja se há diferenças relevantes.

Quando o metabolismo anaeróbico de uma célula muscular esquelética torna-se mais intenso em uma situação de esforço muscular intenso e continuado, **isto ocorre** independentemente de a célula ser capaz (porque não é) de perceber a limitação no aporte de oxigênio ou o aumento na demanda de ATP.

Será que a substituição da expressão “ela o faz” por “isto ocorre” fez alguma diferença? Acreditamos que sim. Essa nova redação sugere menos a presença de um controle consciente do metabolismo do que a anterior. Não há, porém, erros na primeira redação. É provável que essa idéia de controle consciente seja consequência do fato de que os sistemas biológicos, bem como suas células, são mais facilmente descritos quando se usam como referências suas funções no próprio organismo (ou seja, suas “finalidades”). De fato, redações de ambos os tipos são comuns nos LD. Vamos transcrever dois trechos de um mesmo LD do EM (Amabis, J. M. 1996, *Biologia dos Organismos*, Editora Moderna, São Paulo), sobre a fisiologia dos anelídeos, para que você faça um exercício de comparação entre eles.



Leia os trechos a seguir e verifique se há diferenças de fundo entre eles. Reflita se as descrições a seguir foram feitas de modo finalista, rescrevendo-as de modo a solucionar este problema.

Ao passar perto da superfície do corpo, o sangue dos vasos capilares absorve o gás oxigênio e libera gás carbônico. Ao passar pelos diversos órgãos e tecidos internos, libera gás oxigênio para as células e recolhe gás carbônico e excreções.

Essa proteína (hemoglobina) tem a capacidade de se combinar com o gás oxigênio, facilitando seu transporte pelo sangue.

Por curioso que isso possa parecer, os dois trechos que transcrevemos foram encontrados em uma mesma página de um LD. Não estamos querendo desqualificar os LD, muito pelo contrário. É muito difícil descrever um fenômeno biológico, em especial no nível celular, sem recorrer às funções que lhes atribuímos. É possível que, se você revir nossas aulas anteriores, encontre redações finalistas, semelhantes àquelas que estamos criticando no momento. O que tentaremos, a partir de agora, é discutir com você o quanto as células podem se tornar mais interessantes se tentarmos entendê-las recorrendo menos às redações finalistas.

### UMA OUTRA VISÃO DOS FENÔMENOS BIOLÓGICOS: LEVANDO EM CONTA AS PROBABILIDADES

Começemos com uma descrição simples do processo de difusão. Vamos começar descrevendo-o sem nos preocupar com a existência da membrana plasmática. E, para fazer essa descrição, ninguém melhor do que... você!



Redija sua descrição resumida do processo de difusão em uma folha à parte e prossiga com a aula.

Agora deixemos nossa descrição de lado e passemos a uma pequena atividade prática. Começemos, por exemplo, pensando no caso de uma gota de café pingada delicadamente em uma xícara cheia de leite. Talvez seja uma boa idéia você pegar um copo (transparente) com leite frio e colocá-lo sobre uma mesa que não balance. Tenha um relógio no pulso da mão direita e um bom livro na mão esquerda. Pingue umas cinco gotas de café (frio e forte) no leite.



Marque as horas imediatamente. Observe o que acontece. O café se espalhou por todo o leite? O leite “virou” café-com-leite?

Olhe através das paredes do copo e veja se consegue responder melhor às questões. Veja as horas. Sente-se próximo à mesa para que ninguém mexa no seu precioso copo. Abra o bom livro e dê uma lida por uns cinco minutos. **Lembre-se: O copo não pode ser balançado e tampouco seu conteúdo pode ser mexido.**



Olhe de novo o copo, com as mesmas perguntas em mente.

Repita o procedimento até que o café-com-leite lhe pareça uniforme.

Tudo vai depender do seu café, do tamanho do copo e de algumas outras coisas, mas o café não deve ter se misturado imediatamente ao leite. Ele deve primeiro ter se acumulado próximo do lugar onde pingou, às vezes no fundo. Depois ele se espalhou lentamente, formando figuras parecidas com as da fumaça de um cigarro. Ao final de algum tempo, porém, o café-com-leite estava bastante homogêneo (e “fraco”, já que pingamos pouco café).



Por que ele ficou homogêneo?

O que fez o café ir de onde estava no início (a gota) para o resto todo do copo? Redija uma resposta para esta pergunta antes de prosseguir.

O bom senso nos impede de admitir que o café tenha qualquer coisa parecida com uma consciência. Portanto ele não “queria” nem “teve” de ir a lugar algum para fazer coisa alguma. Este “para” é que esconde a raiz do problema. Como o café não tem consciência de que, ao se mexer, iria para onde havia menos café, ele não se moveu *para* se misturar ao leite, deixando a mistura homogênea. Uma resposta mais elaborada e que costuma aparecer nos LDs é que “as substâncias têm a tendência de ir de onde estão em maior concentração para onde esta é menor”.



Releia sua resposta da questão anterior e verifique se encontrou a idéia de tendência nela. Depois prossiga com a leitura.

Mas... que tendência seria essa? Por que moléculas tenderiam a fazer o que quer que fosse?



Pense rapidamente na seguinte questão: se você quisesse que o café e o leite se misturassem mais rapidamente, para que você pudesse bebê-lo, por exemplo, o que você faria?

Movimento. Essa palavra é a chave para entendermos a difusão sem recorrer a finalidades ou consciências. Vamos então ler uma definição de difusão, retirada de um livro didático escrito pelo mesmo autor daquele que utilizamos anteriormente nesta aula (omitiremos apenas frases desnecessárias, que não comprometem ou melhoram a definição).

Todos os átomos e moléculas estão em contínuo movimento (...)  
Como resultado desse movimento contínuo e casual, as partículas tendem a se espalhar (...). (Amabis, J. M. 1996, *Biologia das Células*, Editora Moderna, São Paulo)

Bem, se elas (as partículas) estão em constante movimento casual, como podem ter uma tendência a ir de onde estão mais concentradas para onde estão menos concentradas? A resposta é simples: elas não têm.

Por mais óbvio que isso possa parecer, é importante lembrar que existem muito mais moléculas das substâncias que compõem o café dentro da gota do que no leite que o circunda. E que todas essas moléculas estão se movendo. Muitos dos componentes do café se moverão “dentro” da própria gota. Isto nós não perceberemos, é claro. Mas uma parte das moléculas se moverá, por acaso, para “fora” da gota, misturando-se ao leite. Pode parecer absurdo, mas sempre existe uma probabilidade mínima de que a gota de café se recomponha, uma fração de segundo depois de começar a se desmanchar no leite. Basta que, por um acaso incrível e improvável, todas as moléculas que se deslocaram para fora no primeiro instante se desloquem de volta exatamente para os lugares de onde tinham saído. Essa possibilidade é absurdamente pequena, e por mera probabilidade, a cada instante mais moléculas “saem da gota para o leite circundante”. Aliás, as moléculas que compõem o leite passam por um processo análogo. A questão é que, embora todas as moléculas que compõem o leite e o café estejam se movendo, só percebemos aquelas que estão se misturando com o outro líquido.

A tendência a que muitos textos se referem, portanto, é resultado de uma questão de probabilidades: há mais chances de irem mais moléculas de onde há mais delas para onde há menos do que no sentido oposto. O que significa dizer que o contrário certamente também ocorre, só que não podemos perceber.

Agora vamos rever aquele primeiro trecho que transcrevemos do LD sobre as trocas gasosas no sangue.



Analise o trecho mencionado, considerando nossa discussão sobre difusão, e propondo revisões se achar necessário.

Não está correto dizer que “ao passar perto da superfície do corpo, o sangue dos vasos capilares absorve o gás oxigênio e libera gás carbônico”, porque ambos os gases se difundem em ambos os sentidos. Mas como as concentrações de gás carbônico no sangue são mais elevadas do que no ar, o fluxo em um dos sentidos (sangue  $\rightarrow$  ar) acaba sendo muito maior do que aquele que ocorre no sentido oposto (ar  $\rightarrow$  sangue). No entanto, o movimento no sentido contrário também ocorre. Ou seja, não é correto afirmar que as moléculas (de gás carbônico, por exemplo) só se difundem quando sua concentração é maior em um dos meios do que no outro. A maneira correta de compreender o fenômeno seria admitir que a quantidade de moléculas que passa do meio mais concentrado para o menos concentrado é maior do que a que se move no sentido oposto. Trata-se de uma questão de saldo, e não de fluxo unidirecional.

Definir a difusão como a “movimentação de moléculas de um meio mais concentrado para outro menos concentrado” parece resolver o problema, mas cria outros, pois torna a descrição do processo imprecisa e incorreta, já que esta é uma situação que dificilmente pode ocorrer isolada do movimento inverso. Afinal, não existe um controle consciente do processo, apenas um confronto de probabilidades.

Se voltarmos à definição do LD, veremos que, talvez, ela já traga implícita a idéia de que a difusão só ocorre de meios de maiores concentrações para outros menos concentrados. Afinal, que sentido faz dizer que as moléculas “tendem a se espalhar”, se, por exemplo, estivermos falando das moléculas que casualmente “retornam” à gota, depois de tê-la deixado? As moléculas estarão efetivamente se movendo, mas não estarão se espalhando. Porém, basta compreendermos que as moléculas estão se movendo para compreendermos porque as moléculas se difundem. Sem recorrer a qualquer tendência. Ou, pelo menos, explicando essa tendência como uma probabilidade.

### **DESCRIÇÕES FINALISTAS X DESCRIÇÕES PROBABILÍSTICAS: PERCEBENDO A COMPLEXIDADE DE FENÔMENOS APARENTEMENTE SIMPLES**

Duas idéias simples, a de que a membrana plasmática é permeável a gases e o fato de que as concentrações intra e extracelulares desses gases são diferentes bastam para entendermos por que a quantidade de gás carbônico que deixa a célula em um dado instante é maior do que aquela que entra em seu citoplasma através da membrana. O contrário é verdadeiro para o oxigênio.

A razão de as trocas gasosas serem normalmente descritas de modo finalista fica mais clara se você tiver em mente que, para a manutenção da vida, o gás carbônico **precisa** ser removido da célula (e da circulação), assim como o oxigênio **precisa** estar presente no sangue (e entrar nas células). A redação finalista, provavelmente, ocorre porque o fenômeno é descrito com referência aos papéis desses dois gases na respiração celular. Mas um fato que precisa acontecer não necessariamente acontece. Do contrário, por que ocorreria a morte por asfixia em um ambiente onde há muito gás carbônico e pouco oxigênio?

Pode ter parecido que nossa longa discussão sobre a difusão e as maneiras de compreendê-las seja trivial. Ou ainda que estejamos tratando como problema uma questão sem importância. É possível que esse seja o caso. Na verdade, muitos autores pensam dessa forma. Para convencer você da beleza que se perde quando olhamos os processos fisiológicos do ponto de vista finalista, e não do probabilístico, vamos voltar ao caso do oxigênio e do gás carbônico, e da interação do primeiro com a hemoglobina.

O fato de o oxigênio se ligar à hemoglobina é freqüentemente, senão sempre, mencionado como fundamental para o transporte desse gás pelo sangue de muitos animais. Antes de prosseguirmos, porém, reflita sobre a questão a seguir.



Se o oxigênio apenas se ligasse à hemoglobina, essa proteína seria um auxílio ou um obstáculo para a respiração celular?

Se você achou que seria um auxílio, vamos lhe “dar uma força”. Imagine que, uma vez ligado à hemoglobina no interior da hemácia, o oxigênio não mais se soltasse (ou seja, que essa ligação fosse irreversível).



Reflita de novo sobre o papel da hemoglobina e veja se sua conclusão se alterou.

Você deve ter notado que o oxigênio ligado à hemoglobina não teria qualquer utilidade. Nem mesmo para as próprias hemácias, que não possuem mitocôndrias. Você já deve estar percebendo que, tão importante quanto o fato de o oxigênio se ligar à hemoglobina é o fato de que ele também se “desliga” dela. As duas coisas certamente

ocorrem o tempo todo. A diferença está na probabilidade de cada um dos fenômenos ocorrer nos diferentes ambientes, como por exemplo nos alvéolos pulmonares e nos capilares dos tecidos. Mas por que isso ocorre de modo diferente? Será que é porque as células **precisam** do oxigênio nos tecidos, e o organismo **precisa** absorvê-lo nos alvéolos? Certamente não. Esperamos que procurar, e encontrar, uma explicação probabilística para esses fenômenos aumente seu fascínio pela célula, esta microscópica e inconsciente maravilha funcional.



Os livros didáticos atuais têm caráter essencialmente informativo e poucas sugestões de propostas de ensino. Alguns deles trazem propostas de atividades no Manual do Professor. Alguns livros textos mais antigos podem ser fontes de sugestões valiosas. Afinal, como vimos na Aula 2, uma mesma atividade pode ser utilizada de muitas maneiras diferentes.

## **DISCUTIR FENÔMENOS PROBABILÍSTICOS PODE SER SIMPLES**

Voltemos agora ao tema de nossa aula anterior, a membrana plasmática. Dessa vez, porém, discutiremos maneiras de abordar o transporte através dela. Epa! Talvez possamos reescrever essa última frase de um modo menos finalista. Aqui vai: dessa vez, porém, discutiremos maneiras de tratar a passagem de moléculas através dela. Ficou melhor?

Na maioria das vezes, as descrições da difusão são feitas somente quando chega o momento de estudar a ocorrência desse processo através da membrana plasmática. No entanto, vários processos fisiológicos estudados no EF são conseqüências diretas da difusão. O caso da respiração, por exemplo, é típico. Na filtração renal e na absorção de nutrientes, a difusão também tem um papel importante, mas o transporte ativo e as proteínas transportadoras são fundamentais.

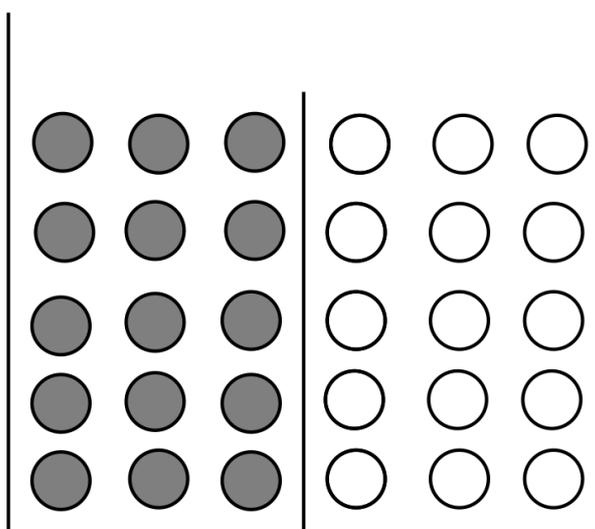
No entanto, quando apresentamos a respiração de um modo finalista, a oportunidade de permitir que os alunos percebam a base probabilística do fenômeno se perde. Claro que fica muito mais fácil para o aluno entender que, nos pulmões, o gás carbônico é expelido e o oxigênio é absorvido. Isso porque essas informações se coadunam muito bem com suas próprias observações diárias. Os seres vivos morrem se não puderem respirar, o gás carbônico é tóxico, não podemos prender a respiração por muito tempo etc. O que se perde nesses casos, porém, é a compreensão de por que essa troca de gases ocorre.

No entanto, como já dissemos, essas concepções finalistas podem ser facilmente problematizadas também a partir de observações relativamente simples. A respiração boca a boca, por exemplo. Por que ela é usada para salvar vidas, se o oxigênio foi retirado do ar que expelimos? Ou, em se tratando da digestão, por que os excrementos (fezes) servem de adubo, se contêm aquilo que não é útil para nosso organismo? Por que nos intoxicamos quando comemos alguma coisa “estragada”, se nosso corpo só absorve o que “é bom para ele” (ou de que “precisa”)? Aliás, por que existem pessoas obesas, se nosso trato digestivo só absorve aquilo de que “precisa”?

Nenhum desses exemplos é perfeito, mas a discussão de vários deles ao longo do estudo da Fisiologia pode preparar o aluno para entender os processos biológicos de um modo menos finalista. Dessa forma, quando chegar o momento de discutir o fenômeno da difusão através da membrana plasmática, será muito mais simples para eles perceberem que o que ocorre nesse caso é exatamente o mesmo que ocorria em processos mais simples que eles estudaram antes.

Mais uma vez, estamos chamando a atenção para a importância da coerência entre os diferentes níveis de ensino. Essa coerência, tem também, é claro, de respeitar as diferenças entre os estudantes do EF e do EM. Não faz sentido tratar da difusão como um confronto de probabilidades no EF. Os estudantes dificilmente terão raciocínio abstrato ou matemático para compreender isso na sétima série. Mas o uso de materiais concretos e de atividades práticas simples certamente ajudará nesses casos. Para não deixar você na dúvida, vamos, mais uma vez, dar um exemplo.

Um livro-texto de Biologia muito conhecido e utilizado nas décadas de 1970 e 1980, *O estudo da Biologia*, (Baker, J. e Allen, J. W. (1980) Edgar Blucher, São Paulo) propunha explicar o processo de difusão através da utilização de um exemplo simples: um tanque dividido ao meio, com cada metade cheia de partículas de tinta de uma cor diferente. O mesmo exemplo pode ser representado no quadro de giz de um modo semelhante àquele mostrado na **Figura 9.1**. E a pergunta mostrada na legenda poderia ser um bom começo de discussão.

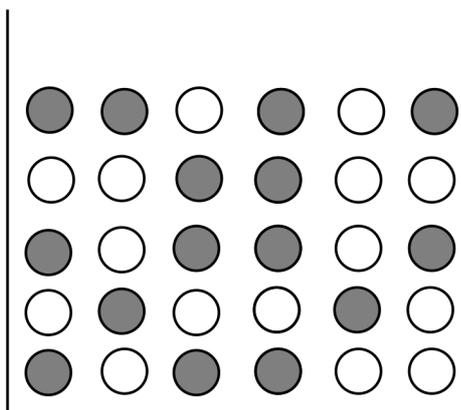


**Figura 9.1:** Supondo que todas as partículas possam se mover em quatro direções (esquerda, direita, para cima ou para baixo) ou ficar paradas, o que aconteceria um segundo depois que retirássemos a divisão do tanque?



Os livros didáticos atuais têm caráter essencialmente informativo e poucas sugestões de propostas de ensino. Alguns deles trazem propostas de atividades no Manual do Professor. Alguns livros textos mais antigos podem ser fontes de sugestões valiosas. Afinal, como vimos na Aula 2, uma mesma atividade pode ser utilizada de muitas maneiras diferentes.

Após a explicação do esquema, cada aluno poderia, por exemplo, dizer o que aconteceria com uma das bolinhas. Usando as respostas dos alunos para vários segundos, ao final teríamos um tanque com as bolinhas misturadas. É claro que, se eles estiverem a fim de se divertir, poderiam formar desenhos curiosos “comandando” o movimento das bolinhas. Não seria o caso de se aborrecer: sempre há opções melhores. Poderíamos, por exemplo, sortear o que aconteceria com cada bolinha, jogando um dado. Cada número no dado representaria um tipo de movimento (as quatro possibilidades de movimento de que falamos e duas opções do tipo “fica parado”). Os alunos poderiam, então, jogar o dado. O uso do dado, aliás, introduziria a idéia de movimento ao acaso, sem precisarmos sequer usar essa expressão. Ao final, sem recorrer a tendência alguma, as tintas de duas cores inevitavelmente terão se difundido por todo o tanque após algumas rodadas (como mostrado na **Figura 9.2**).



**Figura 9.2:** A concentração de cada tipo de partículas tornou-se aproximadamente igual em todo o tanque.



Se a proposta mostrada na **Figura 9.1** lhe agrada, você poderá fazer as “bolinhas” com papel colorido, colando um pedaço de fita adesiva atrás de cada uma. O tanque pode ser feito com cartolina. Assim você poderá representar todas as respostas dos alunos, sem precisar fazer “infinitos” desenhos no quadro. O uso de pano e velcro também pode ser uma boa!

## A PASSAGEM DE MOLÉCULAS E ÍONS ATRAVÉS DA MEMBRANA PLASMÁTICA: FINALMENTE!

Finalmente estamos prontos para falar de difusão e outros mecanismos de transporte através da membrana plasmática. Mas, espere, reflita calmamente sobre a seguinte pergunta antes de prosseguir.



Qual a diferença entre a difusão nesse caso específico e a difusão que teria sido estudada até então?

Uma possível resposta correta seria que não há qualquer diferença. E com relação às bases da difusão, essa seria uma boa resposta. Porém, há uma diferença importante: a própria membrana. E qual a relação dela com a difusão? Bem, a verdade é que ela atrapalha a difusão. Como atrapalha? Bem, sendo a membrana uma barreira extremamente apolar (sua maior espessura é composta de ácidos graxos), as moléculas polares devem ter uma grande dificuldade para atravessá-la. E este pode ser um excelente “gancho” para o estudo dos outros processos de passagem de substâncias através da membrana, como as proteínas transportadoras, proteínas canal e bombas de íons.



Em muitos LDs, a passagem de substâncias através da membrana graças devido à presença de proteínas transportadoras é denominada difusão facilitada. As proteínas transportadoras são chamadas “permeases”, por suas semelhanças com as enzimas. Um bom exercício seria identificar essas semelhanças, revendo as Aulas 20 a 24 de Bioquímica 1 e 10 e 11 de Biologia Celular 1. Afinal, você poderá usar essas semelhanças como “pontes” para estudar a membrana plasmática com os alunos, se tiver estudado as enzimas antes!

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mas, a partir daqui, o trabalho ficará para o futuro. O desafio de tratar esses outros processos de modo probabilístico é maior, e as soluções são menos diretas. Isso porque são processos característicos de seres vivos, que não ocorrem na ausência deles. Por isso mesmo são processos que precisarão ser entendidos (e ensinados) à luz da Evolução.

O uso de problemas biológicos concretos pode ajudar a compreensão, ou pelo menos despertar o interesse dos alunos pelo problema. Por exemplo, as mesmas brânquias que permitem as trocas gasosas em muitos animais aquáticos permitem também trocas, nem sempre vantajosas, de outros solutos com o meio. Analisando comparativamente os problemas de trocas enfrentados por animais de água doce e salgada, as características adaptativas dos outros tipos de transporte poderão ficar mais claras.

Outro caso interessante é o da glicose, que por ser uma molécula polar, encontra na bicamada lipídica uma restrição à sua difusão. Ao mesmo tempo, a glicose é muito importante para várias células. Essa contradição pode representar uma oportunidade para discussão das permeases.

Esses dois exemplos (o das brânquias e o da glicose) têm relações com outros temas de Biologia estudados no EM, a Fisiologia Comparada e o Metabolismo Energético, respectivamente. Pode ser que você opte por discutir o transporte através da membrana em outros momentos, como por exemplo no estudo dos temas que acabamos de mencionar. Nesse caso, seria bom ter em mente que a coerência deve ser buscada também entre as diferentes séries de um mesmo nível. E, para isso, a comunicação entre os profissionais envolvidos, como os professores de Biologia das diferentes séries, é essencial.

Enfim, os processos de transporte existentes nas brânquias de peixes de água doce e salgada são diferentes. Ou melhor, o balanço entre os vários processos é diferente. Essa diferença deve ter surgido ao longo da Evolução. E, possivelmente, mesmo tendo surgido gradualmente e ao acaso, mostrou-se adaptativa, ou seja, satisfazia uma necessidade. Você já ouviu essas palavras antes.

## EXERCÍCIOS

1. Uma explicação comum para o fato de o monóxido de carbono (CO) ser muito mais tóxico do que o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) se baseia na idéia de que o primeiro se liga irreversivelmente à hemoglobina, no mesmo sítio que o oxigênio. Essa explicação é imprecisa e incorreta. A afinidade da hemoglobina pelo CO (e vice-versa, é claro) é realmente muito alta, mas a ligação é reversível. Tanto isso é verdade que o tratamento com uma mistura de gases com concentrações elevadíssimas de oxigênio pode reverter o envenenamento pelo CO.

Explique, de modo não finalista, como o tratamento descrito reverte a intoxicação por CO.

2. Em nossa aula propusemos uma atividade com um copo com café-com-leite (ou com água e tinta) para discutir a difusão. Agora é sua vez de ir adiante com a discussão.

Proponha uma continuação para a atividade que permita aos alunos perceberem a importância da movimentação das moléculas para a velocidade com que a difusão ocorre. **Essa resposta fará parte de sua AD2 e deverá ser entregue ao tutor da disciplina no prazo previsto.** Não vale mexer!

3. Pesquise e redija uma explicação não finalista para o processo através do qual a hemoglobina e o plasma "trocam" oxigênio, permitindo que este chegue do ar até a hemoglobina e depois às células. **Essa resposta também fará parte de sua AD2 e deverá ser entregue ao tutor da disciplina no prazo previsto.**

## Um modelo para o estudo da osmose

AULA

# 10

## objetivo

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- Elaborar um roteiro de aula prática utilizando membranas semipermeáveis para discussão de um exemplo específico do uso de modelos no ensino.

### Pré-requisitos

Rever a Aula 11 de Biologia Celular I e as Aulas 2, 8 e 9 de nossa disciplina.

## INTRODUÇÃO

Nesta aula, encerraremos a discussão do ensino da membrana plasmática. Faremos isso, no entanto, através da elaboração de uma proposta de atividade. Nossa intenção é que, para elaborar sua proposta, você fará também uma síntese de diversos temas discutidos ao longo de nosso curso. Como você irá notar, trata-se de uma aula bastante curta. Na verdade, seria mais correto afirmar que se trata de uma aula curta do ponto de vista do autor, pois, do ponto de vista do aluno (ou seja, o seu), a aula demandará bastante trabalho.

## O ENSINO DA OSMOSE

Tendo revisto a aula de transporte passivo no curso de Biologia Celular, você certamente terá percebido que se trata de um processo com algumas semelhanças com a difusão. Como vimos, na difusão, o fluxo de solutos no sentido da região menos concentrada supera aquele que ocorre no sentido inverso. Como resultado final, decorrido o período suficiente, a concentração dos dois meios pode tornar-se igual. No caso da osmose, porém, o fluxo é de água (solvente) e não de soluto e membrana restringe o fluxo de soluto, mas não da água. Os dois fenômenos dependem da quantidade relativa das moléculas envolvidas, ou seja, de solutos no caso da difusão, e de água no caso da osmose. Além dessas semelhanças, vale a pena recordar que ambos os processos ocorrem de modo passivo. Talvez por todas essas semelhanças a difusão e a osmose costumam ser ensinadas em seqüência.

Assim como ocorre no caso da difusão, o ensino da osmose também pode ser realizado através de aulas práticas. No seu curso de Biologia Celular, aliás, você foi apresentado a duas delas.



Reveja no material de Biologia Celular a Aula 11, na qual foram propostas atividades de observação de osmose em células de animais e de plantas.



Caso deseje realizar a observação de osmose em hemácias com seus alunos, tenha em mente que o uso de sangue humano em aulas práticas na escola é terminantemente proibido, em função dos riscos de transmissão de diversas doenças. Utilize, como sugerido na Aula 11 de Biologia Celular I, somente sangue de outros animais. E escolha sempre animais de procedência segura (ou seja, criados em instituições ou laboratórios autorizados a fazê-lo).

No caso das duas atividades propostas, o protocolo foi preparado pelas autoras do curso e deve ter sido executado por você. Na Aula 4 de nosso curso, porém, discutimos a importância de os alunos elaborarem, individual ou coletivamente, as experiências que realizam. Ponderamos, ainda na Aula 2, que, na nossa concepção de ensino, o estudo não precisa ficar limitado à curiosidade espontânea dos alunos, mas que pode ser entendido como um trabalho orientado pelo professor e realizado coletivamente por ele e pelos alunos. Por esse motivo, acreditamos que é chegado o momento de fazermos algo parecido em nosso curso.

Por diversas vezes, em especial na Aula 1, temos falado de modelos e de sua relação com o conhecimento científico. No caso da membrana plasmática, dedicamo-nos ao estudo da construção do modelo da membrana plasmática através da utilização de um jogo (Aula 9). As experiências de seu curso de Biologia Celular I a que nos referimos há pouco utilizavam dois tipos de células para iniciar a discussão da osmose. Como mencionamos antes, as atividades que realizamos no curso de graduação podem ser referências importantes para o modo como ensinamos Biologia posteriormente no EF e no EM. Nossa primeira tentação seria, é claro, utilizar as experiências que conhecemos em Biologia Celular ao ensinarmos a osmose para nossos alunos.

Naturalmente, porém, a forma de ensinar em um curso de graduação difere bastante daquelas desejáveis (e possíveis) no EM e no EF. É também correto afirmar que as propostas de ensino para o EF também devem ser diferentes daquelas destinadas ao EM. Em cada nível de ensino conta-se, ao menos teoricamente, com a base conceitual e o desenvolvimento de habilidades desenvolvidas do nível anterior.

Tendo em mente o que acabamos de afirmar, vamos agora analisar uma situação hipotética na qual utilizaríamos a experiência com células animais e de plantas apresentadas na Aula 11 do curso de Biologia Celular I. Suponha que, ao executar em conjunto com seus alunos a atividade com hemácias e células de epiderme de cebola, alguns alunos fizessem a seguinte pergunta:



Como se pode saber que o sal (ou sacarose) também não entrou ou saiu das células?

No caso da solução hipotônica, a entrada de sal ou açúcar nas células seria impossível se utilizássemos água destilada. Mas reflita sobre mais duas questões.



No caso da solução hipertônica, como seria possível afirmar que o sal não atravessou também a membrana plasmática?

Voltando ao caso da solução hipotônica, poderíamos ter certeza de que o sal não entrou na célula, mas poderíamos estar seguros de que nenhum sal deixou o citoplasma, passando para o meio externo?

As mesmas perguntas seriam válidas também para o caso das células de plantas, trocando apenas o sal pela sacarose. Essas limitações nos obrigariam a explicar que a composição química e a estrutura da membrana plasmática restringem a passagem do cloreto de sódio e da sacarose. Além disso, após a conclusão da atividade, na discussão final, os alunos poderiam perguntar, por exemplo: “Como podemos determinar se uma molécula atravessa ou não uma membrana?”



Aproveite para rever o tema da permeabilidade seletiva e responda: quais as características do cloreto de sódio e da sacarose que restringem sua passagem através da membrana plasmática?

A essa altura de nosso curso, você poderá estar se perguntando se é um “crime” grave transmitir informações aos alunos em algumas situações. Pode mesmo estar questionando se a transmissão e aquisição de informações desse modo não faz parte do processo de aprendizado. Ou, melhor ainda, se não faz parte também da pesquisa científica. Para o primeiro caso nossa resposta é “não”, e, para os dois últimos, é “sim”.

Impedir que o professor, como membro mais experiente do grupo de trabalho (que compõe com seus alunos) transmita informações aos seus aprendizes é retomar um modelo irreal do processo de construção de conhecimento (e aprendizado) científico. E o motivo está na resposta da segunda pergunta: em um grupo de pesquisa os orientadores ou membros mais experientes ensinam, diretamente aos iniciantes, as técnicas e os conceitos provenientes da experiência científica acumulada ao longo da história e necessários à condução de suas atividades de pesquisa.

Um iniciante em pesquisa em Bioquímica, por exemplo, não precisa reinventar a eletroforese para utilizá-la. Porém, o objeto central de pesquisa no caso dos aprendizes de ambos os tipos não pode ser transmitido diretamente pelos membros mais experientes do grupo. No caso da pesquisa, porque esse objeto é, necessariamente, algo que se busca conhecer. Do contrário, não seria pesquisa.

O mesmo pode valer para uma atividade de pesquisa realizada coletivamente por um professor e sua turma. Porém, mesmo que esse não seja o caso, o professor de Biologia está lidando com aprendizes em uma realidade diferente, e com objetivos também diferentes daqueles orientadores que atuam em equipes de pesquisa profissionais. Ele pode estar interessado, por exemplo, em desenvolver e exercitar o raciocínio lógico de seus alunos. Caso recorra sempre à transmissão de informações, essa característica de seus alunos poderá não estar sendo desenvolvida ou solicitada. Voltaremos a tratar da transmissão de informações nas últimas aulas de nosso curso, quando discutiremos a estruturação de uma aula desse tipo. Aguarde e verá.

Voltemos agora ao caso das experiências sobre a osmose em células. Quando lidamos com estruturas microscópicas, como as células, a realização de medições de passagem de partículas (átomos, íons ou moléculas) através da membrana torna-se extremamente difícil. Isso ocorre, em especial, devido às próprias dimensões dessas estruturas. Como medir a presença ou a ausência de uma dada molécula no interior de uma célula? Esse tipo de medição exigiria, naturalmente, equipamentos sofisticados. Claro que você poderia pensar em trabalhar com amostras. Poderia, por exemplo, utilizar grandes volumes de uma solução de hemácias e depois medir a concentração de uma dada substância (sacarose) em seu interior. Ainda assim, isso implicaria dispor pelo menos de uma centrífuga (para separar as células do meio) e de massa relativamente grandes de células.

Na verdade, montar uma centrífuga de mesa simples e de acionamento manual, capaz de precipitar hemácias em solução aquosa, não é coisa muito complicada nem muito cara. Poderíamos mesmo ir adiante com essa idéia, se não pudéssemos utilizar ovos de Colombo, ou melhor, de codorna, no ensino da osmose.

## UM MODELO MACROSCÓPICO DE MEMBRANA SEMIPERMEÁVEL

Vamos agora contrariar a regra inicial de nosso curso e lhe oferecer uma receita de como fazer algo. Mas, não se iluda: só lhe ensinaremos a preparar ovos de codorna sem casca para serem utilizados como modelos de ambientes envoltos por uma membrana semipermeável. O resto do trabalho será todo seu.

Você certamente já comeu ou preparou ovos cozidos, de galinha ou de codorna. E, quando os descascou, deve ter reparado que existe uma membrana logo abaixo da casca. Essa membrana (membrana coquilífera) é especialmente evidente nos ovos de codorna cozidos. É ela que torna muitas vezes tão fácil descascá-los: basta puxar um pedacinho da casca que a membrana vem colada a ela. Se continuamos puxando a membrana (sem muita força), conseguimos descascar grande parte do ovo de codorna de uma só vez.

As concentrações de diversas substâncias, como proteínas e lipídeos, no interior dos ovos são muito elevadas. Ao contrário do que se pode pensar, é a membrana sob a casca que restringe a passagem de substâncias do interior para o exterior (e vice-versa). A casca, composta fundamentalmente por carbonato de cálcio, é bastante porosa. E isso permite as trocas gasosas. Sob a casca, no entanto, está uma membrana semipermeável cuja estrutura e composição química restringem a perda de substâncias e a passagem de bactérias e outros microorganismos. Por isso mesmo, um ovo de codorna sem casca, mas envolto pela membrana, é um bom modelo de célula.

O problema é: como descascar um ovo cru? Afinal, um ovo cozido é sólido e não serviria para realizarmos experiências a respeito da passagem de solutos ou de solventes. A menos que você disponha de uma ou duas garrafas de vinagre de vinho branco.

Na realidade, a receita para preparar ovos de codorna sem casca, mas com membrana, é bastante simples. Basta encher um recipiente (uma panela, por exemplo) com vinagre de vinho branco e colocar os ovos de molho nesse vinagre. Ao longo de algumas horas, o ácido acético do vinagre irá dissolver o carbonato de cálcio da casca dos ovos, sem, no entanto, afetar a membrana subjacente. Normalmente, colocar os ovos de codorna em vinagre por uma noite é suficiente para remover praticamente toda a casca até a manhã seguinte.

Se quiser apressar um pouco o processo, troque o vinagre usado por novo após algumas horas. Procure também mexer cuidadosamente a mistura de vez em quando, para que o vinagre banhe todas as partes dos ovos. Como eles flutuam no vinagre, ao final do processo restará, muitas vezes, uma camada bastante fina de carbonato nas partes dos ovos que não ficaram submersas. Sob uma torneira aberta, você poderá remover essa camada, esfregando cuidadosamente cada ovo de codorna com os dedos ou com o lado macio de uma esponja de cozinha. Tendo em mente que a membrana é delicada, convém prever a perda de alguns ovos ao longo dessa parte final do preparo.

Se tudo der certo, como normalmente dá, você disporá de um ambiente altamente concentrado de biomoléculas (interior do ovo) envolto por uma membrana semipermeável. Em resumo, você terá obtido um modelo interessante para estudo da osmose em células.

Você poderá, ainda, obter um modelo parecido, mas obviamente maior, usando ovos de galinha. A casca dos ovos de galinha é bem mais espessa do que a dos ovos de codorna, por isso não é viável usar o truque do vinagre. Mas há outros truques possíveis.

Se você abrir cuidadosamente um furo na parte superior (em geral a extremidade mais fina) de um ovo, poderá retirar seu conteúdo sem quebrar o resto da casca. Para isso basta bater levemente na casca com uma colher, até que ela se rache e, em seguida, remover os fragmentos com os dedos. Pelo furo aberto, escorra a clara e a gema para um copo. Agora repita o procedimento de abertura de um furo, só que na base (extremidade mais larga) do ovo. Você notará que sob a casca da base do ovo existe um espaço vazio que separa a casca da membrana logo abaixo. Com uma pequena tesoura, você poderá ir removendo os fragmentos da casca até obter um ovo oco, em cuja base estará exposta a membrana. Esse sistema tem a vantagem de poder colocar soluções de composições conhecidas tanto dentro do ovo (agora oco) quanto fora.



Sempre que utilizar alimentos, evite desperdiçar as partes comestíveis que não forem utilizadas nas experiências. Em nenhuma circunstância se pode desperdiçar alimentos, muito menos em uma realidade social como a nossa. No caso dos ovos de galinha, por exemplo, você poderá ir guardando as cascas dos ovos utilizados em sua casa e pedir aos alunos que façam o mesmo. Planejando a aula com alguma antecedência, será possível obter ovos suficientes sem desperdiçar seus conteúdos.

E agora? Agora é com você.

### **ELABORANDO UMA PROPOSTA COMPLETA**

O que esperamos de você, agora, é que, tendo em mãos os dois modelos de membranas semipermeáveis, elabore uma proposta de atividade para estudo da osmose por alunos do EM. Ao elaborar uma proposta, você deverá incluir algumas informações fundamentais. A seguir, sugerimos a você uma lista de informações que podem ser úteis no planejamento de atividades desse tipo.

Temas da unidade que teriam sido discutidos anteriormente, de modo a manter uma seqüência de ensino coerente (os pré-requisitos, no caso de nosso curso).

- Objetivos.
- Material necessário.
- Descrição sucinta de como a atividade seria introduzida e apresentada para os alunos.
- Resumo das possíveis interferências que faria na orientação do trabalho dos alunos e em função das atividades (perguntas, por exemplo) feitas por eles.

O planejamento de uma atividade desse tipo é, em grande parte, um exercício de especulação. Pelo menos quando não estamos tratando de uma aula centrada na transmissão de informações. Não precisamos apenas prever minimamente que perguntas e orientações daremos aos nossos alunos, mas com freqüência temos de tentar prever as possíveis perguntas deles, para elaborar maneiras de lidar com elas. É claro que, como se trata de um exercício especulativo, sempre ocorrerão fatos inesperados. E é isso que torna as atividades interessantes para ambos (alunos e professores). Do contrário, quando todos os passos e questionamentos estão predeterminados, a aula se torna uma ação mecânica por parte dos alunos e repetitiva para o professor.

Nesse tipo de exercício especulativo, podemos determinar previamente o que fazer, por exemplo, com os controles da experiência. Ou seja, podemos decidir antecipadamente se seremos nós que faremos as perguntas que colocamos na segunda seção desta aula, ou se, a princípio, deixaremos para ver se elas são colocadas pelos alunos. Caso se decida tomar a iniciativa de discutir os controles, ainda resta saber em que momento isso será feito.

Há diferenças entre apresentar um protocolo já com os controles previstos; apresentar um protocolo em que se menciona a necessidade de controles e pede-se aos alunos que identifiquem quais seriam eles, e, finalmente, permitir que os alunos realizem a atividade completa apenas com os controles que previram e problematizar suas conclusões ao final, através de perguntas que indiquem a necessidade de controles não realizados, por exemplo. A última proposta demandará certamente mais tempo e prática dos alunos na elaboração de protocolos experimentais. Tudo dependerá, portanto, do contexto em que estivermos trabalhando. Por isso, pedimos a você que indicasse em sua proposta os pré-requisitos. Eles nos fornecerão algumas indicações sobre o que você tem em mente ao elaborar sua atividade.

Em qualquer uma das hipóteses a respeito da discussão dos controles que acabamos de mencionar, não explicitar os controles em algum momento deixaria a atividade incompleta. E, mais do que isso, impediria que os alunos percebessem o quanto uma experiência aparentemente simples envolve o controle de uma série de variáveis para que se possa estar minimamente seguro de seus resultados.

### **DA CÉLULA AO MODELO OU VICE-VERSA?**

Você pode agora estar se perguntando por que não iniciar a discussão da osmose diretamente com as células em vez de recorrer aos modelos. Afinal, nosso objetivo de estudo não é a célula? De fato, a experiência com hemácias ou células de cebola pode servir para ilustrar ou discutir o processo de osmose (dependendo de como a aula for organizada). Pode-se argumentar que é mais fácil obter ovos de codorna e vinagre do que hemácias. Mas essa vantagem não se aplica ao caso das células de cebola. Pode-se ainda argumentar que, como já comentamos anteriormente, os microscópios são instrumentos raros na maioria das escolas, e que, por isso, é conveniente recorrer a experiências que não dependem deles. Todos esses argumentos são válidos, mas, no caso de nosso curso, não estamos preocupados em determinar qual é a menor maneira de ensinar o que quer que seja. Ao contrário, nosso interesse é discutir com você a diversidade de maneiras de ensinar, e deixá-lo fazer suas próprias escolhas.

No caminho que descrevemos até aqui, a experiência com as células poderia ter sido feita em primeiro lugar. Durante sua realização, poderiam ter surgido aquelas perguntas que não teriam resposta somente com base na observação das células. Para isso se poderia, finalmente, recorrer aos modelos dos ovos de codorna e de galinha (ao elaborar sua atividade, você provavelmente terá notado que os dois modelos se complementam).

Nada impede, porém, que o estudo da passagem de moléculas se inicie com a utilização de um modelo, no caso, a membrana dos ovos de aves. Isso permitiria estudar os processos de osmose e difusão, por exemplo, nos modelos. Em seguida se poderia testar a validade das conclusões obtidas utilizando células vivas.

Vale a pena fazer ainda um último comentário sobre a validade de conclusões obtidas com os modelos de membranas (ovos de galinha ou de codornas). O fato de observarmos a osmose e determinarmos alguns dos fatores que a influenciam em modelos, não permite que estendamos automaticamente nossas conclusões para as células. Afinal, a membrana dos ovos não é igual à membrana plasmática. Por isso mesmo, as conclusões obtidas com os modelos poderiam não ser válidas para as células. Por um lado, isso reforça a importância de, após utilizar os modelos, testar as conclusões obtidas (hipóteses a respeito da osmose) com células vivas. Por outro lado, ao utilizarmos as células, não é possível determinar, com certeza, se os solutos estão ou não atravessando a membrana plasmática. Se essas limitações estão desestimulando você ou parecendo obstáculos, vamos tentar colocar as coisas de outro jeito.

Limitações de modelos e de experiências não são privilégios (ou defeitos, se preferir ver desse modo) das atividades desenvolvidas nas escolas. Elas são características dos modelos e da própria atividade de pesquisa. Assim, em nossa opinião, o fato de não podermos tirar conclusões definitivas, mesmo utilizando quatro modelos diferentes (ovos de codorna e de galinha, hemácias e células de cebola), não representa um obstáculo, mas sim uma oportunidade.

Acontece freqüentemente que um modelo válido para um determinado tipo de ser vivo se mostra inválido ou incompleto para explicar a biologia de outro. Para dar um exemplo bastante radical, basta lembrar que, embora o DNA seja considerado o material

genético dos seres vivos, os retrovírus (como o HIV) possuem RNA como material genético. Se as exceções e limitações existem até para as bases da hereditariedade, por que não deveriam surgir em nossas experiências de ensino?

As dificuldades encontradas no uso de nossos modelos para estudo da osmose podem representar, portanto, oportunidades para discutir as limitações dos modelos experimentais com os alunos. E, assim, familiarizá-los com algumas características importantes do conhecimento científico.

E, no fim das contas, se após coletar tantas evidências, e testar muitas delas, você decidir recorrer à transmissão formal da definição e das características da osmose, esteja certo de que não estará cometendo crime algum. Esteja certo também de que muitos ganhos terão sido obtidos pelos alunos ao longo do percurso.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

No passado, a concepção de planejamento de uma aula era avaliada de um modo muito rigoroso. Havia uma série de etapas a serem descritas, em uma seqüência precisa e com terminologia restrita. Havia também a necessidade de discriminar precisamente o que seria feito e os conteúdos a serem trabalhados. A mesma lógica se aplicava ao planejamento de uma unidade ou curso. Aliás, ao nos referirmos a esse tipo de abordagem no passado, estamos sendo imprecisos e um pouco injustos. Imprecisos porque em diversas circunstâncias esse tipo de planejamento é exigido. E injustos porque podemos estar passando a impressão de que um planejamento rigoroso é uma tarefa desnecessária e até mesmo uma proposta obsoleta.

Se por um lado estamos lidando com propostas de planejamento flexível, por outro, isso não significa que consideremos planejar uma aula uma atitude desnecessária ou contraproducente. Pelo contrário, acreditamos que um planejamento rigoroso é essencial. Até porque ninguém realiza pesquisa sem planejamento rigoroso e protocolos adequados. No entanto, estamos evitando algumas confusões que, estas sim, arriscamo-nos a considerar contraproducentes.

Estamos evitando, por exemplo, confundir um protocolo experimental detalhado e preciso com um planejamento rigoroso. Como discutimos em várias aulas anteriores, o protocolo pode ser elaborado pelo próprio grupo, sob orientação do professor.

Esse professor pode ainda optar por permitir que uma atividade seja executada de modo impreciso, com a intenção de que as conseqüências dessa imprecisão surjam na discussão dos resultados obtidos. Não se trata, portanto, de agir espontaneamente, mas de permitir que, através de diferentes estratégias, os mesmos objetivos sejam atingidos. Por esses mesmos motivos, não estamos propondo que se trabalhe de modo completamente aberto, sem planejamento algum, e que se lide com os problemas à medida que eles se apresentarem.

Uma previsão cuidadosa das diversas possibilidades, aliada à experiência de ensino, costuma evitar, por exemplo, que o professor realize atividades não-conclusivas (quando essa não for sua intenção) ou inúteis, na medida em que a atividade em si pouco contribui para a construção do conceito desejado. Isso pode ocorrer com aulas pouco planejadas, nas quais o professor acaba tendo de transmitir o conceito. Esse planejamento, é claro, não deve impedir que os alunos, atuando no tema e na estratégia proposta, alterem as nossas previsões. Quanto a essa possibilidade, nenhum professor precisa ficar preocupado, pois ela certamente ocorrerá. Porque, uma vez estabelecido um clima de trabalho ativo, cooperativo e motivado, a criatividade de jovens aprendizes supera sempre as expectativas (e muitas vezes também os temores) dos seus professores. Quando isso ocorre, não é o caso de se apavorar. Mas de aproveitar para aprender com a oportunidade. Afinal, como escreveu Guimarães Rosa em *Grande Sertão, Veredas*, “mestre não é quem sempre ensina. Mas aquele que, de repente, aprende”.

## EXERCÍCIOS

1. Discuta e revise sua proposta de atividade com os tutores presencial e a distância. Embora essa atividade não faça parte da sua AD2, o resultado certamente se beneficiará das discussões que você travar.

2. Esse exercício integra discussões das Aulas 9 e 10. Talvez seja necessário rever essas aulas antes de fazê-lo.

Leia os textos a seguir e discuta criticamente a descrição de fenômenos biológicos contida em cada um deles, rescrevendo aqueles que julgar inadequados, justificando as alterações propostas.

Texto I: “Nos pulmões ocorre a passagem de oxigênio no sentido meio → sangue e de gás carbônico no sentido sangue → meio, resultando na liberação de gás carbônico para o meio e na absorção de oxigênio pelo sangue”.

Texto II: “A osmose reflete o maior deslocamento da água de meios onde ela está proporcionalmente em maior quantidade para meios onde sua proporção é menor, através de uma membrana semipermeável”.



**Fotossíntese, um tema  
transversal: experiências  
clássicas, ecologia, bioquímica**

**AULA  
11**

---

## **INTRODUÇÃO**

Em nossas aulas anteriores, utilizamos temas específicos de Biologia Celular e Bioquímica como pretextos para discutir diversas questões relacionadas ao ensino de Ciências de modo geral, e ao de Biologia em particular. Alguns desses temas guardavam relações razoavelmente diretas com assuntos próximos da realidade dos alunos. Esse foi o caso, por exemplo, do metabolismo energético (Aulas 6 e 7). Embora as relações entre esse tema e a vida dos alunos possam não parecer evidentes, chamamos a atenção para o fato de que uma adequada compreensão dos processos de produção de energia pelas células pode ser um importante subsídio para escolhas relativas à alimentação (dietas) e ao exercício físico. Destacamos que isso era especialmente importante na atualidade, na medida em que a obesidade vem adquirindo um caráter de epidemia, atingindo até mesmo crianças desnutridas (por mais paradoxal que isso possa parecer).

É claro que o conhecimento adequado do metabolismo energético não é condição suficiente para garantir escolhas saudáveis. Afinal, inúmeros outros fatores biológicos e culturais interferem nessas escolhas. É claro também que outros temas da Fisiologia estão diretamente relacionados a essas decisões, como, por exemplo, a regulação hormonal de nosso organismo. Por isso mesmo, o ensino de diversos temas, mais ou menos relacionados à Bioquímica e à Biologia Celular, precisa ocorrer de modo integrado e coerente para que bons resultados possam ser atingidos. No caso específico a que estamos nos referindo, a Nutrição, a Digestão, o Metabolismo e a Fisiologia precisam ser vistos de modo integrado.

No entanto, outros temas de Bioquímica têm menos relações com a vida cotidiana dos alunos. No caso da membrana plasmática, por exemplo, tais relações são menos evidentes. Talvez por isso tenhamos enfatizado a importância do uso de maior diversidade de estratégias de ensino quando lidamos com esse assunto. Procuramos mostrar ainda que, mesmo sendo um assunto distante da realidade dos alunos, pode mostrar-se um excelente pretexto para discutir temas fundamentais da Biologia, como o finalismo no discurso explicativo e a natureza probabilística de fenômenos biológicos. Ainda assim, não temos como negar que, em comparação com o metabolismo energético, aquele nos parece permitir mais aproximações com a realidade dos estudantes.

No entanto, há temas de Bioquímica e Biologia Celular que, por sua própria natureza, estão relacionados não apenas à realidade dos alunos, como também a diversos campos da Biologia e mesmo de outras Ciências. Acreditamos que a Fotossíntese é um desses temas. E por esse motivo a escolhemos como assunto de nossas próximas aulas.

## FOTOSÍNTESE: UM ASSUNTO MUITO FREQUENTE NO ENSINO DE BIOLOGIA

Talvez só por ter lido o parágrafo anterior você já tenha pensado em várias relações entre a fotossíntese e outros temas da Biologia. Você pode ter lembrado, por exemplo, o quanto ela é importante no estudo da Ecologia, quando abordamos as relações entre os seres vivos nas teias alimentares. Outra possibilidade é que sua atenção tenha sido atraída pela estreita relação entre respiração aeróbica e fotossíntese, inclusive durante a evolução da vida na Terra. A plena compreensão de temas atuais, como o superaquecimento global, depende de conhecimentos a respeito da fotossíntese. Seria impossível prever ou listar aqui todas as relações que você pode ter recordado. A fotossíntese é um tema tão amplo, que nos arriscamos a dizer que é impossível delimitar o campo da Biologia ao qual ela pertence.

Diante de um tema tão amplo, e ao mesmo tempo tão complexo, uma pergunta possível seria: como e por onde se pode começar a ensiná-lo? Bem, essa é uma daquelas perguntas difíceis de responder, mas que podem iniciar uma discussão bastante rica. Então vamos aproveitar esta oportunidade. Nossa discussão sobre a fotossíntese partirá de dois pontos gerais e importantes, que apresentaremos nos próximos parágrafos.

Como aluno de licenciatura em Ciências Biológicas, você deve se dar conta de que será professor do Ensino Fundamental (EF) e do Ensino Médio (EM). Assim, a sua habilitação profissional lhe permitirá atuar na maior parte do Ensino Básico. Em contrapartida, é pouco provável que você vá trabalhar nas quatro séries iniciais do EF. Porém, assim como mencionamos repetidamente em aulas anteriores a importância da coerência entre as diversas séries do ensino, destacamos agora que é essencial que essa coerência se estenda também para as séries iniciais. Nessas séries, no entanto, a disciplina de Ciências é, em geral, responsabilidade de profissionais que não são biólogos. É importante que tenhamos sempre em mente as relações entre as séries e os níveis de ensino quando planejarmos nossos cursos. Essa coerência só pode ser alcançada se procurarmos conhecer aquilo que nossos alunos sabem sobre um tema que iremos trabalhar, especialmente quando estivermos tratando de temas amplos como a fotossíntese. Isso porque dificilmente será você, professor de Ciências do segundo ciclo do EF ou de Biologia do EM, quem dará o pontapé inicial no estudo desses temas. A propósito, essa última frase resume o primeiro daqueles dois pontos importantes a que nos referimos há pouco. Vamos agora ao segundo.

Tanto em nosso curso, na Aula 8, quando apresentamos o jogo “Célula Adentro”, quanto na Aula 10 de Bioquímica I, quando você iniciou o estudo dos lipídeos, foi mencionada uma mesma experiência, realizada por Gorton e Grendel, a respeito da bicamada de lipídeos da membrana plasmática. Isso porque muitos professores acreditam – e este é o nosso caso – que a história da Ciência é um recurso importante para o ensino da Biologia. Essa opinião se baseia em diversas observações, entre as quais podemos destacar o fato de que as explicações dos alunos para determinados fenômenos muitas vezes se assemelham às explicações apresentadas pelos cientistas do passado para explicar esses mesmos fenômenos. Mais importante do que isso, no entanto, é a idéia de que, se conhecemos as contribuições das diversas pessoas que realizaram a construção de um conceito tal como ele é aceito pela Ciência hoje, compreenderemos melhor esse conceito. Essa última idéia ficou menos clara, não é mesmo? Vamos tentar esclarecê-la um pouco mais.

Como dissemos na Aula 1 de nosso curso, dificilmente um modelo explicativo de um fenômeno biológico qualquer é construído de uma só vez, por uma única pessoa em uma única experiência. O mais comum é que os modelos complexos resultem da soma dos resultados das experiências de diversos grupos, bem como das controvérsias ocorridas ao longo da história daquele modelo. Por esse motivo, muitos professores acreditam que, se estudarmos os diversos passos importantes para a construção de um modelo atual, compreenderemos melhor suas diversas partes e, portanto, construiremos uma visão mais articulada do conceito como um todo. Ou, tentando explicar de uma maneira mais direta, se foram necessários tantos passos para a construção original do modelo, não será mais fácil compreendê-lo revendo de alguma forma esses passos do que simplesmente tendo de compreender o modelo completo em toda a sua complexidade, sem pistas de qualquer tipo sobre seu processo de elaboração? Ou, de modo ainda mais sintético, se o conhecimento científico se constrói passo a passo, por que ele deve ser ensinado como um “pacote” fechado e completo?

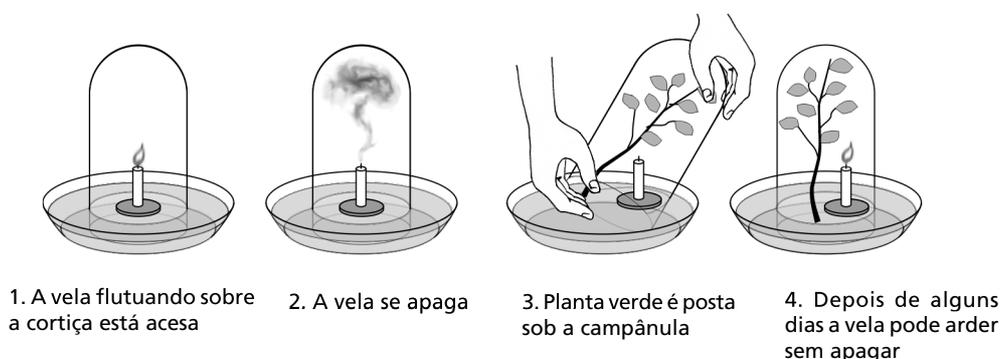
Nós acreditamos que o ensino apenas do conhecimento em seu estado atual é mais difícil e menos eficaz e, mais do que isso, que ele só é possível em um ensino fundamentado na transmissão de conhecimento, no qual o professor apresenta o modelo pronto para seus alunos, de modo que eles têm apenas de aceitá-lo e, provavelmente, memorizá-lo. Esse é o segundo ponto a que nos referimos há pouco. Agora podemos voltar ao caso da fotossíntese, e ver como esses dois pontos se articulam em uma proposta de ensino de Biologia.

## DISCUSSÃO DE EXPERIÊNCIAS CLÁSSICAS NO ENSINO DA FOTOSÍNTESE

Comecemos com um exemplo prático, que ilustrará a discussão que desejamos travar com você. A experiência a seguir mostra uma experiência bastante conhecida, realizada pelo inglês James Priestley, no século XVII. Você provavelmente já a conhece. Agora vamos a uma daquelas perguntas às quais você deve responder antes de prosseguir com a aula.



Observe com atenção a ilustração da experiência e redija em um papel à parte as possíveis conclusões que podem ser tiradas dela.



**Figura 11.1:** Velas mantidas sob redomas rapidamente se apagavam. No entanto, se uma planta viva fosse mantida sob a redoma, 10 dias depois uma vela poderia se manter acesa.

É possível, ou melhor, é provável que você tenha concluído que a vela permanece acesa na campânula em que foi mantida junto com a planta, porque esta libera o oxigênio ( $O_2$ ) essencial para a combustão. É possível, também, que você tenha concluído que, ao realizar a fotossíntese, a planta tenha consumido o gás carbônico ( $CO_2$ ) produzido pela combustão.

Vamos agora ler um breve resumo da experiência, conforme descrita por Priestley.

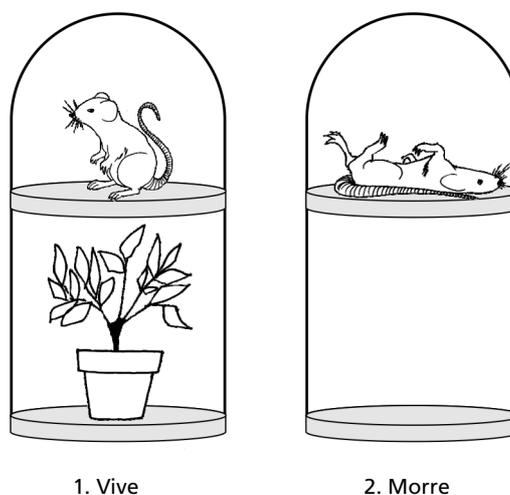
(...) coloquei um ramo de hortelã em certa quantidade de ar na qual uma vela ardera até apagar-se, e verifiquei que vinte dias depois outra vela ardia perfeitamente bem em seu interior. (...) várias vezes dividi a quantidade do ar no qual a vela ardera até a extinção, em duas partes, e colocando a planta em uma delas, deixava a outra, o controle, na mesma condição, mas sem a planta (...); e nunca deixei de verificar que uma vela se acendia no primeiro, mas não no segundo (...) acredito ter atinado com um meio de restauração de ar que tenha sido danificado pela combustão de velas, e de descobrir pelo menos um dos restauradores que natureza utiliza com esta finalidade: é vegetação.

Como você deve ter notado, as conclusões que apresentamos antes são muito diferentes das de Priestley. E, muito provavelmente as conclusões deles são também diferentes da sua. Além disso, o  $O_2$  e o  $CO_2$  sequer foram mencionados por ele. Por que isso teria ocorrido? Bem, com relação ao  $CO_2$  e ao  $O_2$ , a resposta é razoavelmente simples: os dois gases ainda não eram conhecidos quando Priestley realizou suas experiências. Na verdade, o  $O_2$  e suas relações com a combustão e com a respiração só foram descritos depois, por Lavoisier e seus colaboradores. Por esse motivo, Priestley concluiu que a planta purificava o ar “destruído”. Em sua época, os cientistas utilizavam a existência de uma substância de natureza imprecisa, à qual denominavam flogístico, para explicar as diferentes características do ar. Assim, quando ocorria a combustão, a chama liberava o flogístico para o ar, o que o tornava incapaz de sustentar a continuação da própria combustão. Ou seja, somente o ar “desflogisticado” era capaz de sustentar uma combustão. Não vamos nos preocupar com a teoria do flogístico por enquanto, pois, no momento, o que nos importa é avançar na discussão das diferenças entre nossas conclusões e as de Priestley. Em seguida, discutiremos a importância de ambas para o ensino da fotossíntese. Para isso, vamos apresentar agora uma segunda experiência, também realizada por Priestley, na mesma época e lugar da primeira.



Leia com atenção a descrição da experiência e redija em um papel à parte as possíveis conclusões que podem ser tiradas a partir dela.

**Figura 11.2:** Um rato mantido sob uma redoma morria em poucos minutos. No entanto, se uma planta viva e um rato fossem mantidos sob uma mesma redoma, o rato sobrevivia por vários dias.



Desta vez, é possível que você tenha procurado explicar os resultados sem referência ao  $O_2$  e ao  $CO_2$ . Ao fazer isso, no entanto, você certamente estava especulando sobre as possíveis conclusões de Priestley, mais do que propondo realmente sua explicação para as observações dele. Podemos nos arriscar mesmo a dizer que você normalmente teria concluído, corretamente, aliás, que a vela demora mais a se apagar (ou se mantém acesa) na campânula coberta com a planta porque a planta libera  $O_2$ , e este  $O_2$  é fundamental para a combustão (ou seja, para que a chama permaneça acesa). Nem precisamos dizer que Priestley percebeu o paralelo entre a combustão e a respiração, sem, no entanto, mencionar o  $O_2$  ou o  $CO_2$ , por razões evidentes.

Na verdade, as duas experiências que acabamos de discutir eram freqüentemente apresentadas em alguns livros didáticos (LD) sem os devidos créditos àquele que a realizou pela primeira vez. Alguns LD, no entanto, iam além disso e apresentavam conclusões envolvendo a produção e o consumo de  $O_2$  e  $CO_2$  semelhantes às que acabamos de discutir. Como tentamos mostrar há pouco, essas conclusões só são possíveis para quem já conhece o processo de fotossíntese, o que, evidentemente, não era o caso de Priestley. Hoje, essas imprecisões nos LD se tornaram menos comuns, até porque a maior parte deles simplesmente omite a história do conhecimento. Mas abordagens semelhantes (sem créditos para Priestley e com conclusões inadequadas) ainda são comuns no ensino de Ciências e Biologia. Qual seria o sentido de utilizar esta abordagem? E quais seriam os problemas?

## **REVENDO, REDESCOBRINDO E RACIOCINANDO?**

As duas perguntas que fizemos na seção anterior, na verdade, remetem a uma única, mais geral: com que objetivos estamos apresentando experiências clássicas para nossos alunos? Se conseguirmos delimitar nossos objetivos, poderemos entender melhor o potencial e as limitações do uso de uma determinada experiência como recursos didáticos. Não é suficiente responder, como dissemos há pouco, que a história da Ciência pode tornar o aprendizado mais eficaz. Temos de refletir sobre o caso específico das experiências que acabamos de apresentar.

Podemos imaginar, primeiro, que o uso de experiências clássicas permite que os alunos “caminhem sobre os passos” dos cientistas, descobrindo por eles mesmos as etapas de construção de um determinado

conceito. Ao fazer isso, compreenderiam melhor o conceito. Seria este o caso do uso das experiências de Priestley? Suponhamos agora que tenhamos apresentado a experiência para alunos da 6ª série do EF, e pedido a eles que descrevessem as conclusões possíveis. O que aconteceria?

É muito provável que eles apresentassem conclusões envolvendo a produção e o consumo de  $O_2$  e  $CO_2$ , como nós mesmos fizemos há pouco. Este tipo de abordagem, como já dissemos, é muito usado, e por isso é possível afirmar que certas conclusões aparecem sempre. E isso acontece normalmente porque os alunos já conhecem características gerais da fotossíntese e a respiração. E não faltam fontes para tais conhecimentos, desde o ensino formal nas séries iniciais até os meios de comunicação. Sendo assim, não é razoável supor que as experiências estivessem permitindo, de fato, que os alunos construíssem conhecimento novo ao analisá-las. Vamos então a uma segunda possibilidade.

Suponha agora que as experiências tenham sido apresentadas conforme mencionamos, mas que lhes tenha sido entregue também material sobre a teoria do flogístico. Em seguida lhes pediríamos que interpretassem as experiências à luz daquela teoria. Essa forma de ensino, de certa forma derivada de propostas de Redescoberta (Aulas 6 e 8), também é utilizada por alguns professores. Se seus alunos estivessem de fato acostumados a lidar com exercícios abstratos desse tipo, poderiam apresentar conclusões consistentes com a teoria apresentada. Nesse caso, eles estariam construindo conhecimento? Qual?

Difícilmente poderíamos admitir que eles estariam construindo conhecimento sobre a fotossíntese. Isso porque, na verdade, nós teríamos pedido aos nossos alunos que “esquecessem” o que sabiam, e que raciocinassem de acordo com uma teoria que até então desconheciam, e com a qual possivelmente não concordavam. Nesse sentido, eles tampouco estariam refazendo os passos dos cientistas, já que Priestley, por exemplo, desconhecia a existência do  $O_2$  e  $CO_2$ , que eram conhecidos de seus alunos. Alguns cientistas prosseguiram e ampliaram as experiências de Priestley. Alguns deles, como foi o caso de um brilhante cientista holandês, Jan Ingenhousz, interpretaram seus resultados à luz da teoria do flogístico. Ele o fez porque tal teoria era, em sua opinião, a que explicava adequadamente os resultados. Já os nossos alunos teriam se fundamentado nela apesar de disporem de outras explicações para os mesmos fenômenos, apenas porque isso lhes teria sido solicitado por nós.

Uma terceira possibilidade seria fazermos algo parecido com o que fizemos na Aula 6 de nosso curso. Naquela aula, pedimos aos nossos alunos que elaborassem propostas de experiências para testar suas hipóteses sobre a estabilização da glicemia no jejum, sem se preocuparem com a viabilidade técnica de tais experiências. Poderíamos, então, ter pedido aos nossos alunos que elaborassem uma experiência para “provar” que as plantas recuperam o ar, tornando-o respirável para os animais. Ou ainda, poderíamos pedir aos alunos que propusessem experiências que provassem que, durante a fotossíntese, as plantas liberam o oxigênio essencial para a respiração dos animais (e também das plantas e muitos outros seres vivos, é claro).

É possível que, além de experiências envolvendo reações químicas e técnicas hipotéticas, alguns alunos proponham coisas, em princípio, semelhantes às experiências de Priestley. Nesses casos, tais experiências poderiam ser apresentadas para que eles verificassem se os resultados estariam de acordo com o esperado. Dessa forma, os alunos estariam construindo conhecimentos sobre a fotossíntese? Mais uma vez, dificilmente, já que estariam formulando experiências para algo que já sabiam.

Bem, então é o caso de concluirmos que as experiências de Priestley são um caso perdido em relação ao ensino da fotossíntese? Não exatamente.

Primeiro porque elas podem ser utilizadas nas séries iniciais do EF, de modo a permitir que os alunos tirem conclusões sem menção aos gases envolvidos nos processos de fotossíntese e respiração. Mas esse é um campo no qual não podemos interferir. Voltemos ao nosso campo de atuação.

Nas três propostas que discutimos aqui, os alunos teriam participado ativamente da aula, interpretando e/ou propondo experiências simples. Não é este um dos objetivos que mais perseguimos no ensino de Ciências? E se nosso objetivo fosse permitir que nossos alunos percebessem a natureza gradual do processo de construção científica? Nesse caso, a segunda abordagem seria produtiva em dois sentidos: ao apresentar-lhes a teoria do flogístico e ao confrontá-los com interpretações diversas para os resultados de uma mesma experiência, cada uma delas condicionada por conhecimentos prévios diferentes.

É possível que, diante desse objetivo que apresentamos, você prefira uma das três abordagens em relação às outras. É possível também que utilize uma delas no caso da fotossíntese e outra no caso da respiração, por exemplo. Como já dissemos, a diversidade de estratégias pode ser muito interessante, desde que tenhamos claro quais são nossos objetivos ao utilizarmos cada uma delas. A expressão “clareza de objetivos” é a chave para compreender esta primeira parte da aula. Às vezes não é possível redescobrir, mas é válido rever, e, em outras, o importante é apenas raciocinar.

Assim como não acreditamos que qualquer uma das três abordagens apresentadas para discutir as experiências de Priestley efetivamente permita a construção de conhecimento sobre fotossíntese, permitimo-nos admitir que todas elas podem ser válidas se os objetivos forem outros.

## **O LIMITE DOS PARALELOS ENTRE A HISTÓRIA DA CIÊNCIA E O ENSINO DE BIOLOGIA**

Esperamos que tenha ficado claro nas seções anteriores que, em nossa opinião, o uso de experiências importantes na história de um dado conceito nem sempre é um recurso suficiente para a efetiva construção do conhecimento. Não se trata, portanto, de uma fórmula mágica para o ensino de Biologia. Isso é especialmente importante quando os alunos já possuem conhecimentos corretos e coerentes a respeito do tema. Nesses casos, questionar tais conhecimentos apenas para que eles se vejam obrigados a provar o que sabem só pode chegar a ser válido se os objetivos forem outros que não o questionamento desse dado conhecimento. Afinal, ninguém é capaz de provar tudo o que sabe, nem a Ciência tem esse objetivo. Em resumo, o uso de experiências clássicas como instrumentos de efetiva construção de conhecimento depende de respeitarmos aquilo que nossos alunos já sabem. Tanto quando o que eles sabem não está correto (Aulas 5 e 6 de nosso curso), como também quando o que sabem está cientificamente correto.

## **A FOTOSSÍNTESE NO ENSINO**

Ao longo das seções anteriores procuramos mostrar algo que pode ter parecido óbvio: que é preciso ter sempre em mente o que nossos alunos já sabem.

Vamos agora realizar uma breve atividade de análise, para em seguida retomarmos a discussão de onde paramos.



Procure em um livro didático de 1ª série do EM o capítulo relativo à fotossíntese. Em geral, existe uma seção e exercícios ao final de cada capítulo. Procure determinar os temas dos exercícios, destacando aqueles que estabelecem uma relação direta entre temas da realidade atual e o ensino formal propriamente dito.

Como você deve ter notado, praticamente não há questões do tipo que mencionamos. Note, portanto, que existe uma curiosa contradição no ensino da fotossíntese: embora seja um tema que apresenta inúmeras relações com assuntos atuais relevantes, tais relações são pouco exploradas.

Uma segunda observação curiosa pode ser feita com relação ao ensino da fotossíntese. É mais comum encontrarmos questões envolvendo experiências cruciais para a construção do modelo atual da fotossíntese. Tais questões aparecem eventualmente nos LD, em especial aquelas duas experiências de Priestley que discutimos, além de outras realizadas por cientistas como Ingenhousz e Engelman (falaremos dele em breve). Frequentemente as experiências citadas no texto são utilizadas também nos enunciados dos exercícios. De fato, o ensino da fotossíntese encontra-se curiosamente concentrado somente nas reações químicas que o compõem. Para simplificar, chamaremos esse conjunto de reações de “modelo molecular” da fotossíntese, já que contém as moléculas e reações químicas envolvidas no processo, do modo como a Ciência os descreve na atualidade. Um assunto adicional comum é a discussão dos fatores que limitam a velocidade (ou eficiência) do processo como um todo.

Por que as experiências são sempre mencionadas, e por que exatamente estas são tão mais comuns do que outras? Vamos tentar avançar um pouco nesse assunto.

Se você fizer uma revisão das Aulas 7 a 10 de Bioquímica II, verá que o modelo molecular da fotossíntese é bastante complexo. Por isso mesmo, pode acreditar quando lhe disserem que ele foi construído a partir dos resultados acumulados por experiências realizadas ao longo de pelo menos três séculos (basta se lembrar da época dos experimentos de Priestley para comprovar isso). Por algum motivo, talvez por sua simplicidade, as experiências de alguns poucos pesquisadores têm sido repetidamente descritas no ensino da fotossíntese.



Procure pesquisar sobre as experiências de Van Helmont, Stephen Hale, Jean Senebier, Jan Ingenhousz, T. W. Engelmann, Van Niels, R. Hill e Melvin Calvin. Elas lhe poderão ser muito úteis no ensino da fotossíntese.

No entanto, há outras experiências igualmente simples, que descreveram etapas ou características cruciais do modelo molecular da fotossíntese. Os motivos pelos quais estas experiências raramente são mencionadas nos LD não são claros. Pode ser que isso se deva ao fato de que a história da Ciência raras vezes é considerada efetivamente um recurso de ensino. O caso da fotossíntese, por exemplo, embora seja uma exceção à regra (já que as experiências são mencionadas), não muda muito este panorama. Afinal, as experiências aparecem com frequência como meras ilustrações do assunto, mas nem sempre são utilizadas como recursos para levar o aluno a refletir ou realizar qualquer tipo de atividade.

### **UM EXEMPLO PARA ESTIMULAR VOCÊ A PESQUISAR POR CONTA PRÓPRIA**

Seria impossível discutir todas as experiências cruciais (ou clássicas) simples que podem ser utilizadas no ensino da fotossíntese em nosso curso. Mas para convencê-lo de que elas são realmente simples, vamos mencionar apenas uma das várias realizadas por Jan Ingenhousz. Esse cientista holandês separou as diversas partes das plantas, em especial as partes verdes das não-verdes. Em seguida, manteve cada uma delas em sistemas semelhantes aos de Priestley, determinando que somente as partes verdes, como caules e folhas, eram capazes de renovar o ar, enquanto as outras partes geravam o mesmo tipo de ar “nocivo” que os animais e as plantas. Ingenhousz foi também o primeiro a demonstrar experimentalmente a importância da luz na fotossíntese, já que, na ausência dela, todas as partes das plantas, mesmo as verdes, geravam “ar nocivo”. Posteriormente, um francês, Jean Senebier, demonstraria que mesmo as folhas cortadas em pedaços eram capazes de renovar o ar, abrindo caminho para a descoberta de Hill, quase um século depois, de que os cloroplastos isolados realizam todas as etapas da fotossíntese. Mas, voltemos a Ingenhousz. Note que com um conjunto de experiências simples, ele foi capaz de descrever dois componentes fundamentais da fotossíntese (importância da luz e das partes verdes – logo, da clorofila) e uma característica importante da fisiologia das plantas, ou seja, que elas respiram.

Mas os resultados de Ingenhousz não são óbvios e conhecidos demais hoje em dia para merecerem uma discussão? Talvez sim, talvez não. Um dado importante a considerar neste debate pode ser obtido na consulta a trabalhos na área de educação em Ciências. Um grande número de trabalhos tem demonstrado um conjunto amplo de concepções incorretas por parte de estudantes a respeito da fotossíntese. Duas das mais conhecidas são: “as plantas fazem fotossíntese e os animais respiram” (ou, dito de outro modo, “a fotossíntese é a respiração das plantas”) e “as plantas fazem fotossíntese durante o dia e respiram durante a noite”. Reveja agora nossa breve descrição das experiências de Ingenhousz e reflita: elas estão relacionadas de algum modo a essas concepções?

A resposta inevitavelmente é sim, elas geraram resultados capazes de contradizer ambas as concepções que mencionamos anteriormente. Não seriam essas experiências, então, instrumentos potenciais para lidar com as concepções incorretas comuns entre os estudantes? Uma possibilidade seria utilizá-las nas séries iniciais para construir um modelo geral de fotossíntese, sem preocupação com a sua base molecular. Tal modelo poderia evitar o estabelecimento de concepções incorretas. Poderíamos utilizá-las também em séries posteriores para gerar situações de conflito cognitivo, capazes de levar os estudantes a questionar suas concepções anteriores. Enfim, é possível que as experiências de Ingenhousz pudessem ser utilizadas nos mesmos moldes que utilizamos a curva glicêmica nas Aulas 5 e 6 de nosso curso para lidar com uma concepção incorreta a respeito do metabolismo energético.

As experiências dos cientistas que mencionamos ao longo desta aula são também razoavelmente simples. Algumas, como as de Senebier e Hale, são tão simples quanto as de Priestley e Ingenhousz. Por isso mesmo podem ser recursos interessantes para as séries iniciais do EF. Outras, como as de Calvin e Van Niels, que envolvem o uso de precursores radioativos ou isótopos pesados, poderiam ser utilizadas no EM.

## **PARA ALÉM DAS EXPERIÊNCIAS CRUCIAIS**

Os resultados de experiências cruciais não são os únicos que podem ser utilizados como recursos de ensino no caso de modelos moleculares complexos. É possível recorrer também a resultados de experiências simples, ou de observações experimentais conhecidas da literatura, mas cujas fontes não podem ser determinadas com precisão.

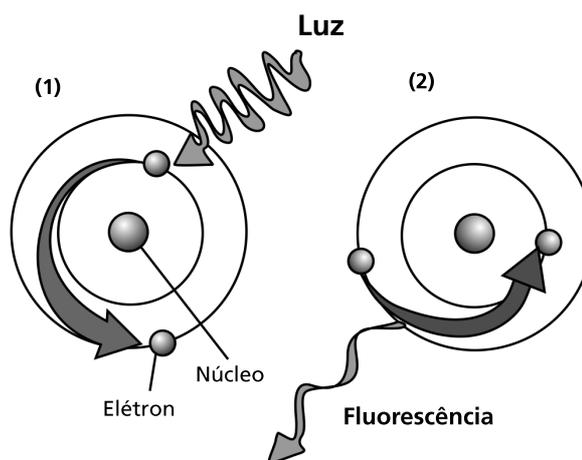


As questões de vestibulares podem ser obtidas nas páginas das instituições na internet. No caso da UFRJ, as questões e os gabaritos estão disponíveis em [www.vestibular.ufrj.br](http://www.vestibular.ufrj.br)

Observe por exemplo a questão a seguir, que fez parte do exame vestibular da Universidade Federal do Rio de Janeiro em 2003.

### Enunciado

Moléculas de clorofila isoladas são capazes de absorver luz, resultando na passagem de elétrons para níveis com maior energia potencial (Figura 11.1). Com o retorno dos elétrons excitados para seus níveis energéticos de origem, a clorofila emite fluorescência vermelha (Figura 11.2). No entanto, quando a clorofila está em cloroplastos íntegros, ela absorve luz mas praticamente não emite fluorescência.



### ATIVIDADE

Explique por que a clorofila em cloroplastos íntegros praticamente não emite fluorescência quando é iluminada.



Tente resolver a questão e depois prossiga com a leitura.

Como você deve ter notado, a clorofila só fluoresce em solução, mas não no cloroplasto íntegro. Isso porque, no caso do segundo, existem os aceptores de elétrons. Nos cloroplastos, portanto, a energia luminosa absorvida não é liberada como fluorescência, mas sim utilizada no processo de transporte de elétrons, translocação de prótons e, finalmente, de síntese de ATP (Aula 8 de Bioquímica II). Essa mesma observação relativa à fluorescência da clorofila em diferentes condições experimentais, no entanto, poderia ser apresentada para os alunos sob a forma de uma experiência hipotética. Seria essencial apresentar, é claro,

a definição de fluorescência. A análise comparativa da fluorescência da clorofila em diferentes situações poderia levar os alunos a perceber que os elétrons, no caso dos cloroplastos, não retornam para a molécula de clorofila, já que, se o fizessem, deveria ocorrer emissão de luz. Esse seria um passo inicial importante para a compreensão do mecanismo molecular da síntese de ATP na fotossíntese. Afinal, a transformação da energia luminosa em outra forma de energia não é um conceito trivial para adolescentes, como é o caso dos alunos do EM.

Em resumo, até aqui temos explorado o potencial da história da Biologia como recurso de ensino. Agora estamos acrescentando um recurso novo, o uso de resultados experimentais apresentados de forma didática pelo professor para discussão entre os alunos. Esse recurso pode complementar as aulas práticas e demonstrações experimentais mais simples, que podem ser realizadas em sala de aula ou em laboratórios escolares. O conjunto de estratégias bem definidas certamente contribuirá para a melhor compreensão, por parte dos alunos, dos complexos mecanismos moleculares da fotossíntese.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Vimos nesta aula que a história da Biologia é um recurso que pode ser utilizado de diversas maneiras no ensino de Ciências. Procuramos discutir, ainda, que o uso da história pode dar-se de diversas formas. Cada uma dessas abordagens pode ser válida, desde que tenhamos objetivos claros e não esperemos obter resultados incompatíveis com a abordagem de nossa escolha. O uso das experiências cruciais como meras ilustrações do que se aprende (ou se vai aprender) dentro de um modelo de transmissão do conhecimento pode enriquecer um pouco a proposta, mas está longe de se constituir em recurso capaz de gerar participação ativa dos alunos. Embora seja comumente usada desta maneira, a história da Biologia perde, na verdade, grande parte de seu potencial como estratégia de ensino. Em síntese, a utilização da história da Biologia, como, aliás, qualquer outro recurso, não é uma fórmula mágica que funciona sempre, muito menos que funciona sempre do mesmo modo. Por isso mesmo é essencial que você tenha clareza de seus objetivos ao planejar uma atividade baseada nessa estratégia, para que seu trabalho não seja redundante em relação ao que os alunos já sabem ou busque atingir objetivos inadequados.

Apesar de não ser nossa intenção apresentar um modelo de ensino para a fotossíntese (até porque não acreditamos em modelos de ensino), algumas idéias gerais podem ser indicadas. No EF, em lugar de subestimar o que os alunos já sabem, poderíamos investir na construção de uma visão mais adequada do processo, na qual as concepções incorretas fossem evitadas através, talvez, do uso da história da Biologia. Nessa visão, deveriam, com certeza, ser incluídas as relações da fotossíntese com temas de interesse geral, como o superaquecimento global, já que sua compreensão depende somente do conhecimento das características gerais da fotossíntese. Já no EM, algumas experiências cruciais, além dos resultados de outras experiências simples (cruciais ou não), poderiam ser utilizadas para levar a uma construção gradual e organizada de um modelo molecular complexo.

## EXERCÍCIOS

1. Retomemos a atividade realizada ao longo de nossa aula. Expresse graficamente os resultados de sua análise anterior. Em resumo, o que está sendo pedido é que você elabore um ou mais gráficos que permitam a outra pessoa ter uma visão da estrutura e dos conteúdos da seção de exercícios analisada por você. Reveja, se achar necessário, um exercício parecido com este que estava na sua AD1.
2. Dando continuidade ao exercício anterior, elabore um enunciado e uma resposta para um exercício no qual seja estabelecida uma relação direta entre a fotossíntese e um tema da atualidade.
3. Escolha um livro didático e identifique o(s) mecanismo(s) descrito(s) para a síntese de ATP durante a fase clara da fotossíntese. Descreva de forma resumida esse(s) mecanismo(s). Ele(s) está(ão) de acordo com o modelo atual do processo? Justifique sua resposta. Discuta a importância de suas observações para o ensino de Biologia.

# Temas introdutórios ou temas fundamentais: a química da célula

# AULA 12

## objetivo

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- Perceber a importância da coerência na organização de uma seqüência de conteúdos de ensino.

### **Pré-requisito**

Ter realizado as atividades propostas na Aula 11.

## **INTRODUÇÃO**

Como você deve ter percebido ao longo de nosso curso, a maior parte dos temas relacionados à Bioquímica e à Biologia Celular é estudada ao longo da 1ª série do EM. Como ressaltamos nas Aulas 3 e 6, bem como na AD1, as bases para a compreensão adequada desses temas são muitas vezes lançadas no Ensino Fundamental. Esse é o caso, por exemplo, do metabolismo energético, estudado durante a unidade Nutrição, na 7ª série do EF, e em detalhes na 1ª série do EM. Quando dizemos que os temas são estudados, não queremos dizer que as relações entre os conteúdos das duas séries sejam evidenciadas no material didático, ou mesmo que elas sejam explicitadas ao longo do processo de ensino. Estamos tão-somente afirmando que tais relações existem, e que deveriam ser consideradas durante o ensino. Temos nos referido repetidamente à importância da coerência entre os diversos níveis de ensino ao longo de nosso curso. E temos feito isso porque acreditamos que uma parte substancial dos problemas no ensino de Biologia está relacionada à sua fragmentação e, mais do que isso, a uma inconsistência entre esses diversos fragmentos.

Quando discutimos a fragmentação do ensino de Biologia, precisamos ter em mente que as causas desse fenômeno são muitas. De fato, poderíamos preencher um curso inteiro com elas. Porém, mesmo sendo impossível esgotá-las, podemos ao menos apresentar algumas delas agora, na certeza de que elas voltarão a ser discutidas ao longo de seu curso de Licenciatura.

## **A FRAGMENTAÇÃO DO ENSINO DE BIOLOGIA**

Algumas das causas da fragmentação do ensino podem estar nas próprias características do trabalho docente. Vamos a algumas dessas características. Em boa parte da rede privada de ensino, os professores são contratados (e remunerados) com base no número de horas de aula (hora-aula) que ministram na instituição. Isso faz com que muitos professores tenham de trabalhar em mais de uma ou mesmo em diversas escolas para aumentar sua renda. Naturalmente, se um professor ministra aulas em diversas escolas, ele dará preferência a atuar em um reduzido número de séries em todas elas. Dessa forma, alguns professores podem acabar se especializando em determinadas séries. A remuneração por hora-aula tampouco estimula que o professor permaneça na instituição mais tempo do que aquele que é pago para fazê-lo. Nesse contexto, a troca frequente de idéias e informações entre os professores das diferentes séries e disciplinas se torna mais difícil.

As fronteiras entre as diferentes áreas da ciência são naturalmente difusas, mas, no caso da bioquímica, é até mesmo mais correto admitir que seu campo de atuação está, em certa medida, na interseção entre a química e a Biologia. Talvez por isso mesmo um segundo fator importante a considerar em relação à fragmentação do ensino seja a inevitável divisão do ensino de Ciências em pelo menos três disciplinas (Física, Química e Biologia) a partir do EM, ou mesmo da última série do EF. Como o próprio nome Bioquímica indica, no entanto, os assuntos de que tratamos em nossa disciplina são naturalmente “híbridos”, ou seja, estamos atuando em um campo que depende de modo estreito de conhecimentos da Química e da Biologia, que são disciplinas separadas no EM.

Se questões práticas explicam uma parte da fragmentação do ensino, elas certamente não dão conta de todo o problema. Talvez, para nossa tristeza, seja tentador admitir que a fragmentação seja inevitável. Isso porque o conhecimento científico, como vimos na Aula 4 de nosso curso, é, ele próprio, produzido de forma fragmentada por equipes de especialistas. Logo, se o conhecimento novo é produzido de forma fragmentada, nada mais razoável que sua difusão (portanto, seu ensino) se dê de forma igualmente fragmentada, certo? Você pode até ter respondido que sim, mas nós agora vamos tentar lhe mostrar que, do nosso ponto de vista, a resposta só pode ser negativa.

### **FRAGMENTAÇÃO DO CONHECIMENTO: DIFERENÇAS ENTRE ENSINAR E FAZER PESQUISA EM BIOLOGIA**

Em diversas aulas anteriores, chamamos sua atenção para o fato de que, se existem paralelos importantes entre o ensino de Biologia e a pesquisa científica, há também limites para esse paralelismo. E com relação à questão da fragmentação do conhecimento, parece que o paralelo pode e deve ser evitado no caso do ensino.

O fato de a produção de conhecimento novo ser gerado de forma fragmentada não precisa ser visto como uma virtude, pelo contrário, pode ser entendido como uma restrição, ainda que necessária, do processo de sua produção. A necessidade de produzir conhecimento novo, em campos nos quais as fronteiras se expandem diariamente, exige dos cientistas um alto grau de especialização. Isso permite que eles se mantenham, ou ao menos tentem se manter, em algum ponto da fronteira entre o conhecimento prévio e o novo. Quando nos referimos ao conhecimento

prévio, referimo-nos muitas vezes a algo que foi descrito ainda este ano, pelo menos no caso da Bioquímica e da Biologia Celular. Trata-se de um ambiente no qual competição e colaboração parecem ser características intrínsecas e inseparáveis. Este não é, no entanto, o caso do ensino de Ciências. E, como dissemos na Aula 6, muitas vezes o que nos parece a princípio uma limitação do ensino em relação à pesquisa pode mostrar-se, na prática, uma vantagem.

Quando nos referimos à elaboração de protocolos experimentais, e à execução de experiências nas Aulas 4 e 6, destacamos que o mais importante era que os alunos identificassem os princípios das experiências, mais do que realizá-las de fato. Naquelas mesmas aulas, e, de certo modo, também na Aula 12, retomamos o assunto ao discutirmos a interpretação de experiências clássicas, ou seja, enquanto na pesquisa a execução efetiva das experiências é condição essencial para o próprio trabalho, no ensino ela pode ser substituída por diferentes estratégias, sem prejuízos evidentes para o aprendizado. De modo similar, enquanto a repetição de experiências realizada no passado não faz sentido no caso da pesquisa, o mesmo não ocorre no caso do ensino. No momento, estamos querendo chamar sua atenção para o fato de que o ensino de Ciências, por não atuar efetivamente na fronteira do conhecimento, não precisa, em princípio, estar submetido à especialização e, conseqüentemente, à especialização que atinge a pesquisa científica em Biologia.

De fato, o ensino de Biologia tem pelo menos um motivo para ser realizado de maneira integrada, mencionado rapidamente no início de nossa aula: os fenômenos naturais que são objeto da Biologia não são fragmentados, pelo contrário, relacionam-se a diversos campos daquilo a que chamamos Ciência. Por isso mesmo, tanto a compreensão de seus fundamentos quanto de suas eventuais relações com a sociedade dependem de conhecimentos diversos e da integração de informações produzidas em diversos campos da atividade humana. Na Aula 12 por exemplo, fizemos questão de destacar as relações da fotossíntese com assuntos de importância atual, como o superaquecimento global, por exemplo.

Nestas seções, tentamos destacar a natureza ampla e integrada do conhecimento científico, ainda que esta contraste em grande parte com a relativa fragmentação de seu processo de construção. Agora podemos voltar ao caso da Bioquímica e da Biologia Celular.

## A QUÍMICA DA CÉLULA: INTRODUZINDO O TEMA

Vamos começar a discussão do tema específico de nossa aula com uma daquelas atividades que você deve realizar antes de prosseguir.



Registre em uma folha à parte os títulos dos cinco primeiros capítulos de um livro didático de Biologia destinado à 1ª série do EM. Se dispuser de mais livros, faça o mesmo com eles.

Arriscamo-nos a dizer que é praticamente certo que um dos capítulos que você examinou tenha como título "A química da célula" ou "A base molecular da vida" ou qualquer coisa parecida. Se você folhear, ou seja, se examinar superficialmente esses capítulos, verá que se trata das moléculas consideradas orgânicas, ou seja, em geral apresentam aquelas mesmas moléculas que discutimos nas Aulas 3 e 4 de nosso curso. Você deve se recordar que o estudo dessas mesmas moléculas foi iniciado na 7ª série do EF (reveja as Aulas 3 e 4, se achar necessário). Na 1ª série do EM, no entanto, a abordagem é mais aprofundada. No caso das proteínas, por exemplo, é comum que se trate de temas como a relação dos fatores que determinam suas estruturas tridimensionais e os processos de desnaturação. Enquanto as características gerais das proteínas são apresentadas de modo geral, as características das enzimas, por sua vez, recebem maior destaque. Nestes casos, há ênfase na relação entre conformação e atividade catalítica e a influência do pH e da temperatura sobre essa atividade.

Se você reler o parágrafo anterior, certamente notará que usamos a palavra *relação* algumas vezes. Isso pode estar lhe sugerindo, corretamente, aliás, que os fenômenos descritos nesses capítulos guardam estreitas relações entre si. Além disso, a maneira como descrevemos os capítulos sugere que tais relações podem estar destacadas nos livros. Só você poderá atestar a veracidade desta última afirmação, se examinar com mais atenção o livro de sua escolha. De qualquer modo, vamos assumir que tais relações sejam destacadas pelos autores. O estabelecimento de tantas relações entre tantos temas relevantes da Bioquímica pode estar lhe sugerindo que, afinal, o ensino se dá de forma integrada, como vimos no caso da fotossíntese na Aula 11. É provável que esta conclusão esteja correta. Mas vale a pena examinar o tema de maneira mais ampla.

## A QUÍMICA DA QUÍMICA DA CÉLULA: A BIOLOGIA NÃO ESTÁ SOZINHA

Na seção precedente, mencionamos os efeitos do pH e a energia de ativação sobre a atividade enzimática como temas típicos do capítulo de química da célula. Se você revir, ainda que de maneira superficial, as aulas de Bioquímica 1 relativas à atividade e à cinética enzimática, perceberá que a própria definição de energia de ativação é bastante complexa. Se revir também a aula daquela mesma disciplina que trata do pH, muito provavelmente se dará conta de que o tema tampouco é dos mais simples. Em ambos os casos, a compreensão adequada dos conceitos exige alguma capacidade de abstração, cálculos matemáticos simples e, sem sombra de dúvida, noções razoáveis de Química. Entre estas noções, podemos certamente incluir a compreensão da estrutura de um modelo atômico simples, dos tipos de ligações que eles formam entre si e o conhecimento das reações químicas de modo geral. Afinal, mudanças no pH, bem como as conseqüências de tais mudanças sobre a conformação das proteínas, envolvem dissociação de moléculas e a liberação de prótons, não é mesmo? A própria compreensão da definição de pH exige o conhecimento de um modelo atômico mínimo, para que o aluno compreenda o porquê de um hidrogênio livre ser representado como  $H^+$  e denominado próton.



Leia com atenção seu LD de 1ª série e verifique se a definição do conceito de pH é correta.

Na maioria das vezes, a definição de pH dos livros didáticos é bastante genérica, algo como: o pH é uma medida da acidez de um meio. Esta definição, embora não seja imprecisa, está razoavelmente correta. Mas agora vamos um pouco além da definição. Se, no mesmo livro didático, o autor apresentar um gráfico que descreva a influência do pH sobre a atividade enzimática, identificando a existência de um valor (na verdade, uma faixa de valores) definido como o pH ótimo de cada enzima, o aluno poderá compreender o porquê de as mudança no pH afetarem tão drasticamente a atividade enzimática? Vamos explorar algumas possibilidades a este respeito nos parágrafos seguintes.

Suponhamos que o aluno tenha compreendido que, quanto menor o pH, maior a acidez do meio. Se, como a maioria de nós, o estudante imaginar que os ácidos são substâncias corrosivas, talvez não seja difícil compreender que em meios muito ácidos a atividade enzimática seja afetada (a palavra correta seria “destruída”, embora ela não faça sentido do ponto de vista bioquímico). Mas qual seria a explicação para as faixas de baixa acidez (e elevado pH, por consequência)? Da mesma forma, esse modo de pensar não seria útil no caso de enzimas cujos pHs ótimos são baixos, como é o caso da pepsina.

Pode ser que a situação fique mais fácil se considerarmos que a relação entre a estrutura tridimensional das proteínas e sua atividade catalítica tiver sido estudada anteriormente. Nesse caso, o aluno poderia estabelecer a relação entre perda da estrutura tridimensional e perda de atividade catalítica. Essa relação é mais intuitiva no caso das temperaturas extremas do que no caso do pH, ou seja, as causas da desnaturação devida a variações no pH, porém, são bem menos evidentes. A pergunta do parágrafo anterior se tornaria novamente incômoda: por que a conformação das proteínas se perde tanto em faixas de pH maiores e menores do que o pH ótimo?

A razão pela qual a mesma pergunta aparece de modo recorrente sempre que tratamos do pH, em nossa opinião, é bastante simples: é necessária uma compreensão mais adequada do que seja o pH de uma solução para compreender o fenômeno de desnaturação protéica. É preciso compreender a possibilidade de “protonação” e “desprotonação” das cadeias laterais dos aminoácidos para entender como a maior ou menor abundância de  $H^+$  no meio afeta os aminoácidos e como este efeito se reflete na estrutura da proteína (Aulas 5 e 6 de Bioquímica 1). Sem isso, o aluno poderá aceitar que o pH altera a atividade enzimática (ou mesmo a conformação de uma proteína), mas sem qualquer indicação sobre as bases desse efeito. Nesse sentido, portanto, estamos afirmando que o conhecimento preciso a respeito de ácidos e bases (e do pH) é essencial para a compreensão efetiva do tema da atividade enzimática.

Admitindo que você tenha concordado com nossa conclusão anterior, vamos agora explorar um segundo ponto que afirmamos ser essencial para a compreensão adequada do pH.

Para compreender as variações de pH, é essencial que se conheça minimamente um modelo atômico simples, conhecido como o modelo de Dalton. Como você sabe, de acordo com este modelo, os átomos seriam

compostos de um núcleo (formado de prótons e nêutrons) em torno do qual orbita um ou mais elétrons (vimos uma ilustração simplificada desse modelo na Aula 11). Seria preciso conhecer também as ligações químicas de maneira geral. Isso porque variações no pH são conseqüências essencialmente de dissociações que geram prótons ( $H^+$ ) livres ou da associação desses prótons com outros solutos. Esses são, naturalmente, assuntos mais característicos da Química do que da Biologia. Pelo menos no que se refere ao ensino básico, já que nos cursos de graduação em Biologia o assunto é retomado nas disciplinas de Bioquímica, como você bem sabe. Até mesmo a compreensão da notação  $H^+$  para designar um próton livre depende de uma compreensão razoavelmente profunda do modelo atômico (em especial do átomo de hidrogênio).

Mais uma vez, uma conclusão possível é que os alunos precisam de noções razoáveis de Química, se quisermos que realmente compreendam processo tratados muitas vezes de modo superficial, como as propriedades catalíticas das enzimas e as influências do meio sobre estas propriedades.

Alguns LD incluem uma explicação muito sintética do modelo atômico na seção de “química da célula”. Esta é uma iniciativa louvável, que certamente contribui para minorar os problemas do ensino de Biologia na 1ª série do EM. Como se trata de um assunto complexo, porém, é improvável que uma breve síntese seja suficiente para familiarizar os alunos com os conhecimentos de que irão necessitar a seguir. Não nos parece haver como fugir da conclusão de que conhecimentos específicos de Química seriam muito bem-vindos no momento do estudo dos temas de Bioquímica no EM.

Pode estar lhe parecendo que nesta seção estamos contradizendo o resto de nosso curso. Afinal, estamos dando preferência a um conhecimento específico profundo, em lugar de noções gerais de um processo biológico. É verdade. Só que, em nosso entender, não há uma contradição verdadeira entre as duas posições. Desde o início de nossa aula, estamos afirmando que o importante é o estabelecimento de relações consistentes entre os diversos campos do conhecimento, tanto dentro da Biologia quanto entre esta ciência e outras. Muitas vezes, porém, tais relações só podem ser efetivamente estabelecidas quando se possui um conhecimento específico adequado.

A escala de pH pode ser considerada uma escala invertida. Afinal, como você sabe, quanto maior o valor de pH, menos acídica é uma solução. Essa relação inversa não costuma ser facilmente assimilada pelos alunos. Especialmente quando se trata o pH como uma medida da acidez de um meio. Afinal, as escalas de medida, de modo geral, os maiores valores equivalem a maiores quantidades daquilo que se está medindo. Mais quilogramas, por exemplo, indicam maior massa, assim como um maior valor em metros indica maior extensão. A compreensão da escala de pH depende, na verdade, da compreensão de suas bases químicas e da fórmula usada para calcular seus valores. Talvez seja conveniente ter isso em mente quando estiver ensinando Biologia no EM.

### **PAUSA PARA UMA BREVE CONCLUSÃO**

Nas seções anteriores, tentamos mostrar a você que, muitas vezes, os temas são apresentados de maneira geral com o intuito de simplificar o aprendizado. Ponderamos, no entanto, que há uma diferença entre uma abordagem geral e uma abordagem superficial, utilizando o ensino das enzimas como exemplo. Uma abordagem geral deve permitir que os alunos efetivamente compreendam os problemas em questão, e que adquiram conceitos suficientemente completos para resolver tais problemas. Uma abordagem superficial assume que certos fenômenos (no caso, a influência do pH sobre a atividade enzimática) foram compreendidos, quando na verdade foram simplesmente apresentados, sem que os conceitos essenciais à sua compreensão tenham sido aprofundados.

Voltando então ao nosso exemplo, o que poderia ser feito, no caso das enzimas e do efeito do pH sobre suas atividades? Vamos, mais uma vez, discutir algumas possibilidades, algumas delas essencialmente práticas e outras teóricas.

### **QUE TAL AMPLIAR A QUANTIDADE DE CONTEÚDOS DA 1ª SÉRIE DO EM?**

Uma primeira possibilidade a considerar seria ensinar as bases do pH e o modelo atômico no início da 1ª série do EM. Se nos basearmos nos livros didáticos disponíveis comercialmente, podemos constatar que, em parte, isso já é feito, não na 1ª série do EM, mas na 8ª série do EF.

Essa série comumente é dedicada ao ensino de conteúdos de Física e de Química. Dentre os conteúdos de Química, a estrutura do átomo é sempre tratada. Este já não é o caso, porém, do pH. Poderíamos então sugerir o ensino do pH logo na 1ª série do EM. Embora o tema dessa série seja a Citologia, nada impede efetivamente que o pH possa ser considerado como um conteúdo prévio necessário à perfeita compreensão dos conteúdos posteriores. Talvez fosse mesmo o caso de sugerir o ensino do pH na 8ª série. Do ponto de vista prático, ambas as soluções parecem razoáveis. Um único problema igualmente prático precisa ser levado em conta: a extensão do programa das disciplinas de Ciências e Biologia.

Tomando mais uma vez os LD como referências, podemos verificar que o programa de Biologia da 1ª série do EM já é bastante extenso. Em princípio, esse programa inclui toda a Citologia e ainda Histologia e Embriologia, o que não é pouco. Para ter uma dimensão do problema, basta você se recordar que a Bioquímica e a Biologia Celular foram objeto de quatro disciplinas em seu curso de graduação. Naturalmente, os conteúdos são abordados em menos profundidade no EM. E é exatamente a este nível de profundidade que estamos nos referindo em nossa discussão.

Na verdade, incluir mais conteúdos nos programas de ensino é sempre uma opção tentadora e óbvia. Dessa forma, é comum que, sempre que for percebido aquilo que se costuma chamar de “falta de base” entre os alunos, opte-se por introduzir novos conteúdos no programa, de modo a suprir a “falta” detectada. Ousamos afirmar que, em consequência disso, os programas de Biologia se tornaram cada vez mais extensos. Afinal, é sempre preciso reforçar a “base” dos alunos ao mesmo tempo que se tem de incorporar os novos conhecimentos produzidos pela Biologia. Para ficar no campo que estamos discutindo, ao mesmo tempo que se deveria ampliar o ensino de pH na 1ª série, seria essencial incluir também temas como a “engenharia genética”, a clonagem e os organismos geneticamente modificados no programa. Não é difícil prever que o programa de cada série tenderá a ser tornar mais extenso a cada ano. O número de séries e de dias letivos em cada série, no entanto, não podem ser ampliados.

Não é possível descartar a possibilidade de ampliar o ensino do pH no EM, mas é pelo menos conveniente refletir sobre outras possibilidades.

## O ENSINO DE CIÊNCIAS NO EF: A QUÍMICA DE QUE A BIOLOGIA PRECISA

Como dissemos há pouco, o modelo atômico simples costuma ser discutido na 8ª série do EF. Isso já é um subsídio importante para a discussão do pH. No entanto, a possibilidade de que uma molécula possa se dissociar e “liberar” um de seus átomos (no caso, um íon, o  $H^+$ ) dificilmente é discutida. Seria, portanto, o caso de incluir o estudo do pH nessa série, em seguida ao estudo dos modelos atômicos. Mais uma vez, vamos a alguns desdobramentos possíveis desta proposta.

As ligações e, mais especificamente, as diferentes reações químicas raramente são discutidas. Compreender que uma mesma molécula possa ligar e liberar  $H^+$  em função de sua estrutura química e das condições do meio em que se encontra exige bastante familiaridade com conceitos da Química. Isso implicaria, mais uma vez, estender o programa de conteúdos da série, incluindo um estudo mais aprofundado da Química.

De certo modo, está implícito na proposta que estamos discutindo que os conteúdos de uma série são determinados pela série seguinte. Ou seja, os temas de Química a serem estudados na 8ª série devem ser aqueles que preparam o aluno para a 1ª série do EM. Isso faz sentido, à primeira vista, especialmente se temos insistido na coerência do ensino nas diversas séries. Mas também é razoável supor que existam objetivos específicos para o ensino de Ciências da 8ª série, que não correspondam aos pré-requisitos da 1ª série do EM.

Sem fugir ao tema do modelo atômico, não seria interessante, por exemplo, discutir questões relacionadas à fissão nuclear e ao uso da energia nuclear na produção de eletricidade? Se levarmos em conta que, para um número significativo de estudantes, a 8ª série é a última série de escolaridade formal, veremos o quanto a discussão de temas de alta relevância social e política relacionados à Ciência tem de ocorrer. Você dificilmente diria que a discussão desses temas se inclui entre os pré-requisitos para o ensino de Biologia de qualquer série do EM. Nesse sentido, ampliar a quantidade de conteúdos da 8ª série implicaria também comprometer o já extenso programa dessa série.

Há outras propostas bastante arriscadas baseadas na idéia de determinar os conteúdos da 8ª série a partir das demandas da 1ª série do EM. Uma delas seria a redução do ensino de Física em prol da ampliação do ensino de temas de Química essenciais para a série seguinte. Afinal,

poucos são os temas da Física que efetivamente são pré-requisitos para a Biologia do EM. Mais uma vez, a Física a ser discutida em um contexto de ensino de Ciências pode, e deve, ter outros objetivos além de preparar os alunos para o ensino de Biologia, ou mesmo de Física, do EM.

Existe uma questão de fundo, já mencionada em outras oportunidades, e à qual voltaremos em breve: o programa de uma série não pode ser visto apenas como uma listagem de conteúdos. Assim, incluir, ampliar ou suprimir conteúdos no programa de ensino de uma série envolve diversas variáveis, como por exemplo as habilidades que se quer desenvolver durante o ensino de um determinado tema. O que não quer dizer que os programas sejam imutáveis ou perfeitos. Até porque, como todos sabemos, há problemas que precisam ser pesquisados e resolvidos em todas as séries.

### **MAIS UMA BREVE CONCLUSÃO ANTES DE PROSEGUIR**

Se decidirmos estruturar o ensino de uma série em função das necessidades da série seguinte, teremos uma pressão da 3ª série do EM sobre todas as outras. Além disso, se considerarmos que, para muitos, a 3ª série do EM já deve ser direcionada para os concursos de acesso às universidades, então teremos, de modo indireto e sutil, uma pressão destas sobre todo o ensino básico. É igualmente claro que o programa de uma série não pode ignorar os conteúdos da série seguinte, sob pena de colocar os estudantes e o professor daquela série em dificuldades evidentes.

Podemos colocar a questão de outra forma: os conteúdos da 8ª série devem ser pautados pela necessidade da 1ª série do EM ou os conteúdos de 1ª série do EM devem ser determinados em função dos limites impostos pelo programa da 8ª série? Trata-se, é claro, de uma falsa questão, porque ambas as propostas são válidas. O que se pode procurar é um equilíbrio entre as duas.

### **E A QUÍMICA DA CÉLULA? E O PH?**

Voltemos agora à questão relativa ao ensino da química da célula no início da 1ª série do EM. Afinal, abordamos diversas possibilidades e nenhuma delas se apresentou como uma solução razoável. Mas há caminhos.

Voltemos à 7ª série do EF. Durante a unidade de Nutrição, discute-se, sempre, a digestão. Essa discussão inclui a seqüência de órgãos, glândulas e enzimas envolvidas na digestão dos diferentes nutrientes. E nesse ponto é sempre destacada a extrema acidez do estômago em relação à boca. Não seria esse o momento adequado para introduzir a ação dos ácidos sobre a atividade enzimática? Afinal, como discutimos na Aula 4, é tradicional realizar atividades práticas para demonstrar a atividade da amilase salivar. Seria, portanto, uma oportunidade para que os alunos percebessem a ação dos ácidos sobre as enzimas. Claro que não se espera discutir nessa oportunidade as bases moleculares do fenômeno. A atividade pode, como vimos na Aula 4, ter outros objetivos, como desenvolver a capacidade crítica através da elaboração e discussão coletiva de protocolos experimentais. A isso, no entanto, estaria associado o aprendizado de um conteúdo importante para séries posteriores. Pode-se igualmente aprofundar a discussão sobre a definição de ácido nesta ocasião. Existem indicadores de pH que podem ser produzidos a partir de materiais simples (trataremos disto na próxima aula). Ao concluírem a 7ª série, nossos alunos poderão também ter desfeito concepções equivocadas e comuns a respeito dos ácidos. Entre essas concepções, temos a idéia de que soluções ácidas são corrosivas e perigosas. Como você viu na Aula 3 de Bioquímica 1, o suco de limão e a Coca-Cola possuem valores de pH muito baixos, e podem ser consumidos sem riscos (ao menos no que diz respeito à acidez).

Utilizando estas abordagens, os alunos podem aprender que as condições do meio afetam a atividade das enzimas, de modo prático. No fundo, é mais ou menos isso que eles aprendem na 1ª série, já que as bases da desnaturação protéica em função do pH, como já vimos, não são abordadas, o que nos traz de volta ao problema original.

### **SOLUÇÕES À VISTA OU A LONGO PRAZO?**

Ainda há pouco mencionamos que os programas das séries não são imutáveis nem perfeitos. Voltaremos agora a este ponto. Se você pesquisar os livros didáticos do EM, não mais de Biologia, mas sim de Química, talvez se surpreenda com o que vai encontrar. É muito comum que a 1ª série do EM seja dedicada em grande parte exatamente ao estudo dos modelos atômicos, das ligações químicas e das reações químicas. Curiosamente, portanto, a Biologia inicia o ensino da Citologia,

tratando superficialmente de assuntos que os alunos desconhecem, mas que, a princípio, farão parte dos temas de outras disciplinas da mesma série. Mais surpreendente ainda é o fato de que muitas escolas incluem, no ensino de Química, discussões sobre ácidos e bases, e até mesmo sobre o cálculo do pH. Não eram exatamente estes os conteúdos que gostaríamos de ter discutido com nossos alunos antes de tratarmos da cinética enzimática?

O único problema é que o modelo atômico, as ligações e as reações químicas são discutidas em detalhes na Química, depois de a Biologia ter se referido a elas de modo direto, mas superficial inúmeras vezes, como no caso do estudo da fotossíntese e do metabolismo energético. Note, por exemplo, que a questão relativa à fluorescência da clorofila isolada, que discutimos na Aula 11, dependia de uma compreensão adequada do modelo atômico. Em uma certa medida, é como se os pré-requisitos fossem ensinados junto com os temas que dependem de sua compreensão.

Com base nas observações que acabamos de mencionar, algumas poucas escolas têm tomado decisões objetivas e radicais. Elas simplesmente têm trazido os programas da 2ª série do EM para a 1ª, e transferido os conteúdos da 1ª para a 2ª. Os responsáveis por essas mudanças acreditam que a Citologia exige não apenas uma base mais consistente de Química, como também uma grande capacidade de abstração. A mudança nos programas traria vantagens nos dois sentidos. Primeiro porque os alunos estudariam os pré-requisitos de Química para a Citologia antes, e não mais simultaneamente ou depois do aprendizado desta, como acontece atualmente. Além disso, os alunos de 2ª série teriam tido mais tempo para amadurecer e desenvolver habilidades relacionadas ao raciocínio abstrato. A mudança nos programas traria ainda um benefício adicional, que seria a diminuição da pressão sobre a 8ª série, na medida em que os pré-requisitos passariam a ser tratados na própria disciplina de Química, não havendo necessidade de ampliar seu estudo no EF.

É claro que mudar os programas de duas séries do EM gera problemas que precisam ser tratados com cuidado, como é o caso de alunos que mudam de escola no meio do EM. Esses alunos podem ser oriundos de escolas que trabalham com a versão anterior dos programas e por isso repetiria alguns conteúdos e deixariam de estudar outros. Essa discussão, porém, é muito ampla e excede os objetivos de nossa aula.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo de nossa discussão a respeito do exemplo do ensino da atividade enzimática, quisemos destacar alguns pontos importantes relativos à integração do ensino de Ciências e Biologia. Vamos a eles.

Os programas das diferentes séries têm de estar integrados. Isso é especialmente importante no caso da disciplina de Ciências (no EF) e de Biologia (EM). Mas a preocupação com a integração é igualmente importante em relação às diferentes disciplinas, tanto do EF quanto do EM. Um professor de Biologia que esteja ensinando Citologia precisa, mais do que estar a par, interagir com os professores do EF e de outras disciplinas do próprio EM. Mais especificamente, no exemplo a que nos referimos, maior integração da Biologia e da Química no EM certamente traria benefícios para ambos. Da mesma forma, uma maior integração entre a Biologia da 1ª série do EM e a 7ª e a 8ª séries do EF é igualmente desejável.

A integração a que nos referimos, no entanto, não pode se dar por uma via de mão única, na qual as séries posteriores determinam em função de seus pré-requisitos os programas das séries anteriores. As discussões têm de ir além das demandas de conteúdos das séries, e incluir também os objetivos não diretamente relacionados às informações a serem aprendidas.

Finalmente, é importante destacar que decisões relativas a mudanças no ensino podem e devem ser tomadas, ainda que sempre impliquem riscos. É preciso levar em conta esses riscos, mas também os problemas existentes e os benefícios potenciais de cada mudança. Isso naturalmente implica uma postura investigativa do professor em relação ao seu trabalho, para que ele possa contribuir para as discussões relativas às mudanças. Em última análise, é claro, o próprio professor é beneficiado pelas mudanças, quando estas tornam o aprendizado, e portanto o ensino, mais coerente e eficaz.

## EXERCÍCIOS

1. Uma parte substancial do ensino de Citologia é dedicada aos processos de produção de ATP pelas células. Em geral, o ATP é discutido nas seções relativas à fotossíntese e à respiração celular (incluindo nesta seção a fermentação). Pesquise agora em seu LD de 1ª série do EM, identificando:

a) Um outro capítulo em que o ATP seja mencionado como participante de um processo biológico qualquer.

b) Com relação à sua resposta ao item anterior, discuta agora se o papel do ATP no processo identificado por você está claramente descrito ou se poderia ser aprofundado. Considere a adequação da abordagem atual e dos eventuais aprofundamentos propostos em relação aos pré-requisitos.

2. Ainda utilizando seu LD, identifique uma seção em que um processo que envolve a participação do ATP é descrito, mas este não é mencionado. Com base em sua resposta, e assumindo que a seqüência do LD refletiria a ordem em que os conteúdos são ensinados, discuta:

a) O ATP foi mencionado antes do tema escolhido por você? Se foi, por que você acha que ele não foi mencionado? Ele deveria ser mencionado? Como?

b) Com relação ao item anterior, se o ATP ainda não havia sido mencionado antes do tema identificado por você, discuta a validade de alterar a seqüência de conteúdos no LD.

## Propostas para reflexão futura

AULA

# 13

## objetivo

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- Conhecer atividades que podem dar continuidade às atividades discutidas em aulas anteriores, avaliando-as quanto à coerência e à pertinência.

### **Pré-requisito**

Ter realizado as atividades propostas na Aula 12.

## **INTRODUÇÃO**

Esta será uma aula bastante diferente das anteriores. Como o próprio título sugere, trataremos não de um, mas de vários temas. Naturalmente, se trataremos de vários assuntos em um espaço curto, não esgotaremos, ou melhor, nem mesmo aprofundaremos a discussão de cada um deles. Nossa intenção neste momento é apenas chamar sua atenção para as inúmeras possibilidades de conduzir um curso de Ciências e Biologia como uma seqüência de atividades investigativas integradas.

Além disso, como você deve ter notado, nossas aulas evoluíram ao longo do curso. Começamos com discussões de atividades de ensino bastante específicas, utilizadas como pretextos para abordar questões mais gerais relativas ao ensino de Ciências, conforme previsto desde a Aula 1. A partir da metade do curso, aproximadamente, fomos deixando de lado a discussão detalhada de atividades e passando a ampliar discussões mais gerais, ancoradas em exemplos mais breves e pontuais. Foi assim, por exemplo, no caso da Aula 9, quando abordamos o caso das redações finalistas nos LD, deixando para você a tarefa de elaborar atividades capazes de apresentar os fenômenos biológicos de outra forma. No final daquela aula, limitamo-nos a oferecer, como acabamos de dizer, um exemplo muito pontual de atividade a ser utilizada com seus alunos. Algo parecido foi feito na Aula 12, quando discutimos apenas uma experiência clássica a respeito da fotossíntese, usando-a mais como um pretexto para uma discussão mais ampla a respeito dos limites dos paralelos entre História da Ciência e ensino de Biologia.

Esta aula, no entanto, representa uma retomada do formato inicial de nossas aulas, na medida em que trataremos de atividades investigativas específicas para a discussão de um tema restrito da matéria. Porém, esperamos fazê-lo sempre incorporando discussões mais gerais abordadas em aulas posteriores.

Vamos aos exemplos.

## **BIOQUÍMICA, BIOLOGIA CELULAR E O ENSINO DE CIÊNCIAS NA 7ª SÉRIE DO EF**

Ao longo de nosso curso, temos chamado a atenção para as relações estreitas entre os conteúdos de Citologia do EM e o estudo da fisiologia humana no EF. Isso porque muitos processos fisiológicos dependem da compreensão de seus aspectos bioquímicos e do conhecimento de características das células. Este foi o caso das trocas gasosas durante a respiração que, conforme discutido na Aula 9, podem ser mais bem compreendidas com base em uma visão probabilística do processo de

difusão. De modo análogo, propusemos que a compreensão da ação enzimática pode ser melhor se considerarmos alguns aspectos, como os efeitos do pH sobre as enzimas durante o estudo da digestão humana (Aula 12). Conforme prometemos, vamos agora voltar ao tema.

Na Aula 4, sugerimos uma atividade prática tradicionalmente utilizada no ensino de Ciências e Biologia, levantando a possibilidade de que ela poderia dar continuidade às discussões iniciadas com a atividade descrita na Aula 3. Naquela ocasião (ou seja, na Aula 4), já apontamos para a possibilidade de usar a abordagem descrita para determinar também a natureza protéica da amilase salivar. Em nossa aula anterior (Aula 12), retomamos o assunto quando propusemos que a atividade da amilase salivar fosse testada em diferentes pHs, de modo a introduzir os efeitos deste sobre a atividade enzimática. Mencionamos, então, a existência de um indicador de pH “caseiro”, que poderia ser utilizado na atividade. Vamos agora apresentá-lo, antes de prosseguir com a aula.

Para obter um indicador de pH barato e razoavelmente confiável, tudo o que você precisa é de uma verdura: o repolho roxo. Vamos à preparação que, aliás, é muito simples.

- I. Picar as folhas de um repolho roxo em pequenos pedaços.
- II. Ferver estes pedaços por cerca de 10 minutos.
- III. Coar a mistura, de modo a obter a solução arroxeadada sem os pedaços de folhas.

Pronto! Mais simples, impossível! A solução obtida funciona muito bem como um indicador de pH, mantendo a cor roxa em pHs próximos do neutro, tornando-se azulada em pHs básicos e vermelha em pHs ácidos. De posse deste indicador, o que fazer? Bem, aqui podemos encontrar mais um elo entre a bioquímica e a fisiologia. Atualmente, admite-se que o paladar humano possa distinguir pelo menos quatro sabores diferentes (ácido, amargo, salgado e doce) ou cinco sabores diferentes (recentemente foram apresentados indícios da existência de um receptor capaz de “perceber” o gosto de aminoácidos). Isso significa que existe uma equivalência entre nosso paladar e a natureza química das substâncias. Por isso mesmo a discussão sobre ácidos e pH pode surgir em diversas ocasiões durante o ensino de Ciências.

Ela pode surgir, por exemplo, se pedirmos que os alunos provem alguns alimentos e classifiquem seus gostos, agrupando-os em seguida pelas semelhanças no sabor. É natural que alguns alimentos sejam agrupados na categoria “ácidos”, especialmente se incluirmos suco

de limão ou vinagre entre os alimentos testados. Esta classificação, seguida do uso de nosso indicador, pode levar os alunos a compreender que as substâncias ácidas têm realmente algo em comum, já que afetam o indicador da mesma forma. O uso de antiácidos (usados no caso de problemas digestivos), bem como de bases (soda cáustica diluída, por exemplo) em associação com o indicador, pode construir intuitivamente conceitos como os de tampões (no caso dos antiácidos), neutralização (adicionando ácidos e bases sequencialmente na solução indicadora), entre outros fundamentais para a compreensão adequada da bioquímica. O conjunto das atividades permitiria que os alunos não apenas compreendessem conceitos importantes, como também que evitassem o estabelecimento de concepções incorretas (veja as Aulas 6 e 12 para mais detalhes).

Naturalmente, as atividades mencionadas brevemente teriam de ser apresentadas em uma sequência lógica e coerente. Poderíamos, por exemplo, apenas realizar a classificação das substâncias e usar o indicador durante a discussão da digestão. O tema poderia ser retomado durante o ensino dos sentidos, também característico da 7ª série do EF. Nesse momento, seria possível optar por detalhar mais o conceito de ácido, ou isso poderia ser feito posteriormente na 8ª série ou no EM, como discutimos na Aula 12.

Mas, e a atividade enzimática?

### **DO CONHECIDO E CONCRETO PARA O DESCONHECIDO E ABSTRATO**

Se retomarmos a Aula 4, podemos admitir que alunos de 7ª série poderiam compreender, graças às atividades experimentais, que a saliva contém uma proteína. Em algum momento do ensino da digestão, possivelmente ao tratar da ação da pepsina no estômago, costumam surgir perguntas sobre os efeitos da acidez estomacal sobre a proteína da saliva. Conforme já discutimos, é perfeitamente possível que os alunos elaborem protocolos capazes de testar se a atividade enzimática da amilase salivar é afetada (e ela é) pelos ácidos. Na verdade, todos os recursos para elaboração desse protocolo foram discutidos nas Aulas 3 e 12. No entanto, as bases do efeito do pH sobre a atividade enzimática permaneceriam obscuras. Mais uma vez, é possível abordar o assunto de maneira experimental.

Suponhamos que, ao utilizar os diferentes indicadores (Aula 4), você ou seus alunos tenham incluído os ovos (clara e gema separadamente) entre os alimentos cuja composição foi avaliada. Nesse caso, teria ficado claro que a clara (com perdão do trocadilho) é composta essencialmente de proteínas. Com esta informação em mãos, é possível retomar a questão do efeito dos ácidos (logo, do pH) sobre as enzimas (logo, sobre as proteínas). Você talvez não saiba, mas pode testar: se adicionarmos lentamente um ácido diluído a uma clara de ovo, a albumina que a compõe irá lentamente sofrer desnaturação. Isso significa que ela se tornará esbranquiçada e endurecerá. A aparência final será algo próximo da clara de um ovo quente. É possível perceber, portanto, que os ácidos afetam de modo definitivo (a adição de antiácidos não reverte a desnaturação) a aparência ou a organização das proteínas. Algo semelhante ocorre com o uso de soda cáustica diluída. É possível utilizar outras proteínas e recursos conhecidos dos alunos para estabelecer ligações entre o que é observado no caso da clara do ovo e o que deve estar ocorrendo no caso da amilase.

Naturalmente, a situação permite discussões importantes a respeito da natureza do conhecimento científico. O fenômeno da desnaturação da amilase em si não é observável. No entanto, os alunos poderão propor um modelo para o fenômeno, com base em analogias e generalizações (observações com a clara do ovo) e análise de resultados experimentais (ação da amilase em diferentes pHs). Atualmente, como já dissemos, considera-se tão importante que os alunos aprendam Ciência, como também que aprendam sobre a Ciência. Por isso mesmo, não é preciso deixar implícitas as características do conhecimento construído pelos alunos. Pelo contrário, essas características, e suas similaridades com o conhecimento científico novo, podem, e devem ser discutidas em sala. E, ao fazermos isso, não estaríamos retomando discussões iniciadas nas Aulas 1 e 2 de nosso curso?

## **VOLTANDO À ANÁLISE DE LD E SEGUINDO ADIANTE**

Vamos agora nos esforçar para dar sentido ao trocadilho que dá título a esta seção de nossa aula. Esperamos fazer isto retomando o tema do metabolismo energético, amplamente discutido em nossas Aulas 5, 6 e 7.

Na Aula 6, discutimos uma concepção incorreta, mas comum entre os alunos a respeito do metabolismo energético. Posteriormente, na AD 1, discutimos as possíveis relações entre o ensino formal e as origens daquela concepção, com base, sobretudo, na análise de livros didáticos. Vamos agora apresentar os resultados de uma outra análise de LDs, para dar início à discussão da atividade que nos interessa. Desta vez estamos interessados na relação entre o que é ensinado e o que é, por assim dizer, cobrado nas avaliações.

Apresentaremos, a seguir, três gráficos. O **Gráfico 13.1** apresenta as proporções dos diferentes temas no capítulo de Metabolismo Energético de um LD. Já o **Gráfico 13.2** apresenta a distribuição dos temas entre os testes (exercícios) de múltipla escolha do mesmo LD. Finalmente, o **Gráfico 13.3** apresenta a distribuição dos temas entre os exercícios discursivos do livro em questão. A **Tabela 13.1** apresenta, de forma resumida, os conteúdos de cada uma das categorias utilizadas nos gráficos. Vamos agora a uma daquelas questões que você deve responder antes de prosseguir com a leitura.



Analise atentamente os três gráficos e reflita: os conteúdos de maior ênfase no texto recebem igual ênfase nos testes? E nas questões discursivas? Caso observe diferenças, proponha explicações para as mesmas.

**Tabela 13.1:** Descrição sintética dos conteúdos agrupados em cada uma das categorias representadas nos **Gráficos 13.1, 13.2 e 13.3.**

Categoria	Conteúdo sintético
Introdução	Informações gerais sobre as necessidades energéticas dos seres vivos
Fermentação	Fermentações láctica, acética e alcoólica: reações, intermediários, moléculas consumidas e produzidas, saldo energético
Glicólise	Glicólise: reações, intermediários, moléculas consumidas e produzidas, saldo energético
C. Krebs + Cadeia Respiratória	Ciclo de Krebs e cadeia respiratória: reações, intermediários, moléculas consumidas e produzidas, saldo energético
Comparações Fermentação X Resp. Aeróbica	Comparações entre os diversos tipos de fermentação e a respiração aeróbica, quanto aos produtos finais e saldo energético

Gráfico 13.1: Proporção dos diferentes conteúdos no texto

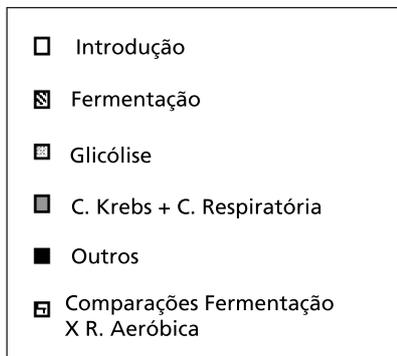
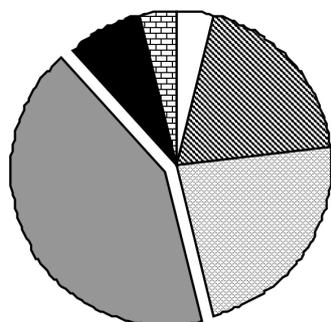


Gráfico 13.2: Proporção dos diferentes conteúdos nos testes de múltipla escolha

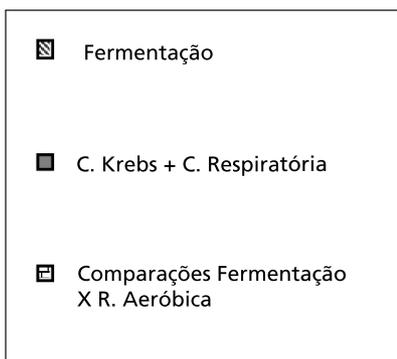
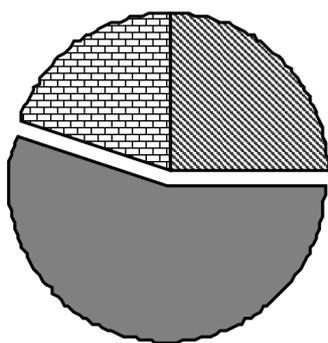
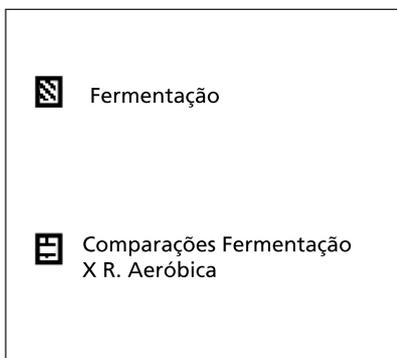
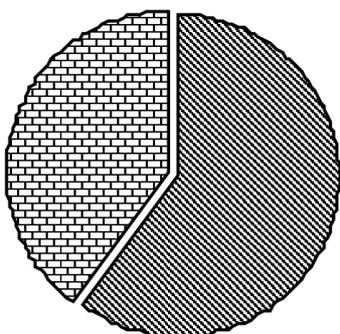


Gráfico 13.3: Proporção dos diferentes conteúdos nas questões discursivas



Como você deve ter notado, existe uma razoável discrepância entre a ênfase que um dado conteúdo recebe nos textos e o quanto ele é utilizado como tema de exercício. Mais ainda, há uma diferença importante entre os temas abordados nos testes de múltipla escolha e os exercícios discursivos. Será que existem motivos para tais diferenças? Nossa opinião é que sim. Entendemos que a própria natureza dos conteúdos faz com que alguns se prestem mais a questões de múltipla escolha, nas quais há ênfase nos detalhes, enfim, nas minúcias dos processos descritos. Talvez seja mesmo correto afirmar que os conteúdos com muitos nomes e etapas para serem memorizadas se prestam muito bem a testes de múltipla escolha. Já outros temas, por permitirem o estabelecimento de relações entre eles, bem como com a realidade dos alunos, são passíveis de abordagem em questões discursivas, nas quais o estabelecimento de tais relações pode ser solicitado aos alunos. A ênfase dada aos dois tipos de conteúdo, no entanto, não corresponde ao potencial de cada um deles de estabelecer as relações mencionadas. Essa disparidade pode ser considerada, ao nosso ver, um problema.

Por que a ênfase em conteúdos, nos momentos de avaliação, não permite discussões mais amplas? Esta é uma pergunta sobre a qual só podemos especular. É possível que o problema não esteja no conteúdo propriamente dito, e sim na maneira como ele é ensinado. Afinal, como esperamos ter mostrado na Aula 6 de nosso curso, o metabolismo energético tem relações diretas com temas de interesse, como as dietas, o exercício físico e a diabetes. Talvez a inexistência de tais relações é que limite a utilização de tais conteúdos em questões discursivas.

Um ponto que podemos destacar, no entanto, é que os diversos tipos de fermentação se constituem em tema de inúmeras questões de todos os tipos, e permitem mesmo a abordagem de pontos importantes da respiração aeróbica (saldo energético e produtos finais, por exemplo). Por isso mesmo, seria interessante se pudéssemos propor atividades investigativas e/ou interativas relacionadas a esse assunto. E, felizmente, nós podemos.

Existem muitas práticas simples envolvendo o uso do fermentos biológicos (leveduras da espécie *Sacharomyces cerevisiae*, como você bem sabe). Muitas das atividades utilizam o fermento biológico para evidenciar a produção de gases durante a fermentação. Mas, para nós, a melhor maneira de estudar fermentação foi inventada há alguns milhares de anos, e continua sendo largamente utilizada tanto em indústrias quanto em residências de todo o mundo.

## O PÃO QUE O ALUNO AMASSOU

Como o título deixou claro, nada é melhor para o estudo da fermentação do que a produção de um pão caseiro, de receita bastante simples, junto com seus alunos. Em geral, as receitas mais simples de pão utilizam farinha de trigo, açúcar, água e outros ingredientes. Outras incluem ovos. No caso do ensino de fermentação, é indiferente qual a receita você vai utilizar. Apenas é bom ter em mente que, quanto mais ingredientes, mais variadas serão as condições experimentais que você precisará abordar.

As receitas para produção de pães envolvem geralmente a mistura lenta dos ingredientes, a preparação da massa (o que pode incluir abrir e refazer as bolas de massa algumas vezes) e um tempo durante o qual a massa pronta descansa. É durante esse tempo, na verdade, que a fermentação estará ocorrendo.

As pessoas que fazem pães artesanais costumam usar um truque que é extremamente útil para determinar o momento em que a massa já descansou o bastante. Este descanso equivale, na verdade, ao tempo ideal de fermentação. Para determinar o descanso ideal, são feitas pequenas bolas com a massa pronta, que são colocadas em um copo com água. Inicialmente, a bola de massa afunda, mas após algum tempo, ela flutua no copo com água. Esse é considerado o momento ideal para a colocação da massa no forno.



Mesmo esta não sendo uma aula sobre fermentação, procure refletir e responder: por que a bola de massa flutua? Procure identificar qual o efeito da fermentação sobre a massa que faz com que ela flutue, mas por que ela, praticamente sem alteração de massa, passou a flutuar.

O simples processo de produção do pão pode ser utilizado como aula expositiva, inclusive discutindo-se com os alunos a questão que acabamos de apresentar para você. Os desdobramentos são tantos, que seria impossível esgotá-los em uma aula. Mas vamos, a seguir, apontar alguns deles de modo sintético, apenas para ilustrar o tremendo potencial desta atividade.

– A bola de massa pode ser colocada em copos com água em diferentes temperaturas (gelada, morna, quente e quase fervendo). O tempo necessário para que a massa flutue variará grandemente em todos os casos.

– Diversas massas podem ser preparadas, omitindo-se um ingrediente em cada uma delas, de modo a observar a importância de cada um deles no processo de fermentação.

– Após a determinação, com o uso de indicadores da composição de alguns ingredientes (caso isso não tenha sido feito antes), a atividade descrita no item anterior pode ser combinada com a colocação das leveduras em tubos com soluções contendo os diferentes ingredientes isolados, analisando-se em qual deles ocorre a fermentação (medindo a liberação de gases, por exemplo).

– Questões relacionadas à densidade e ao empuxo podem ser estabelecidas e abordadas, a partir das diversas observações com as pequenas bolas de massa colocadas em copos com água. Se a atividade estiver sendo desenvolvida na 1ª série do EM, vale a pena destacar que ela estabelecerá uma relação direta com temas da Física da 8ª série que, aparentemente, não teriam relação com a Biologia. Isso, de certa forma, retoma questões sobre pré-requisitos que colocamos na Aula 12.

– Finalmente, a própria história do pão, bem como sua importância para as diferentes civilizações, pode ser discutida.

– Comparar os resultados da fermentação, no caso, do pão com aquela da produção de coalhada a partir do leite tratado com bacilos adequados (fáceis de obter a partir da própria coalhada).

Em todos os casos mencionados, podem se realizar atividades práticas que envolvam uma postura investigativa por parte dos alunos. Mais do que isso, no entanto, em todas elas estaríamos variando as estratégias de ensino, inclusive, na própria produção do pão, incluindo um forte componente lúdico, conforme discutido na Aula 8 de nosso curso.

## NO FINAL, O CURSO VIROU UM MANUAL?

Diante de mais uma rima, e de tantas propostas de atividades, você poderá se fazer a pergunta que dá título a esta seção. Nossa resposta é que não, não acabamos apresentando o manual que prometemos não fazer desde a Aula 1. Se você reler com calma as propostas apresentadas, verá de que elas não seguem uma seqüência coerente e definitiva. Apresentamos, na verdade, peças de um quebra-cabeça que pode ser montado de maneiras diferentes, em diferentes contextos educacionais, como, aliás, discutimos na Aula 3 de nosso curso. O que fizemos foi abrir discussões, mais do que encerrá-las. Até porque nenhuma delas pode ser encerrada de fato, já que há sempre novos fatores em jogo nas diferentes situações de ensino que encontramos. Algumas dessas questões poderão ressurgir em seus cursos futuros. Outras certamente farão parte de sua vida docente. Quanto às atividades propostas, muitas delas são realmente agradáveis de executar com os alunos e quase todas se mostram sempre produtivas. Cabe a você, a partir do momento em que se tornar professor, fazer suas próprias escolhas e programas de ensino. Nesse sentido, poderá adotar e, certamente, adaptar e ampliar algumas propostas apresentadas nessa última aula ou ao longo do curso.

## CONSIDERAÇÕES (REALMENTE) FINAIS

Este curso, como qualquer outro curso ou texto sobre o assunto, foi escrito com vários princípios implícitos sobre o ensino de Ciências. Por uma questão de método, preferimos não explicitar estes princípios desde o primeiro momento. Alguns deles quase apareceram em alguns momentos.

Mas agora que estamos chegando ao fim (pelo menos formalmente), chegou o momento de apresentá-los. Faremos isso para que você possa realizar uma crítica também com relação ao material que produzimos e que você, como aluno, teve de utilizar. Nossas concepções podem ser resumidas em três princípios, considerados essenciais para o ensino adequado de disciplinas científicas. Segundo essa concepção, qualquer proposta de ensino de Ciências deve:

- ensinar Ciência;
- ensinar sobre a Ciência;
- fazer Ciência.

Cabe a você, agora, analisar nosso trabalho e avaliar se fomos coerentes com nossos princípios ou não. De nossa parte, imaginamos que várias incoerências possam ter nos “escapado”. Sinceramente, estamos mesmo torcendo para que você perceba problemas desse tipo em nosso trabalho. Entre os acontecimentos profissionalmente mais gratificantes para um professor, poucos se comparam a uma nova oportunidade de aprender. A oportunidade fica ainda melhor quando vem associada ao pretensioso sentimento de que ele pode ter contribuído para o desenvolvimento do espírito crítico de seus aprendizes, mesmo que seja errando, e, ainda que não intencionalmente, propiciando-lhes uma oportunidade de perceber isso.

Certamente, este material pode ser muito melhorado, e as suas críticas serão fundamentais para este processo de reformulação.

Se devido aos problemas deste curso, ou por outros motivos, as concepções sobre o ensino que ele contém não lhe agradaram, não se preocupe: é provável que muitas outras apareçam em outras disciplinas. Se, apesar dos problemas, as idéias que discutimos aqui lhe agradaram, fica uma sugestão: mantenha os olhos e a mente abertos para as outras que aparecerão. Isso porque, um último princípio que procuramos seguir em nosso trabalho foi o de que a diversidade e os conflitos de idéias não são problemas, mas sim oportunidades de aprendizado.

## **EXERCÍCIOS**

As semelhanças entre a desnaturação pelo pH e os efeitos da temperatura sobre a clara do ovo dificilmente passarão despercebidas aos seus alunos. O que se constituirá, naturalmente, em oportunidade para outras discussões. Poder-se-ia, por exemplo, introduzir o ensino dos efeitos da temperatura sobre a atividade enzimática.

- a) Prepare um protocolo experimental destinado a medir os efeitos da temperatura sobre a atividade enzimática usando a amilase salivar como exemplo e prevendo os resultados prováveis.
- b) Discuta as vantagens e limitações de iniciar o estudo da desnaturação pelo efeito da temperatura, e não do pH.



Serviço gráfico realizado em parceria com a Fundação Santa Cabrini por intermédio do gerenciamento laborativo e educacional da mão-de-obra de apenados do sistema prisional do Estado do Rio de Janeiro.



Maiores informações: [www.santacabrini.rj.gov.br](http://www.santacabrini.rj.gov.br)



ISBN 85-7648-114-6



9 788576 481140



**UENF**  
Universidade Estadual  
do Norte Fluminense



*Universidade Federal Fluminense*

**UFF**



**UNIRIO**



**FUNDAÇÃO  
SANTA CABRINI**  
Provedora de acesso à Cidadania



**FAPERJ**  
Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo  
à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro



**GOVERNO DO  
Rio de Janeiro**

SECRETARIA DE  
CIÊNCIA E TECNOLOGIA



**UNIVERSIDADE  
ABERTA DO BRASIL**

Ministério  
da Educação

**BRASIL**  
UM PAÍS DE TODOS  
GOVERNO FEDERAL