

COLEÇÃO EXPLORANDO O ENSINO

# BIOLOGIA

6

VOLUME

Presidência da República

Ministério da Educação

Secretaria Executiva

COLEÇÃO EXPLORANDO O ENSINO

VOLUME 6

**BIOLOGIA**  
**ENSINO MÉDIO**



## COLEÇÃO EXPLORANDO O ENSINO

Vol. 1 - Matemática (Publicado em 2004)

Vol. 2 - Matemática (Publicado em 2004)

Vol. 3 - Matemática: ensino médio (Publicado em 2004)

Vol. 4 - Química

Vol. 5 - Química

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Centro de Informações e Biblioteca em Educação (CIBEC)

---

Biologia : ensino médio / organização e seleção de textos Vera Rita da Costa, Edson Valério da Costa. – Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006.  
125 p. (Coleção Explorando o ensino; v. 6)

ISBN 85-98171-17-4

1. Ensino de Biologia. 2. Biologia educacional. I. Costa, Vera Rita da. II. Costa, Edson Valério da. III. Brasil. Secretaria de Educação Básica.

CDU : 573:373.5

---



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

SECRETARIA DE EDUCAÇÃO BÁSICA

**BIOLOGIA**  
**ENSINO MÉDIO**

BRASÍLIA  
2006

SECRETARIA DE EDUCAÇÃO BÁSICA – MEC

DEPARTAMENTO DE POLÍTICAS DE ENSINO  
MÉDIO - SEB

COORDENAÇÃO-GERAL DE POLÍTICAS  
DE ENSINO MÉDIO – SEB

COORDENAÇÃO-GERAL DE ASSISTÊNCIA  
AOS SISTEMAS DE ENSINO – SEB

FUNDO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO  
DA EDUCAÇÃO - FNDE

DIRETORIA DE PROGRAMAS ESPECIAIS - FNDE

CONSULTOR CIENTÍFICO

Diretor do Instituto Ciência Hoje  
Franklin David Rumjanek

ORGANIZAÇÃO E SELEÇÃO DE TEXTOS

Vera Rita da Costa  
Edson Valério da Costa

REVISÃO

Elisa Sankuevitz  
Maria Zílma Barbosa

PROJETO GRÁFICO

Claudia Fleury  
Luiz Baltar  
Raquel Teixeira

DIAGRAMAÇÃO

Christiana Lee

CAPA

Daniel Tavares

Tiragem 72 mil exemplares

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO BÁSICA  
Esplanada dos Ministérios, Bloco L, sala 500  
CEP: 70.047 – 900 Brasília – DF  
Tel. (61) 2104-8177 / 2104-8010  
<http://www.mec.gov.br>

# SUMÁRIO

	Apresentação .....	7
	1. A biologia é uma <i>Citologia, histologia, embriologia e sexualidade</i> .....	9
	2. Conhecer para criticar <i>Biologia molecular, genética e evolução</i> .....	21
	3. O corpo como um todo <i>Corpo Humano</i> .....	37
	4. Saúde para todos, em todas as dimensões Saúde .....	65
	5. O universo natural vivo <i>Biodiversidade e ambiente</i> .....	87



## APRESENTAÇÃO

A Secretaria de Educação Básica do Ministério da Educação apresenta aos professores do Ensino Médio o volume 6 da *Coleção Explorando o Ensino - Biologia*.

A Coleção tem por objetivo apoiar o trabalho do professor em sala de aula, oferecendo-lhe material científico-pedagógico referente às disciplinas do Ensino Médio. Os volumes 1, 2 e 3 trataram de assuntos relativos ao ensino de Matemática e os volumes 4 e 5 sobre o ensino de Química.

A seleção dos artigos deste volume ficou sob o encargo do *Instituto Ciência Hoje*, responsável pela publicação da revista *Ciência Hoje*. Valendo-se da experiência acumulada em mais de 20 anos de divulgação científica, a equipe do *Ciência Hoje* selecionou textos que buscam garantir o atendimento aos interesses, necessidades e expectativas que surgem em sala de aula.

Este livro está organizado em blocos temáticos que se aproximam das áreas e disciplinas estabelecidas pela prática científica. Os artigos aqui reunidos foram organizados segundo as grandes áreas da Biologia, e vêm acompanhados de textos introdutórios que permitem ao professor situar-se em relação ao que há de novo do ponto de vista científico e pedagógico em cada uma dessas grandes áreas.

A nossa expectativa é a de que este material venha a se tornar um instrumento valioso para a divulgação da ciência e para o incentivo do ensino de Biologia. Acreditamos que, ao encaminhá-lo ao professor, estamos, também, fazendo com que os alunos se beneficiem com esta publicação.

A Secretaria de Educação Básica agradece a importante participação do *Instituto Ciência Hoje* na organização deste volume. Com esse projeto o Ministério da Educação reafirma o pensamento de que é possível dar ao Ensino Médio uma identidade que atenda às expectativas de formação escolar para o mundo contemporâneo.



## A BIOLOGIA É UNA

A biologia é una. Quer quando estuda, em seus aspectos mais abrangentes, os ecossistemas, as populações, os indivíduos ou os seus órgãos, quer quando enfoca os mecanismos, em seus menores e mais complexos detalhes, em nível celular ou molecular, o biólogo está sempre voltado à compreensão de um único e mesmo fenômeno: a vida.

É fundamental, portanto, que a vida, em toda a sua riqueza e diversidade de manifestações, seja, também, o fenômeno a ocupar o centro das atenções do ensino de biologia, dando-se prioridade aos seus aspectos integradores, em detrimento de conhecimentos muito específicos e descontextualizados.

Em grande parte, essa nova proposta de como ensinar a biologia está relacionada à própria mudança, ocorrida nas últimas décadas e no seio da própria disciplina, de seu conceito fundamental – a vida.

Se antes vida era caracterizada como substantivo, como “coisa”, a ser conhecida a partir do estudo de suas partes e em detalhes, hoje isso já não é mais possível. Integrados aos conhecimentos gerados pela física e pela química, os conhecimentos atuais da biologia impõem um novo conceito, em que a vida, enquanto fenômeno a ser investigado, passa a ser vista como verbo, como processo, como ação.

Ao professor, essa nova visão sobre a vida impõe também uma mudança de metodologia no ensino: além de dar importância aos componentes que caracterizam a vida (os seus constituintes químicos, as organelas, as células, os tecidos etc.), ele deverá, agora, preocupar-se também com os “comportamentos” desses constituintes da vida, buscando tornar evidente a seus alunos os processos mais amplos em que eles estão envolvidos.

1

# CITOLOGIA, HISTOLOGIA, EMBRIOLOGIA E SEXUALIDADE

9

CITOLOGIA, HISTOLOGIA,  
EMBRIOLOGIA E SEXUALIDADE

Tendo em vista esse novo enfoque em relação à vida – e, portanto, em relação também à própria biologia – disciplinas, como a citologia, a histologia e a embriologia, antes tratadas de maneira isolada e estanque, devem passar a ser abordadas de maneira integrada, em vários momentos do curso e sob enfoques e níveis de aprofundamento também diferentes.

Sob o fio condutor da biodiversidade ou à luz da evolução, os conteúdos específicos dessas disciplinas, antes considerados áridos e se prestando apenas à memorização, devem agora adquirir novo significado para os alunos, uma vez que se tornam chaves para a resolução de problemas e a compreensão de processos importantes que envolvem, por exemplo, as interações entre os seres vivos e o ambiente.

Parte da riqueza de novas temáticas e novos contextos que passam a envolver a citologia, a histologia e a embriologia encontra-se representada nos textos a seguir, selecionados para compor uma das seções desse volume.

## *Houve mudanças recentes na biologia em relação à citologia e à histologia animal e vegetal?*

*Elizabeth Ribeiro  
da Silva Camargos*

DEPARTAMENTO  
DE MORFOLOGIA,  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS  
BIOLÓGICAS, UNIVERSIDADE  
FEDERAL DE MINAS GERAIS

Na última década, houve considerável progresso no conhecimento da organização e função das organelas e estruturas celulares e da interação entre os diversos tipos de células que compõem os tecidos animais.



Pode-se citar, como exemplo, a identificação de canais iônicos e receptores na superfície celular, de moléculas de adesão, de proteínas do citoesqueleto, de fatores de crescimento etc. A identificação e a localização de diferentes moléculas permitiram maior compreensão de fenômenos celulares, tais como a migração de células, a regeneração de neurônios e de fibras musculares, a compartimentalização do Complexo de Golgi ou mesmo a identificação de novas organelas em protozoários.

Esse progresso resultou do desenvolvimento de tecnologias que permitem a identificação precisa de macromoléculas, não só no interior das células, mas também na matriz extracelular. Com a microscopia confocal, por exemplo, pode-se visualizar a organização tridimensional de moléculas marcadas com compostos fluorescentes. Já a técnica de crioultramicrotomia – que permite a obtenção de secções muito finas (60-100 nanômetros) de células/tecidos congelados – permite o estudo de células que não foram submetidas ao processo de fixação química, diminuindo, significativamente, os artefatos resultantes desse processo.

A utilização de sondas para detectar ácidos nucleicos (segmentos de DNA e diferentes tipos de RNA) permite estudar a expressão de genes em células submetidas a diferentes condições experimentais e em diversas doenças. Como na ciência moderna não há mais barreiras entre as diferentes áreas do conhecimento, essas técnicas são utilizadas por pesquisadores de diferentes especialidades: morfologistas, bioquímicos, microbiologistas, patologistas etc.

É importante salientar que, embora os termos citologia e histologia tenham conotação morfológica, a pesquisa nessas áreas tem adquirido, cada vez mais, caráter interdisciplinar.

[CH 165 – outubro/2000]

## *O que faz uma célula ligar-se apenas a células semelhantes?*

Nem todas as células ligam-se apenas a células semelhantes. Os macrófagos, por exemplo, células do sistema de defesa do organismo, têm a capacidade de se ligar a células do próprio organismo e também a protozoários, bactérias e fungos.

*Marcelo Einicker Lamas*

LABORATÓRIO DE FÍSICO-  
QUÍMICA BIOLÓGICA,  
INSTITUTO DE BIOFÍSICA  
CARLOS CHAGAS FILHO,  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO DE JANEIRO

A pergunta do leitor deve se referir aos tecidos, que são formados por um conjunto de células iguais. Nesse caso, basicamente dois fatores fazem com que essas células se associem: a composição protéica de suas membranas e algumas moléculas de superfície, que são específicas para esse tipo de interação célula a célula.

O outro fator é a composição da matriz extracelular. Trata-se de substâncias secretadas pelas células do tecido que controlam toda a interação e especificidade das células que formam o próprio tecido.

[CH 194 – junho/2003]

## *Por que as hemácias dos mamíferos não têm núcleo e como podem viver por 120 dias?*

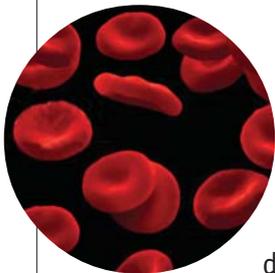
Durante o processo evolutivo, os mamíferos elevaram sua temperatura corporal e desenvolveram a capacidade de mantê-la relativamente constante (homeotermia). Esse aumento da temperatura corporal foi acompanhado de um incremento da taxa metabólica e de uma exigência maior no transporte de oxigênio ( $O_2$ ).

*Germán Arturo  
Bohórquez Mahecha*

LABORATÓRIO  
DE MORFOLOGIA DE AVES,  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DE MINAS GERAIS

Sendo o núcleo celular uma estrutura metabolicamente ativa, ele consome quantidades consideráveis de  $O_2$ . Com a perda do núcleo, as hemácias dos mamíferos deixaram de utilizar oxigênio, tornando-se mais eficientes no transporte desse gás. As hemácias dos mamíferos, por não possuírem núcleo, não são rigorosamente células: portanto, o correto é dizer que elas “duram”, em vez de “vivem”, 120 dias.

[CH 171 – maio/2001]



## Como a galinha forma a casca mineralizada do ovo em tempo tão curto?

*Marcos Raposo*

DEPARTAMENTO  
DE VERTEBRADOS,  
MUSEU NACIONAL,  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO DE JANEIRO

Há três camadas formadoras da casca das aves (de dentro para fora): as membranas da casca, que envolvem a clara; a parte calcificada, também conhecida como “testa”; e a cutícula, uma finíssima camada externa de material orgânico que determina se a casca é áspera ou lisa. A dúvida do leitor está na formação da testa, a parte em que o processo de mineralização atua. A rapidez do processo está relacionada à espessura dessa camada, que varia de 60 micrômetros, em beija-flores, a 4 mm, nas extintas aves-elefante. Ela é composta, basicamente, por duas regiões, uma interna, o “capuz basal”, e outra que cresce sobre ela, a “camada estacada”. A camada estacada forma a maior parte da testa e cresce na forma de colunas de cristais de calcita a partir de centros de cristalização situados no capuz basal. Essas colunas, compostas por cristais de crescimento rápido, entram em contato e passam a formar anéis de crescimento até completarem a espessura total da casca. O fato de a calcificação ter vários pontos de irradiação (colunas) ao mesmo tempo também aumenta a velocidade do processo. [CH 205 – junho/2004]



13

CITOLOGIA, HISTOLOGIA,  
EMBRIOLOGIA E SEXUALIDADE

## Como é feito o congelamento de embriões? Até que idade o embrião pode ser congelado e por quanto tempo pode permanecer assim?

*Luiz Fernando Dale*

CENTRO DE MEDICINA  
DA REPRODUÇÃO  
DO RIO DE JANEIRO

Para a fertilização *in vitro*, a paciente produz de cinco a 20 óvulos, sob estímulo hormonal, que serão fecundados em laboratório. São recolocados no útero no máximo quatro embriões, o que possibilita uma taxa de gravidez de 30% – o excedente é congelado. Um número maior de embriões não aumenta significativamente a incidência de gestação mas sim, a possibilidade de gestação múltipla. Depois de 48 horas da

fecundação do óvulo pelo espermatozóide, quando apresenta quatro células, o embrião está pronto para ser transferido para o útero ou para ser congelado. É possível mantê-lo em cultura, no máximo, por mais dois ou três dias, mas o melhor é transferi-lo ou congelá-lo no segundo dia de cultura para evitar sofrimento nas condições do laboratório.



Os embriões são colocados em um meio de cultura para evitar a formação de cristais de gelo, capazes de destruir as estruturas contidas no citoplasma, durante o congelamento. A absorção do meio de cultura pela célula depende exclusivamente da qualidade do embrião; os que não o fazem são destruídos pelo congelamento. Existe um programa computadorizado que reduz a temperatura do embrião progressivamente, de acordo com uma tabela, de 37°C positivos a 196°C negativos. Em seguida, o recipiente com os embriões é imerso em nitrogênio líquido, onde fica por período indefinido. O congelamento não causa danos ao embrião, tanto que resultados satisfatórios já foram obtidos com embriões congelados por mais de 10 anos.

A idade da mulher também é um fator importante em reprodução humana. Acima dos 39 anos, diminui gradativamente a capacidade de engravidar, assim como os óvulos perdem a capacidade de serem fecundados ou produzem embriões de qualidade, o que aumenta os riscos de malformação genética. Como ainda não é possível congelar óvulos, só espermatozóides e embriões, se a mulher nessa idade não conseguir resultados satisfatórios com a estimulação hormonal, pode recorrer a óvulos doados para conseguir engravidar.

[CH 169 – março/2001]

### *Por que o óvulo se divide gerando gêmeos univitelinos? O que provoca essa divisão e como ela ocorre?*

Na verdade, quem se divide é o embrião, não o óvulo. A formação de gêmeos univitelinos ou idênticos ou monozigóticos corresponde a um terço dos casos. Esse fenômeno acontece durante o desenvolvimento do embrião

*João Batista  
Alcântara Oliveira*

CENTRO DE REPRODUÇÃO  
HUMANA, MATERNIDADE  
SINHÁ JUNQUEIRA  
(RIBEIRÃO PRETO/SP)



(multiplicação celular) quando, após a fertilização de um óvulo por um espermatozóide, o embrião divide-se dando origem a dois ou mais novos embriões com idêntico material genético. Essa forma de gemelaridade pode ser encarada em algumas espécies como um caminho de adaptação para a sobrevivência.



Esse princípio parece não se aplicar ao ser humano, onde a ocorrência de gêmeos monozigóticos é aparentemente um fenômeno casual e fracamente hereditário. Contudo, observa-se que um número um pouco maior de gêmeos monozigóticos tem nascido após o uso de medicações para indução da ovulação.

Existem várias formas possíveis de gêmeos monozigóticos. Quando o embrião se divide pouco tempo após a fertilização, os gêmeos monozigóticos serão diamniótico-dicoriônico, ou seja, cada um tem seu próprio âmnio (bolsa) e córion (placenta) – o fenômeno ocorre em torno de 8% das gestações gemelares. O tipo mais comum de gêmeos monozigóticos é o diamniótico-monocoriônico (cerca de 75% dos casos), em que a divisão embrionária ocorre entre o 4º e 8º dia após a fertilização. Nesse caso, os embriões têm a sua própria bolsa, mas dividem a mesma área placentária. Se o embrião se divide após o 8º dia de sua fertilização, é chamado de monocoriônico-monoamniótico, isto é, os gêmeos têm a mesma bolsa e a mesma placenta. Esse tipo corresponde a menos de 1% dos casos e normalmente é o que apresenta mais complicações durante a gestação. Por fim, se a divisão embrionária ocorre após o 12º dia, poderá ser imperfeita, levando a malformações estruturais (xifópagos).

[CH 203 – abril/2004]

15

CITOLOGIA, HISTOLOGIA,  
EMBRIOLOGIA E SEXUALIDADE

## *O que são as pílulas contraceptivas de emergência, conhecida como 'Pílula do Dia Seguinte'?*

*Yula Franco Porto*

MÉDICA COORDENADORA  
DO PROGRAMA ATENÇÃO  
À SAÚDE DA MULHER,  
DA SECRETARIA  
MUNICIPAL DE SAÚDE  
DE BELO HORIZONTE

A contracepção de emergência baseia-se no uso de pílulas anticoncepcionais hormonais, nas formulações habitualmente comercializadas, em dosagens mais elevadas (ingestão de maior número de comprimidos) por um curto intervalo de tempo (mais comumente duas doses com intervalo de 12 horas).

Não é preconizada como método anticoncepcional habitual, pois a maior ingestão hormonal só se justifica em caráter excepcional e de emergência, para prevenir uma gravidez que pudesse ocorrer a partir de um coito desprotegido ou com falha presumível do método que vinha sendo usado.

Deve ser adotada com orientação médica e até no máximo 72 horas após a relação sexual.

A pílula atua alterando o processo reprodutivo, distinguindo-se assim dos métodos abortivos, que procuram interromper uma gestação já estabelecida. É procedimento técnico aceito e preconizado pelo Ministério da Saúde, que ressalta, no entanto, a importância de se divulgar o método e dar acesso à sua utilização com a recomendação de que se trata de um procedimento de exceção, já que a habitualidade pode trazer danos à saúde da mulher. [CH 134 – dezembro/1997]

### *É verdade que homem e mulher têm 'visões de mundo' diferenciadas? Em que se fundamentam essas diferenças, em uma formação cerebral diversa ou em uma questão social?*

Sem dúvida os cérebros masculino e feminino são diferentes, tanto morfológica quanto funcionalmente. Essas diferenças podem ser mais bem observadas em certas regiões, como o hipotálamo, uma pequena estrutura, na base do cérebro, que controla o meio interno do organismo. Além de controlar parâmetros como

*Mario Fiorani Jr.*

LABORATÓRIO DE FIOLOGIA  
DA COGNIÇÃO, INSTITUTO  
DE BIOFÍSICA CARLOS CHAGAS  
FILHO, UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO DE JANEIRO



temperatura, hidratação e alimentação, o hipotálamo também controla o sistema endócrino, responsável pela regulação dos hormônios.

Homens e mulheres possuem diferentes proporções de certos hormônios e alguns deles são liberados em padrões temporais diversos – cíclico nas mu-

lheres e contínuo nos homens. Isso é uma evidência clara de que essa estrutura cerebral é bastante distinta entre os dois gêneros. Quanto ao resto do cérebro, homens e mulheres têm, em média, performances diferentes em uma série de tarefas. Por exemplo: quando abrem uma geladeira, a mulher observa os detalhes, é mais específica, enquanto o homem enxerga o espaço de maneira mais ampla. Inicialmente, essas diferenças são pequenas. Além disso, as diferenças existem apenas entre as médias das duas populações, e, como as variações são altas, existe uma enorme superposição no desempenho dos indivíduos das duas populações. Dessa forma, essas diferenças populacionais não se aplicam diretamente a pessoas específicas. [CH 201 – janeiro/fevereiro/2004]

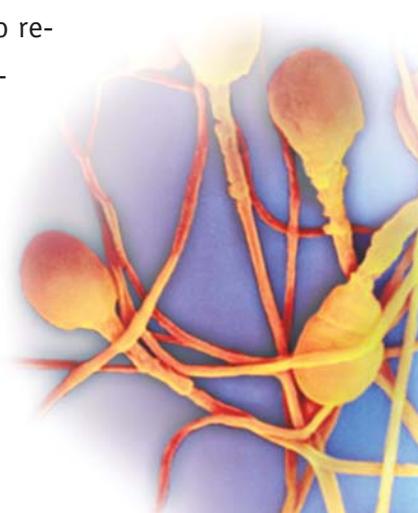
### *Por que o organismo da mulher não responde imunologicamente ao espermatozóide após o ato sexual?*

*Ricardo Barini*

DEPARTAMENTO DE  
TOCOGINECOLOGIA,  
UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE CAMPINAS

O organismo da mulher responde, sim, imunologicamente ao espermatozóide. No entanto, trata-se de uma reação mínima se comparada a outras respostas imunológicas naturais ou adquiridas do organismo, como as reações alérgicas. O motivo é uma deficiência de antígenos na superfície externa dos espermatozóides, ou seja, eles não são reconhecidos como um antígeno (substância capaz de provocar a formação de anticorpos) pelo organismo da mulher.

Por outro lado, é bem documentada a produção de anticorpos antiespermatozóides pelo organismo feminino. Não se sabe ao certo qual é a função desses anticorpos, mas é possível que funcionem como um sistema de “limpeza”, cuja função seria remover os espermatozóides depois de uma fecundação frustrada. Outra hipótese é que funcionem como uma proteção natural do organismo, pois sabe-se que as mulheres que engravidam nas primeiras rela-



ções sexuais estão mais sujeitas à pré-eclâmpsia – patologia que ocorre no final da gravidez provocando o edema, hipertensão arterial e proteinúria (excreção de urina com quantidades elevadas de proteínas). Aquelas que tiveram apenas um parceiro sexual também fazem parte desse grupo de risco.

Mulheres produtoras de grandes quantidades de anticorpos antiespermatozóides têm dificuldades para engravidar e de levar a gestação adiante. Esses anticorpos são secretados no muco cervical – dentro do colo uterino – e impedem a migração dos espermatozóides da cavidade vaginal para dentro do útero. Aqueles que conseguem atravessar essa barreira também podem ter dificuldade para efetuar a fecundação propriamente dita. E, caso ocorra a fecundação, essas mulheres estão mais propensas a ver sua gestação terminar em aborto espontâneo.

[CH 195 – julho/2003]

### *Como pode uma pessoa que nunca teve contato com a Aids já nascer imune ao vírus, se seu organismo não conhece a doença?*

O HIV, vírus que causa a Aids, infecta principalmente células que apresentam em sua superfície uma molécula chamada CD4 – presente especialmente nos linfócitos T-helper (os que “coordenam” a resposta do organismo a agentes invasores) e nos macrófagos (leucócitos que ‘ingerem’ e digerem os agentes invasores, apresentando ao sistema imunológico os antígenos que desencadeiam a resposta contra os mesmos). A molécula CD4 serve como receptor do vírus, assemelhando-se a uma “fechadura” que ele precisa abrir para entrar na célula.

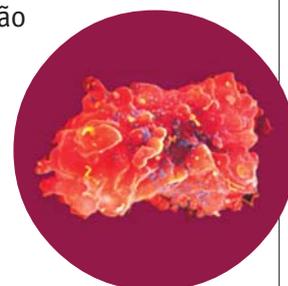
Para infectar células humanas, porém, é preciso abrir, ao mesmo tempo, outra fechadura (uma molécula denominada receptor de quimiocinas), que serve de co-receptor para o vírus. Quimiocinas são substâncias usadas por células do sistema de defesa como um sistema de comunicação, e a presença de seus receptores (entre eles a molécula CCR5) na superfície de células também é essencial para que a

*Mauro Schechter*

LABORATÓRIO DE AIDS,  
HOSPITAL UNIVERSITÁRIO,  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO DE JANEIRO

infecção ocorra. Segundo dados já conhecidos, os indivíduos que apresentam mutação em ambos os alelos (cópias) do gene que codifica a CCR5 (cerca de 1% da população caucasiana) seriam menos suscetíveis à infecção pelo HIV, pois este não conseguiria abrir essa fechadura modificada. Nos que têm apenas um alelo mutado (cerca de 15% das pessoas com ascendência européia), a progressão da imunodeficiência causada por esse vírus é mais lenta.

[CH 185 – agosto 2002]



### *Quais as funções dos linfócitos T e B? Qual a origem de cada um?*

*Carlos Roberto  
Veiga Kiffer*

CASA DA AIDS  
E DEPARTAMENTO  
DE MOLÉSTIAS INFECCIOSAS  
E PARASITÁRIAS,  
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Em primeiro lugar, vale lembrar que os linfócitos são importantes componentes do sistema imunológico. Os linfócitos são uma subpopulação dos leucócitos, células brancas presentes no sangue, com apenas um núcleo. Eles também apresentam duas principais subpopulações, os linfócitos T e B. Os linfócitos T têm sua origem em células indiferenciadas da medula óssea. Por sua vez, as células indiferenciadas, chamadas pró-timócitos, migram da medula óssea para o timo, onde sofrem, obrigatoriamente, processos de diferenciação até a completa maturação em células T. De maneira análoga, alguns bilhões de linfócitos B originam-se de células-mães (*stem cells*) na medula óssea diariamente. As células B também passam por um processo de diferenciação e maturação, que ocorre no fígado do feto e na medula óssea do adulto, atingindo suas características funcionais completas.

As duas classes de células, T e B, estão envolvidas no processo de imunidade adquirida, ou seja, imunidade desenvolvida para ampliar e melhorar as defesas naturais do organismo. A imunidade adquirida divide-se em celular e humoral. A primeira é responsável pela defesa do organismo através de

linfócitos especializados em dadas funções. Por imunidade humoral entende-se aquela que atua através de anticorpos, substâncias protéicas existentes no plasma.

Os linfócitos T são responsáveis pela organização, mediação e orquestramento da imunidade celular. Para executar essas funções, as células T apresentam subpopulações especializadas em diferentes funções, recebendo denominações diversas. Os linfócitos T-helper (ou auxiliares) são responsáveis pela especialização de outros linfócitos – auxiliam na diferenciação de outros linfócitos. Os linfócitos T citotóxicos são responsáveis pela destruição de células infectadas por agentes infecciosos. Os linfócitos T supressores são representados por uma ou mais classes de linfócitos com função de suprimir a atividade imune quando necessário. E, por último, os linfócitos T de memória são responsáveis pelo armazenamento de uma “informação imunológica” mais duradoura, que se desenvolve após o contato inicial com alguma substância estranha (antígeno). Essas células poderão ser resgatadas pelo organismo sempre que necessário.

Os linfócitos B diferenciados e ativados (plasmócitos) são as únicas células capazes de produzir anticorpos. Portanto, como os anticorpos são as substâncias características da imunidade humoral, pode-se dizer que os linfócitos B são precursores fundamentais dessa imunidade. A produção de anticorpos é ativada toda vez que um antígeno entra em contato com o organismo.

Portanto, também ocorre produção de células B de memória, capazes de manter a informação imune humoral de forma duradoura.

[CH 154 – outubro/1999]



## CONHECER PARA CRITICAR

A biologia molecular é a área da biologia que propiciou, nas últimas décadas, os maiores avanços em conhecimentos e tecnologia. Associadas ao que já se conhecia anteriormente graças à genética, técnicas como o seqüenciamento rápido de DNA, a hibridação *in vitro* de células, o uso de enzimas de restrição, a transferência de genes e a clonagem estão permitindo a investigação de questões altamente complexas, antes impossíveis de serem consideradas, ampliando-se, assim, consideravelmente as fronteiras do conhecimento em biologia.

Uma das fronteiras que se expande rapidamente, incentivada pela biologia molecular, é, sem dúvida, o estudo das questões evolucionárias. Com o uso cada dia mais freqüente da comparação de seqüências de DNA de diferentes organismos, tem sido possível estabelecer, por exemplo, relações de proximidade entre as diferentes espécies. Também têm sido significativos os resultados obtidos no estudo comparativo da constituição genética das diferentes populações humanas, o que tem alargado os horizontes do conhecimento a respeito de nossa própria espécie e de sua história evolutiva.

Tantos são os avanços obtidos que relacionam a biologia molecular, a genética e a evolução que optamos por reunir nessa seção os textos relativos a essas três disciplinas da biologia. Ao fazê-lo, nossa intenção foi facilitar ao professor manter-se atualizado em relação ao que há de novo e de inter-relacionado nesses três campos de conhecimento. Também foi nosso objetivo municiá-lo com informações apresentadas em textos curtos e didáticos,

# 2

## BIOLOGIA MOLECULAR, GENÉTICA, E EVOLUÇÃO

21

2. BIOLOGIA MOLECULAR,  
GENÉTICA E EVOLUÇÃO

de maneira que possa vir a utilizá-los diretamente com seus alunos, em aula.

Os textos aqui reunidos abordam desde questões básicas, como, por exemplo, a natureza do material genético, até questões mais complexas, como o papel do próprio DNA na diferenciação celular. Além disso, tratam também de temas considerados, por muitos, polêmicos, como a transferência de núcleos e a modificação genética de organismos.

Ao se tornarem mais e mais presentes no dia-a-dia da sociedade, é importante que essas e outras técnicas advindas dos novos conhecimentos gerados na biologia, sobretudo aquelas que envolvam aspectos éticos, sejam motivo de debate e de crítica em sala de aula. Aliás, essa é uma recomendação enfatizada nos PCN para o Ensino Médio, nos quais se considera que os conhecimentos em biologia devem, justamente, servir a esse fim: “subsidiar o julgamento de questões polêmicas”.

Se os objetivos a serem atingidos no ensino de biologia fossem hierarquizados, estabelecendo-se as metas prioritárias a serem conquistadas, sem dúvida, a formação de um cidadão que domine a informação científica, a ponto de tornar-se crítico em relação aos próprios avanços científicos, ocuparia a primeira posição. É a esse fim que se devem destinar os esforços dos professores. Com os textos apresentados a seguir, esperamos auxiliá-los nessa tarefa.



## *Como o material genético de uma célula pode conter toda a informação que dará origem às células de um organismo inteiro?*

*Lyria Mori*

INSTITUTO DE BIOLOGIA,  
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Todo potencial de desenvolvimento embrionário de um animal está contido em um ovo fertilizado. Quando o espermatozóide se une a um óvulo, ocorre a reunião do material hereditário (genes) paterno e materno, com todas as instruções detalhadas para o desenvolvimento de um novo ser, isto é, uma poupança herdada de cerca de 100 mil genes com um imenso repertório de funções para construir as células e todo um organismo. Esses genes são os verdadeiros segredos do talento artístico da célula: uma vez ativados, eles produzem mensagens específicas para a síntese de proteínas capazes de construir novas células e de modificá-las de infinitas maneiras.

O que inicia o processo de diferenciação das células?

Eventos importantes ocorrem durante o desenvolvimento de um animal, mesmo antes de o ovo ser fertilizado. Ou seja, substâncias nutritivas e determinantes são transportadas para o ovo a partir de células maternas vizinhas, fornecendo alimento para o futuro embrião e organizando o ovo para seu subsequente desenvolvimento. Em algumas espécies, esses produtos gênicos maternos traçam o perfil do plano corporal básico do embrião, distinguindo a região anterior da posterior e a dorsal da ventral.

Conforme as divisões celulares progridem e mais e mais células compõem o embrião, elas começam a conversar quimicamente entre si, especificando as informações mais complexas sobre a forma, função e posição. Uma célula destinada a formar a mão, por exemplo, deve enviar a mensagem química para a célula vizinha originar um grupo de células descendentes e ativar os genes para formar um braço. O ovo recém-fertilizado (zigoto) é totipotente: ele dá origem a todos os tipos celulares do adulto. Em que ponto do desenvolvimento embrionário as células começaram a ficar irreversivelmente restritas em seus potenciais de desenvolvimento?



23

2. BIOLOGIA MOLECULAR,  
GENÉTICA E EVOLUÇÃO

Existem casos de nascimentos múltiplos em que irmãos idênticos são derivados de um único ovo fertilizado por um só espermatozóide. Portanto, podemos concluir que a informação genética foi fielmente reproduzida durante pelo menos três divisões celulares após a fertilização (duas divisões produzem quatro células e quintuplos idênticos já foram registrados). Muitos organismos diferenciados podem regenerar novos órgãos e tecidos. Por exemplo, uma lagartixa pode regenerar a cauda, e um corpo humano pode regenerar um fígado lesado. Até recentemente pensava-se que isso só era possível em determinados tecidos. Embora a regeneração de um organismo completo a partir de uma única célula somática (já diferenciada) não tenha sido observada entre os animais na natureza, em laboratório isso já se tornou uma realidade com o nascimento da ovelha Dolly, a partir de um núcleo de uma célula mamária introduzido em um ovo anucleado. Esse experimento mostra, de certo modo, que qualquer núcleo do organismo tem no seu material genético todas as informações necessárias para o desenvolvimento completo de um organismo, e que isso ocorrerá desde que esse material esteja rodeado dos determinantes adequados para ativar os genes do desenvolvimento.

Não se sabe, ainda, como os genes e proteínas do final da cascata realmente constroem, por exemplo, os axônios no final das células nervosas, ou as densas redes de fibras que compõem o cristalino nos olhos. De fato, esses genes efetores (em oposição aos reguladores) são na maior parte desconhecidos. Conhecê-los será um desafio para o próximo milênio. [CH 157 – janeiro/fevereiro/2000]

---

### *O DNA pode ser obtido a partir de impressões digitais?*

*Sérgio Danilo Pena*

INSTITUTO DE CIÊNCIAS  
BIOLÓGICAS DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DE MINAS GERAIS

Há no genoma repetições de seqüências curtas de DNA (código genético) altamente variáveis, chamadas microssatélites. Com base no estudo de uma bateria de 12-20 microssatélites, é possível obter perfis genéticos praticamente indivíduo-específicos, muito úteis na identificação de vítimas e criminosos.



Com o desenvolvimento da reação em cadeia da polimerase (PCR), técnica baseada na amplificação exponencial do número de moléculas de DNA, alcançamos sensibilidade para estudar microssatélites e obter perfis genéticos em quantidades mínimas de DNA. Hoje é possível obter o perfil genético de uma pessoa a partir, por exemplo, do filtro de um cigarro ou de um selo ou envelope que ela tenha lambido. Em ambos os casos um pequeno número de células epiteliais dos lábios fica preso no papel. Aliás, o terrorista que colocou uma bomba no World Trade Center, em Nova York, foi identificado a partir de um envelope.



No número 387 da revista *Nature*, de 19 de junho passado, os cientistas australianos Roland van Oorschot e Maxwell Jones reportaram sucesso na obtenção de perfis genéticos a partir de impressões digitais. Amostras obtidas de cabos de faca, copos e telefones, por exemplo, permitiram que se fizesse o perfil genético de pessoas que haviam tocado nesses objetos.

Essa descoberta poderá nos proporcionar uma ferramenta muito importante em criminalística.

Por outro lado, tais resultados demonstram a necessidade de cautela na interpretação de perfis genéticos a partir de quantidades muito pequenas de DNA em crimes, já que o manuseio sem luvas pode levar a contaminação inadvertida de peças de evidência.

[CH 131 – setembro/2003]

25

2. BIOLOGIA MOLECULAR,  
GENÉTICA E EVOLUÇÃO

## *O número de proteínas de um organismo é igual ao número de genes, maior ou menor?*

*Blanche Christine  
Bitner-Mathé*

DEPARTAMENTO DE GENÉTICA,  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO DE JANEIRO

Atualmente, sabe-se que a relação gene-proteína nem sempre é de um para um. Relacioná-los não é uma questão simples: em geral, o genoma de um organismo é idêntico em todas as suas células, enquanto o conjunto de proteínas de cada uma delas varia, dependendo de sua fase de desenvolvimento, do tecido analisado, do processamento do pré-RNA mensageiro (pré-mRNA) e, até, do ambiente a que o organismo está submetido.

Mas como genes e proteínas estão relacionados? Em organismos eucariotos, como é o caso da espécie humana, a informação genética armazenada no DNA é convertida em uma seqüência de aminoácidos, formando as proteínas – moléculas fundamentais na determinação das características dos organismos. Contudo, a informação genética está organizada da seguinte forma: os genes incluem regiões codificadoras da seqüência de aminoácidos, os *exons*, e regiões não-codificadoras, os *íntrons*. A primeira etapa na síntese de proteínas é a transcrição do gene em uma molécula de RNA, o pré-mRNA. Este inclui ambas as regiões e, quando é processado, os *íntrons* são removidos da molécula, transformando o pré-mRNA no mRNA maduro, que será, então, traduzido em proteína. Esse processamento de um pré-mRNA pode variar, resultando na formação de mais de um tipo de proteína, a partir de uma mesma seqüência de DNA.

Um exemplo extremo descrito recentemente na mosca-da-banana, a *Drosophila melanoaster*, revela que um mesmo gene desse inseto codifica cerca de 38 mil proteínas. Na espécie humana, estima-se que o número de genes varie entre 50 mil e 150 mil e que existam milhões de proteínas diferentes. [CH 171 – maio/2001]

### *Por que apenas o DNA nuclear do espermatozóide é aproveitado na fecundação?*

Nos espermatozóides humanos, é possível reconhecer uma cabeça, ocupada quase que totalmente pelo material nuclear, uma peça intermediária e uma cauda. Visto que a peça intermediária contém mitocôndrias, as quais também possuem DNA – o DNA mitocondrial (mtDNA) –, por que só o DNA nuclear do

*Bernardo Beiguelman,*  
PROFESSOR APOSENTADO  
PELO DEPARTAMENTO  
DE PARASITOLOGIA,  
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO



espermatozóide é aproveitado? Em outras palavras, por que apenas as mulheres podem transmitir à sua prole tanto o DNA nuclear quanto o mtDNA contido nos ovócitos, enquanto os homens somente transmitem o DNA nuclear? Isso acontece porque na espécie humana, a exemplo do que ocorre em



outros mamíferos, as mitocôndrias são destruídas pouco tempo depois da fertilização. Assim, quando, por clivagens (divisões) sucessivas, o zigoto atinge o número de oito células (blastômeros) já não é possível detectar mtDNA paterno.

Na espécie humana, a excepcional persistência de mtDNA paterno está associada a alterações que provocam aborto espontâneo ou óbito precoce. É curioso que, em cruzamentos interespecíficos de camundongos (*Mus musculus* com *Mus spretus*) o mtDNA paterno não é destruído, sendo detectado em todos os recém-nascidos. Isso sugere, pois, que no citoplasma dos ovócitos existe um mecanismo espécie-específico que reconhece e elimina as mitocôndrias do espermatozóide. Resta descobrir qual a razão dessa repulsa espécie-específica manifestada pelos ovócitos em relação às mitocôndrias paternas.

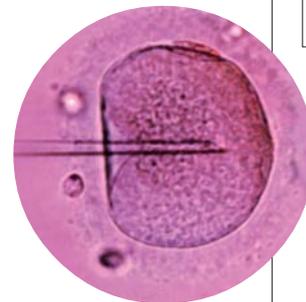
[CH 174 - agosto/2001]

## O que é transplante de núcleo?

*Marcio Alves Ferreira*

DEPARTAMENTO  
DE GENÉTICA, INSTITUTO  
DE BIOLOGIA, UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

O transplante ou transferência de núcleos consiste em retirar o núcleo de uma célula e colocá-lo em outra, cujo núcleo original foi removido.



O processo de transferência é realizado com a ajuda de um microscópio óptico, fundamental para a visualização das células e para a correta manipulação das micropipetas – instrumentos utilizados para a retirada do núcleo, assim como para a injeção deste em outra célula.

A técnica pode usar tanto núcleos retirados de células adultas quanto de células embrionárias. Em ambos os casos, o núcleo é inserido em uma célula-ovo de outro indivíduo. Esse procedimento foi realizado por vários grupos em meados da década de 1980. Para a geração da ovelha Dolly, divulgada em fevereiro de 1997, foi utilizado o núcleo de uma célula adulta. O núcleo da célula derivada do úbere (que contém as glândulas mamárias) de uma ovelha adulta foi transferido para o ovo sem núcleo de outra ovelha.

27

2. BIOLOGIA MOLECULAR,  
GENÉTICA E EVOLUÇÃO

A geração de Dolly provou que o núcleo da célula de um mamífero adulto é totipotente (capaz de gerar um novo indivíduo). [CH 191 – março/2003]

### *De que maneira é feita a modificação genética de organismos, como no caso das moscas *Drosophila*?*

Há várias técnicas para transformar geneticamente organismos como as drosófilas, mas todas introduzem DNA no núcleo de uma célula-ovo ou em uma célula embrionária, ainda não-diferenciada, do organismo receptor para que o gene se integre ao genoma da célula e seja transmitido às suas descendentes. Quando se usa uma célula embrionária não-diferenciada, nem todas as células do organismo adulto serão descendentes dela e, portanto, portadoras do gene. Mas é necessário que as células germinativas sejam provenientes da célula transformada para que os gametas (óvulos ou espermatozoides) do novo indivíduo portem o gene e possam passá-lo à próxima geração. O DNA pode ser introduzido no núcleo por injeção, sob microscópio, usando-se uma microsseringa. Mas existem técnicas mais sofisticadas, como um “revólver” adaptado que atira microprojéteis de tungstênio cobertos por DNA. Uma vez no núcleo, o gene integra-se ao genoma do receptor por um processo que pode ocorrer naturalmente, graças à tendência ao emparelhamento e recombinação entre seqüências semelhantes de DNA (recombinação homóloga).

Contudo, diversas espécies têm facilitadores dessa integração – a bactéria de solo *Agrobacterium tumefaciens*, por exemplo, é capaz de infectar várias espécies de plantas e transferir um segmento de DNA para o seu hospedeiro. No caso da modificação genética da *Drosophila melanogaster* (mosca-das-frutas), pode-se construir e injetar na célula uma molécula de DNA que contenha o gene que se quer transferir e uma seqüência de DNA capaz de se mover de um ponto para outro qualquer do genoma (o elemento de

*Blanche Christine  
Bitner-Mathé*

DEPARTAMENTO DE GENÉTICA,  
INSTITUTO DE BIOLOGIA,  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO DE JANEIRO





transposição P). No entanto, ainda existem alguns problemas para a transformação genética dos organismos eucariotos (os que têm núcleos diferenciados nas células), como a morte de muitas das células injetadas e a integração aleatória do DNA injetado, que nem sempre ocorre em um local favorável à expressão do gene. É feito um grande número de tentativas para, com sorte, obter-se um organismo adulto transformado geneticamente. [CH 169 – março/2001]

### *Pode a ovelha Dolly ser considerada um Organismo Geneticamente Modificado (OGM)?*

*Fermin Roland Schramm*

ESCOLA NACIONAL DE SAÚDE PÚBLICA, DA FUNDAÇÃO INSTITUTO OSWALDO CRUZ

Se entendermos a engenharia genética no seu sentido estrito de “tecnologia do DNA recombinante” – vigente na biologia molecular –, Dolly não pode ser considerada um claro produto da engenharia genética nem um OGM ortodoxo. Isso porque não houve, estritamente falando, alteração – uma recombinação de DNAs diferentes –, mas apenas manipulação, no sentido de uma transferência de um “pacote fechado” de DNA nuclear de uma célula doadora para uma célula receptora (oócito), previamente enucleada (cujo núcleo foi retirado anteriormente), ou seja, sem fusão nem recombinação entre DNAs diferentes.

Existe, no entanto, outra interpretação, que parte de uma distinção entre “ontogenia” e “função”, isto é, entre o que a célula é enquanto ente e sua função (o que ela “faz”) no processo de clonagem. Nesse caso, enquanto ente, o conjunto formado pelo núcleo da célula diferenciada doadora e o oócito enucleado receptor talvez não possa ser considerado um OGM. Mas, do ponto de vista funcional, houve manipulação genética de célula germinativa e, portanto, pode também ser considerado, pelo menos funcionalmente, um OGM. É esse desvio de função um dos aspectos mais relevantes da experiência



do embriologista escocês Ian Wilmut e de sua equipe, ao lado do fato de se tratar da clonagem de uma ovelha adulta, sem passar pelo processo de reprodução por fecundação.

[CH 135 – agosto/1997]

### *Qual foi a alteração introduzida na soja transgênica Roundup Ready e que riscos ela pode trazer para o meio ambiente e a saúde humana?*

A principal alteração da soja transgênica é a introdução de um segmento de DNA (material genético), através de técnicas biotecnológicas, que codifica a expressão de proteínas bacterianas até então ausentes na planta original. Sequências de nucleotídeos de origem viral com função regulatória também fazem parte do material genético introduzido. A nova soja é resistente ao herbicida Roundup, cujo princípio ativo – o glifosate – controla plantas daninhas inibindo a enzima 5'-enolpiruvato-chiquimato-3-fostato-sintase (EPSPS). Essa enzima catalisa uma reação na cadeia de biossíntese dos aminoácidos aromáticos (fenilalanina, triptofano e tirosina) presente em plantas e microrganismos e ausente em animais, peixes e aves. Quando aplicado, o glifosate acaba matando as plantas de soja, pois a enzima nativa tem baixa resistência ao referido herbicida.

Genes heterólogos ao da soja já estudados em outras espécies apresentam níveis variáveis de resistência ao herbicida. O gene CP4 EPSPS, que confere alto nível de resistência ao herbicida, foi retirado da *Agrobacterium* estirpe CP4 e introduzido na soja, onde é responsável pela produção da enzima CP4 EPSPS em grandes quantidades (0,2% das proteínas da semente). O grau de similaridade com a enzima nativa da soja é de 51%.

Vários são os riscos à saúde humana segundo trabalhos de Mae-Wan Ho, da Open University, na Inglaterra. A soja alterada geneticamente contém sequências de bactérias, de vírus e da petúnia, que não fazem parte da nossa alimentação. Também são desconhecidos seus efeitos no aumento ou na diminuição da

*Rubens Onofre Nodari*

DEPARTAMENTO  
DE FITOTECNIA,  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DE SANTA CATARINA



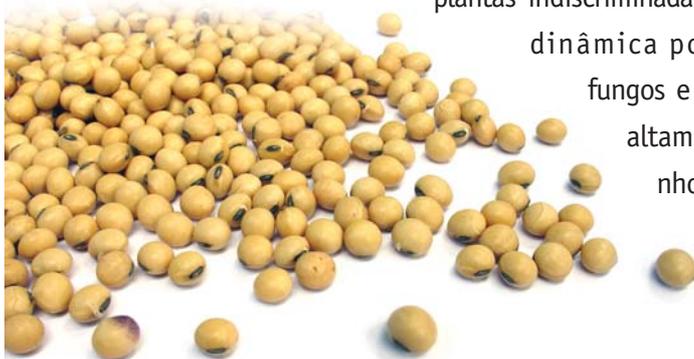
alergenicidade (capacidade de provocar alergia) que a soja já apresenta naturalmente. Seus possíveis efeitos pleiotrópicos (produzidos por genes que levam a duas ou mais características diferentes) ou epistáticos (interferência de um gene na expressão de outros) não são conhecidos. Embora estudos já tenham comprovado que houve, na soja transgênica, um aumento na expressão do inibidor da tripsina (proteína alergênica) e que pode provocar desnutrição em ratos, a empresa que desenvolveu tal soja insiste em considerá-la quimicamente equivalente à soja não-transgênica. Essa equivalência foi aceita pela Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) em 24 de setembro de 1998, quando considerou que o produto não apresentava risco à saúde humana e ao meio ambiente.

Outro aspecto importante é que a soja contém fitoestrógenos – substâncias envolvidas com anomalias reprodutivas em camundongos, ratos e humanos. Sabe-se que o glifosate induz a síntese do fitoestrógeno em algumas leguminosas, o que pode ocorrer também na soja. Como nenhum resultado experimental relacionado ao assunto foi apresentado para a soja transgênica submetida à aplicação do herbicida glifosate, não é possível prever o risco que o produto consumido, se contiver resíduo do herbicida, pode causar. Resíduos do herbicida já foram detectados em moranginho, alface, cenoura, cevada e peixes.

Também não constam do processo enviado à CTNBio dados sobre os resíduos do glifosate em partes da planta ou em seus produtos. Na Califórnia, esse herbicida é, entre os agrotóxicos, o terceiro mais comum a provocar problemas, como irritação da pele e dos olhos, depressão cardíaca e vômitos. A toxicidade crônica do produto causou câncer nos testículos de ratos e reduziu seu número de espermatozoides. Outros estudos indicaram que fórmulas contendo glifosate causam mutações em genes.

Do ponto de vista ambiental os riscos também são altos. O herbicida usado mata plantas indiscriminadamente, com efeitos diretos na dinâmica populacional de bactérias, fungos e insetos. O herbicida pode ser altamente tóxico para peixes, minhocas e fungos micorrízicos.

Outro aspecto é que o aumento da aplicação de



um mesmo produto químico acelera o desenvolvimento de plantas resistentes. Já existem várias espécies resistentes ao herbicida glifosate que podem causar prejuízos à agricultura brasileira. Não se exclui também a possibilidade da transferência desse gene de resistência ao herbicida para outras variedades ou espécies por polinização cruzada. A transferência horizontal dos genes, via infecção, para organismos do solo também é um risco. Se microrganismos do solo suscetíveis ao glifosate adquirem resistência ao herbicida, sua dinâmica populacional deverá se alterar profundamente, sem que se saibam quais serão as reais conseqüências. Dados os riscos que a soja transgênica apresenta, a SBPC considera sua liberação para cultivo e consumo prematura, pois não há garantia de que o produto seja sadio, seguro e vantajoso para a agricultura brasileira. [CH 146 – janeiro/fevereiro/1999]

### *É possível usar o DNA como ferramenta para reconhecer diferenças entre animais da mesma espécie, que vivem em áreas separadas ou distantes umas das outras?*

Da mesma forma que o DNA tem sido utilizado para mostrar diferenças genéticas em humanos, os demais animais também são passíveis de estudo com essa mesma ferramenta. A genética ecológica é a área de investigação científica que usa a variabilidade genética animal e vegetal para estudar a biodiversidade.

A variabilidade do DNA de várias espécies animais é bastante estudada nos países desenvolvidos e começa a ser pesquisada no Brasil. Os objetivos desses estudos vão além de simplesmente discriminar populações de uma mesma espécie. Eles podem determinar graus de diferenciação entre populações, alteração de variabilidade pela ação antrópica (destruição de florestas etc.), níveis de endogamia (acasalamento entre parentes), níveis de introgressão (transferência de genes de uma espécie para outra pela formação de híbridos férteis) etc. Tais estudos já foram utilizados para promover o acasalamento de micos-leões-dou-

*Fabício Rodrigues  
dos Santos*

DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA  
GERAL, INSTITUTO  
DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS,  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DE MINAS GERAIS



rados menos aparentados (com menor grau de endogamia) e evitar a extinção dessa espécie brasileira. A diferença dos estudos em humanos e outros animais é que sobre os primeiros muito se conhece da seqüência de DNA em suas células. Quanto mais se conhece o genoma (o mapeamento completo de DNA de uma espécie), é possível utilizar ferramentas mais adequadas para estudos desse tipo: seqüências de DNA, mutações pontuais (alterações em bases únicas no DNA), seqüências repetitivas (micro e minissatélites) etc.

Quando não se conhece o genoma, empregam-se técnicas menos precisas, como o DNA *fingerprinting* ou RAPD (DNA polimórfico amplificado aleatoriamente), que produzem uma impressão digital capaz de diferenciar indivíduos de uma mesma espécie e também populações. Vários métodos estão sendo desenvolvidos atualmente para tentar melhorar as ferramentas de discriminação de animais de distintas espécies.

No nosso laboratório iniciamos um banco de DNA de espécies animais no fim de 1999 (ver <http://www.icb.ufmg.br/~lbem/ddb>). Com ele, pretendemos obter uma coleção representativa de espécies de nossa fauna nativa na forma de DNA, para promover o estudo em detalhe desses genomas e desenvolver ferramentas para detecção de variabilidade genética. Isso está sendo feito em colaboração com vários laboratórios e instituições de Minas Gerais (incluindo o Ibama), usando-se sobretudo material de animais mortos.

Conhecendo-se as ferramentas adequadas para cada espécie nativa do Brasil podemos propor estratégias de conservação e preservar nossa biodiversidade com o auxílio da genética molecular.

[CH 164 - setembro/2000]



33

2. BIOLOGIA MOLECULAR,  
GENÉTICA E EVOLUÇÃO

---

### *Sabendo-se que leão e tigre podem cruzar, semelhante caso pode ter ocorrido entre Homo sapiens e Homo neanderthalensis gerando descendentes férteis?*

*Walter Neves*

DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA,  
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS,  
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Sim. Muitas vezes, criaturas que apresentam uma morfologia muito diferente e que foram descritas originalmente como espécies distintas mostram-se capazes de cruzar e de deixar descendentes férteis.

Aliás, isso é muito mais comum na natureza do que mostram os livros de evolução. Esse fenômeno ocorre porque nem sempre os sistemas de reconhecimento de parceiros para acasalamento são afetados pela morfologia geral do corpo. O isolamento reprodutivo só ocorre quando os sistemas de reconhecimento de parceiros são modificados e muitas vezes esses sistemas são mediados por comportamento ou por estímulos químicos muito sutis.

Existem espécies de moscas drosófilas, por exemplo, que externamente se mostram idênticas, mas que não acasalam simplesmente porque houve uma diferenciação no sistema de reconhecimento de parceiros, isolando-as geneticamente.



[CH 202 – março/2004]

### *Dúvida sobre especiação*

Na CH nº 202, de março, encontrei na seção ‘O leitor pergunta’ o seguinte trecho de resposta elaborada por Walter Neves para uma pergunta sobre a fertilidade em híbridos: “O isolamento reprodutivo só ocorre quando os sistemas de reconhecimento de parceiros são modificados e muitas vezes esses sistemas são mediados por comportamentos ou estímulos químicos muito sutis.” Como sou professor de biologia no ensino médio, estranhei a resposta, que poderia dar a entender (...) que apenas existiriam mecanismos de isolamento reprodutivo que fossem comportamentais (etológicos). Como o autor da resposta não cita outros tipos de isolamento reprodutivo pré-copulatórios possíveis (isolamento estacional, de habitat, mecânicos) e nem pós-copulatórios (mortalidade de gametas, do zigoto, inviabilidade do híbrido e esterilidade do híbrido), o leitor poderia ter uma visão incompleta sobre o assunto.

Walter Neves, autor do texto citado, responde: “Muito oportuna a observação (...). Sempre que temos muita limitação de espaço, as respostas são incompletas,



claudicantes. Ao se referir a outros mecanismos de isolamento reprodutivo (pré-copulatórios e pós-copulatórios), o professor Eduardo está absolutamente certo, desde que se levem em consideração outros modelos de especiação que não o de 'espécie por reconhecimento', proposto por Hugh Paterson em 1985, uma revolução em relação ao modelo antes predominante, de 'espécie por isolamento', proposto (...) desde os anos 30 por Ernst Mayr e Theodosius Dobzhansky (1900-1975) e repleto de contradições lógicas.

O modelo tradicional (...) diz que o grosso do isolamento reprodutivo é fixado quando as populações 'irmãs' são instadas à alopatria [separação física], muito provavelmente por fatores geográficos. Alguns autores (...) começaram a identificar uma grande inconsistência lógica nesse modelo: como a seleção poderia fixar 'isolamento reprodutivo' entre dois conjuntos separados (as duas populações irmãs), se não estão em contato? Mayr e Dobzhansky deram respostas distintas. Para Mayr,

(...) os mecanismos de isolamento fixados seriam apenas subprodutos da seleção agindo sobre outros setores da vida do organismo. Para Dobzhansky, o isolamento reprodutivo propriamente dito só seria fixado quando as populações irmãs, antes em alopatria, são postas de novo em simpatria, através de um fenômeno que chamou de 'reforço secundário' (...). O trabalho de Paterson (...) restaurou a qualidade lógica nesse contexto. Para ele, o que a seleção fixa quando as duas populações irmãs estão em alopatria são mecanismos distintos de reconhecimento de parceiros específicos em cada uma e não 'isolamento reprodutivo' de uma em relação à outra. Pode parecer uma diferença apenas semântica, mas não é! Como muito bem enfatizou Paterson em seu artigo, seleção natural age sobre 'reprodução' e não sobre 'não-reprodução'. É o fato de a seleção aperfeiçoar a cada dia mais o reconhecimento de parceiros em cada uma das populações irmãs em alopatria que leva ao isolamento reprodutivo entre elas. No modelo tradicional, portanto, 'isolamento' é o fulcro do processo, enquanto no modelo de Paterson 'isolamento' é apenas subproduto do processo. (...)"

*[Resposta à Carta de leitor publicada em CH 206 – julho/2004]*

## *Por que não existem olhos de outras cores, além dos clássicos azul, castanho e verde?*

Basicamente as cores que observamos nos olhos humanos são aquelas resultantes da proporção do pigmento melanina na íris. Assim, há casos nos quais a cor está bem definida, como, por exemplo, olhos castanhos, azuis e verdes. Essas situações representam proporções definidas de melanina. Mas há também cores intermediárias que refletem uma série de matizes derivados dessas cores, como, por exemplo, olhos cinzentos, violetas, castanhos claros etc. Há ainda a ausência de pigmento, característica de albinos, o que gera uma cor avermelhada, resultante da visualização dos vasos sanguíneos.

Inicialmente, julgava-se que a cor dos olhos era determinada por apenas um par de genes. Algumas situações de herança de cor dos olhos podiam ser explicadas a partir da genética mendeliana clássica, assumindo que só estava em jogo um par de genes e que a cor marrom era dominante sobre a azul e a verde. No entanto, logo ficou claro que era necessário postular a participação de mais genes. Isso confirmou-se e hoje sabemos que existem pelo menos três genes que controlam a cor da íris. Esses genes localizam-se nos cromossomos 15 e 19. Naturalmente, o estudo da herança com três pares de genes, levando em conta ainda dominância e recessividade, passa a ser muito mais complexo do que a herança monogênica.

Apesar de sabermos que três pares de genes controlam a cor, existem situações em que não é possível explicar, por exemplo, como um casal de olhos azuis gera uma criança com olhos castanhos (excetuando-se, é claro, casos de infidelidade). Assim, é inteiramente provável que mais genes controladores da cor dos olhos sejam descobertos em breve. Finalmente, não observamos todas as cores do arco-íris nos olhos porque as várias proporções de melanina somente conseguem cobrir uma faixa do espectro da luz visível.

*Franklin D. Rumjanek*

DEPARTAMENTO DE BIOQUÍMICA  
MÉDICA, UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

[CH 206 – julho/2004]





## O CORPO COMO UM TODO

Controle da temperatura, fatores que definem a estatura humana, morte celular, envelhecimento, controle da dor, absorção de alimentos, regulação do sono, percepção de cores... Reunimos nessa seção do volume exemplos de alguns dos muitos mecanismos de funcionamento do organismo humano que, gradativamente, vêm sendo esmiuçados nas pesquisas realizadas na interface biologia-medicina.

Acreditamos que vários desses temas representam dúvidas e indagações freqüentes nas aulas de biologia e que os textos aqui apresentados possam ser úteis na abordagem dessas questões. O fundamental, no entanto, é que sirvam para despertar o interesse dos alunos e os motivem para a aprendizagem de conceitos-chave em biologia, principalmente aqueles relacionados à biologia geral, como a citologia, e imprescindíveis para a compreensão dos mecanismos fisiológicos que garantem o funcionamento pleno do corpo humano.

Entre as várias temáticas selecionadas para compor essa seção do volume, todas relativas aos mecanismos de funcionamento do corpo humano, consideramos especial a que procura desvendar os mecanismos de funcionamento do cérebro humano. Por isso, fizemos questão de incluir nessa seção textos relativos às neurociências.

Nas últimas décadas, o esforço de pesquisa empreendido por equipes de neurocientistas em todo o mundo tem gerado grandes avanços, sobretudo no que diz respeito a uma melhor compreensão dos mecanismos cerebrais. Parte desses novos conhecimentos das neurociências tem também se refletido diretamente na qualidade de vida das pessoas, com

# 3

## CORPO HUMANO

37

3. CORPO HUMANO

o desenvolvimento, por exemplo, de novos medicamentos para tratamento de distúrbios neurológicos, como a depressão e a ansiedade.

Além disso, ao demonstrar como mecanismos cerebrais interferem diretamente nos demais mecanismos de controle e funcionamento do corpo, como por exemplo, nas estratégias de defesa do organismo, os conhecimentos obtidos recentemente reforçam a idéia de que o ensino de biologia também deve mudar, superando a maneira fragmentada de apresentar o corpo humano através de seus “retalhos”, parte por parte, sistema por sistema, órgão por órgão.

A visão que se propõe atualmente para o ensino de biologia incorpora novos conhecimentos não apenas das neurociências, mas também de outras disciplinas, e preconiza a abordagem do organismo humano como uma totalidade, fruto da interação de todos os seus componentes, em seus vários níveis de organização.

O desafio que se coloca para o professor, na abordagem dos temas aqui apresentados relativos ao organismo humano, é, portanto, superar a visão fragmentária (imposta pelas próprias disciplinas científicas e pela tradicional organização do ensino) e abordar o corpo humano como um todo integrado, em que pesem muito mais as idéias de interdependência, de complexidade e de equilíbrio dinâmico, justamente aquelas consideradas fundamentais para uma correta compreensão do fenômeno vida.



## Como e por que a temperatura do corpo se altera?

*Danusa Dias Soares*

LABORATÓRIO DE FISIOLOGIA  
DO EXERCÍCIO  
DA UNIVERSIDADE FEDERAL  
DE MINAS GERAIS

Como os invertebrados não podem regular sua temperatura corporal, eles estão à mercê do ambiente em que vivem. Mas os vertebrados desenvolveram mecanismos para manter sua temperatura corporal relativamente

constante, por meio de ajustes entre produção e perda de calor.

Nos animais pecilotérmicos (de sangue frio), esses mecanismos de ajuste da temperatura corporal são rudimentares, e sua temperatura corporal varia dentro de limites consideráveis. Nos mamíferos e aves, animais homeotérmicos (de sangue quente), a temperatura corporal mantém-se relativamente constante, apesar de amplas variações na temperatura ambiente. Nos animais homeotérmicos, a temperatura normal varia de espécie para espécie e, em menor grau, de indivíduo para indivíduo.

No homem, a temperatura corporal normal é de cerca de 37°C, com variações individuais de cerca de  $\pm 0,5^\circ\text{C}$  e com variações ao longo do dia de 0,5 a 0,7°C. O funcionamento normal do nosso organismo depende de uma temperatura corporal constante, pois a velocidade das reações químicas e a atividade das enzimas envolvidas no metabolismo, além de variar com a temperatura, possuem uma função ótima dentro de limites estreitos de variação da temperatura.

No nosso organismo, o calor é produzido por exercícios musculares, pela assimilação de alimentos e pelos processos metabólicos vitais.

É perdido pela radiação, pela condução, pela convecção e pela evaporação da água através da pele e das vias respiratórias. O equilíbrio entre produção e eliminação de calor é que determina a temperatura corporal.

No homem, o hipotálamo, localizado no cérebro, é responsável pela regulação térmica, sendo por isso denominado termostato humano. Está ajustado para  $37,0 \pm 1,0^\circ\text{C}$ . Variações na temperatura corporal dentro dessa faixa desencadeiam respostas reflexas de conservação (tremor e vasoconstrição periférica) ou dissipação (sudorese e vasodilatação periférica) de calor.



A febre, um dos mais conhecidos sinais de doença, ocorre não só nos mamíferos, mas também em aves, peixes, répteis e anfíbios. No caso dos animais homeotérmicos, os mecanismos de regulação da temperatura comportam-se como se tivessem sido ajustados para manter a temperatura corporal em níveis mais elevados que o normal, isto é, como se o “termostato” tivesse sido reajustado para um ponto acima de 37°C. Sendo assim, os receptores de temperatura indicam que a temperatura corporal está abaixo do novo ponto de ajuste, desencadeando a ativação dos mecanismos de produção de calor pelo hipotálamo. [CH 132 – outubro/1997]

### *Por que quando uma pessoa de pele clara se expõe muito tempo ao Sol fica com a pele avermelhada?*

As pessoas de pele clara reagem com maior intensidade a menores doses de radiação ultravioleta em comparação com as de pele escura, por isso ficam com a pele vermelha com mais facilidade. Característico da queimadura solar, o aspecto avermelhado decorre de reação inflamatória aguda devido à vasodilatação e permeação através desses vasos de células leucocitárias. A principal radiação responsável pela queimadura solar é ultravioleta B (UVB), que tem ação restrita à epiderme e promove lesão de células epiteliais, com liberação de prostaglandinas (substâncias vasodilatadoras). Na queimadura solar, além do eritema (vermelhidão), há também edema (inchaço) e ardor local. Nos casos de intensa exposição ao Sol podem surgir bolhas. De modo geral, o eritema surge entre duas e oito horas após exposição intensa e atinge seu ponto máximo em 24 horas, regredindo em seguida.

A radiação ultravioleta A (UVA) atravessa a epiderme e, na derme, vai atuar promovendo vasodilatação e eritema. É a radiação responsável pela

*André Luiz Vergnanini*

SERVIÇO DE DERMATOLOGIA,  
UNIVERSIDADE ESTADUAL  
DE CAMPINAS





pigmentação tardia, ou seja, pelo escurecimento da pele. Também promove degeneração do colágeno, sendo responsável pelo envelhecimento cutâneo. Cabine de bronzeamento tem radiação UVA, que não deixa a pele vermelha, mas causa câncer e envelhecimento. O escurecimento cutâneo é uma característica genética, ou seja, quem tem pele clara nunca conseguirá escurecer. O risco de câncer de pele é 20 vezes maior para os indivíduos de pele clara em relação às pessoas de pele negra. A radiação ultravioleta promove nas células epidérmicas quebra das cadeias do DNA, que são reparadas por mecanismos enzimáticos. Todas as vezes em que nos expomos à radiação solar estamos provocando danos no DNA. Quando isso ocorre de forma crônica, a partir de certo momento a reparação se dá de maneira imperfeita, favorecendo o aparecimento de tumores. O efeito cumulativo da exposição solar promove, após alguns anos, o aparecimento de lesões degenerativas da pele.

A exposição exagerada à radiação solar também causa diminuição da resposta imunológica, aumentando a suscetibilidade às infecções. A exposição solar é prejudicial em qualquer horário do dia. Das 10h às 16h, a incidência de UVB é maior (causa vermelhidão na pele e câncer); já a radiação UVA está presente durante todo o dia (causa envelhecimento cutâneo e câncer). [CH 197 – setembro/2003]

### *Faz mal praticar exercícios em piscina de água quente?*

*Luiz Oswaldo  
Carneiro Rodrigues*  
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA,  
FISIOTERAPIA E TERAPIA  
OCUPACIONAL, UNIVERSIDADE  
FEDERAL DE MINAS GERAIS

Os exercícios físicos produzem calor como resultado do consumo de energia que a atividade requer, e esse calor pode ser armazenado no corpo ou dissipado no ambiente.

Um 'termostato' cerebral controla a temperatura ideal do organismo a cada momento: se o corpo está esfriando, ele age para armazenar calor internamente; se há sinais de que a temperatura corporal está aumentando, procura dissipar calor no ambiente. No ser humano, o armazenamento de calor acontece por meio da redução do fluxo de sangue para a superfície (palidez da pele) e da



produção de calor através do tremor. Para dissipar calor, o “termostato” manda mais sangue para a pele e produz suor, que, se evaporado, retira calor da pele e resfria o sangue que está passando por ela.

Quanto mais a temperatura da água de uma piscina se aproximar da temperatura da pele (aproximadamente 32°C), mais agradável será permanecer nela em repouso. No entanto, quanto mais aquecida for a água, menor a capacidade do organismo de dissipar o calor produzido durante os exercícios, pois haverá menos troca por convecção e não haverá evaporação do suor. É como realizar exercícios no ambiente quente e úmido de uma floresta tropical. O acúmulo de calor interno resulta na aceleração dos batimentos cardíacos e em sintomas como ton-

tura, mal-estar e desmaio, devidos à queda da pressão arterial, casada pelo desvio de parte do sangue para a pele. Assim, para evitar esses efeitos indesejáveis, quanto maior o gasto de energia da atividade física, menor deve ser o aquecimento da piscina.

[CH 199 – novembro/2003]

### *Até que idade uma pessoa normal pode crescer?*

Muitos acreditam que os jovens crescem até 18 ou 21 anos, associando crescimento em altura à maioridade legal. Entretanto, não é a idade cronológica que indica se a pessoa crescerá mais ou não. O crescimento ocorrerá enquanto os ossos apresentarem cartilagens de crescimento não calcificadas, independentemente da idade. O amadurecimento e a calcificação das cartilagens de crescimento dependem principalmente da puberdade.

Um jovem em estágio mais avançado da puberdade estará com as cartilagens de crescimento mais calcificadas e, portanto, mais próximo de parar de crescer do que outro que estiver no início da puberdade. Assim, uma menina de 10 anos com os pêlos pubianos e as mamas desenvolvidos e que já tenha apresentado

*Margaret C. S.  
Boguszewski*

DEPARTAMENTO DE PEDIATRIA,  
FACULDADE DE MEDICINA,  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO PARANÁ



a primeira menstruação deverá parar de crescer antes que outra de 12 anos que esteja apenas entrando na puberdade.

A melhor maneira de verificar o grau de amadurecimento dos ossos e o tempo que o jovem ainda terá para crescer é submetê-lo a uma radiografia das mãos e dos punhos para avaliar a idade óssea. Nos meninos, a calcificação completa das cartilagens de crescimento se dá quando a idade óssea está ao redor dos 17 anos. Nas meninas, quando a idade óssea está em torno de 15 anos. A idade cronológica e a idade óssea podem coincidir em algumas pessoas, mas na maioria das vezes não são concordantes. O mais seguro, portanto, é fazer a radiografia e avaliar o potencial de crescimento.

[CH 202 – março/2004]



### *O hormônio do crescimento faz realmente com que uma pessoa adulta atinja uma estatura superior?*

*José Egídio Paulo de Oliveira*

DEPARTAMENTO  
DE CLÍNICA MÉDICA,  
FACULDADE DE MEDICINA,  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO DE JANEIRO

Todos nós herdamos informações genéticas de nossos pais, que indicam um potencial final de crescimento. Para atingirmos esse potencial é necessário um somatório de fatores orgânicos e biológicos com os fatores ambientais. Entre esses fatores, poderíamos citar os hormônios do crescimento, da tireóide e sexuais, alimentação adequada, atividade física, estímulos psicológicos e emocionais e ausência de enfermidades como sendo os mais relevantes. Quando todos esses aspectos positivos estão presentes no cenário, na intensidade e hora desejadas, o crescimento e desenvolvimento ocorrem normalmente.

O hormônio do crescimento é uma peça fundamental no desenvolvimento da estatura humana. Portanto, sua falta absoluta ou relativa vai influenciar negativamente esse aspecto. O uso terapêutico do hormônio pode corrigir essa falha, quando aplicado no tempo certo e nas doses corretas.

Com o desenvolvimento da puberdade em ambos os sexos e a elevação dos hormônios sexuais, tem início uma fase de crescimento mais rápida. Com o passar do tempo, a velocidade de crescimento é gradativamente reduzida, até parar por completo. Portanto, para uma criança que tenha deficiência do hormônio do crescimento, o uso terapêutico deve ser iniciado antes da puberdade, ainda na fase de atraso no desenvolvimento ósseo, para que se possa obter o melhor benefício do tratamento. Na fase final da puberdade, com fechamento das epífises ósseas indicando cessação no crescimento, o custo-benefício do tratamento torna-se quase nulo. Na vida adulta, não existe indicação do hormônio com finalidade específica de proporcionar crescimento.

A necessidade de administração do hormônio do crescimento é determinada pelo endocrinologista após uma avaliação clínica detalhada, para verificar se existe alguma deficiência nutricional, hormonal ou por qualquer outra causa que justifique o tratamento. Ele é feito com aplicações subcutâneas do hormônio do crescimento, de seis a sete vezes por semana, em geral à noite, antes de dormir.

[CH 184 – julho/2002]

---

### *A morte é inevitável para todos os seres vivos ou existem alguns que não passam pelo ciclo de envelhecimento e morte?*

A morte faz parte do ciclo da vida, assim como o envelhecimento. As estruturas e funções de um organismo, logo após o nascimento, mostram-se freqüentemente em um estado que não é aquele que será exibido quando o indivíduo atingir a maturidade. O processo de maturação de alguns sistemas, como o sistema nervoso por exemplo, é bastante lento em algumas espécies. Os mecanismos da maturação são bastante complexos e alguns não são bem conhecidos.

*Mirian David Marques*  
MUSEU DE ZOOLOGIA,  
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Portanto, é difícil estabelecer com clareza critérios que permitam identificar o final da maturação e o início do processo de envelhecimento. Na verdade, trata-



se de um desenvolvimento contínuo que atinge um patamar, a que costumamos denominar “vida adulta”, e a partir dele inicia-se o envelhecimento. É importante notar que os diversos sistemas orgânicos – digestivo, respiratório, circulatório etc. – apresentam diferentes estágios de desempenho ao longo desse processo, e podem mostrar sinais de maturação e/ou envelhecimento em momentos diferentes quando comparados entre si.

Existem espécies de organismos menos diferenciados, como unicelulares e esponjas, por exemplo, que podem reproduzir-se por divisão simples de um único indivíduo, ou então, por brotamento de partes do corpo de um indivíduo inicial. Nesses casos, pode-se considerar que não há morte do indivíduo original, porque é seu próprio corpo que se divide e dá origem a outros indivíduos, precisamente iguais a ele.

[CH 185 – agosto/2002]



45

## *O que é a dor? Como ela acontece e o que se pode fazer para aliviá-la?*

*Carlos Telles*

FACULDADE DE CIÊNCIAS  
MÉDICAS, UNIVERSIDADE  
DO ESTADO  
DO RIO DE JANEIRO

A dor é um fenômeno subjetivo caracterizado por reações individuais. Aspectos psíquicos, físicos e sociais – como sexo e nacionalidade, por exemplo – determinam a intensidade dessas reações que dependem, essencialmente, das memórias que cada indivíduo tem a respeito da dor em sua vida. Por isso, as respostas aos estímulos dolorosos são tão particulares e variáveis.

A dor ocorre toda vez que um agente físico atinge algum segmento do nosso organismo, provocando uma lesão que pode variar de insignificante a definitiva, dependendo de sua intensidade. Tal lesão é capaz de excitar determinados grupos de células que, por sua vez, levam o estímulo ao cérebro, provocando uma imediata sensação desagradável – a dor – e reações nos tecidos, como vasodilatação ou vasoconstrição, taquicardia e elevação da pressão arterial.

Para diminuir esses efeitos, existem técnicas que bloqueiam a viagem dos estímulos dolorosos até o cérebro. Tais técnicas podem ser divididas em químicas (medicamentos que bloqueiam os receptores cerebrais da dor, como analgésicos de modo geral), mecânicas (cirurgias que visam a interromper a via de condução da dor e consistem na seção ou cauterização de centros nervosos específicos, assim como na estimulação de outros centros capazes de liberar na corrente sanguínea neuro-hormônios ou endorfinas, que funcionam como analgésicos naturais) e físicas (utilização de calor ou frio, como na fisioterapia).

[CH 182 - maio/2002]



46

3. CORPO HUMANO

### *Como age a aspirina? A substância é totalmente eliminada ou parte dela permanece no organismo?*

O ácido acetilsalicílico (AAS) ou aspirina é o protótipo de um grande grupo de medicamentos com propriedades analgésica, antipirética e antiinflamatória. Esses efeitos decorrem da inibição da enzima ciclo-oxigenase dos ácidos graxos (COX), responsável pelo início da síntese de prostaglandinas (PGs), tromboxanas (TXAs) e prostaciclina (PGI<sub>2</sub>), que podem ser produzidas praticamente por qualquer célula do nosso organismo. As PGs são responsáveis pelo aumento do fluxo sanguíneo e vermelhidão e pela sensibilização à dor das terminações nervosas sensitivas em locais inflamados (hiperalgesia). Além disso, sua produção no hipotálamo determina a elevação da temperatura corporal. Assim, o AAS, ao inibir a síntese de PGs, reduz a vermelhidão e o edema no local inflamado, abole a hiperalgesia e reduz a temperatura ao normal. Dor de dente, dor de cabeça e dor lombar são exemplos de hiperalgesia.

*Dalton Luiz  
Ferreira Alves*

DEPARTAMENTO  
DE FARMACOLOGIA,  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DE MINAS GERAIS



Uma característica particular do AAS é a irreversibilidade da inibição da COX. As células intactas recuperam-se graças à sua capacidade de produzir COX de novo. O mesmo não ocorre nas plaquetas ou trombócitos, que são fragmentos de célula, impedindo permanentemente a síntese de TXA até que novas plaquetas sejam produzidas. A formação de coágulos em áreas onde a parede vascular foi lesada depende inicialmente da agregação de plaquetas, que é estimulada pela TXA. A célula da parede vascular produz PGI, que é inibidora da agregação plaquetária ou formação de trombo. Após ingestão de um só comprimido de AAS, todo o salicilato levará cerca de 20 horas para ser eliminado. O efeito antitrombotário persiste, entretanto, até sete dias, porque as células endoteliais que forram a parede vascular se recuperaram com a síntese de nova COX, mas não as plaquetas. [CH 146 – janeiro/fevereiro/1999]

### *Que problemas de saúde a prática de mergulho pode trazer?*

*Flávio Lopes Ferreira*

ESPECIALISTA EM MEDICINA  
HIPERBÁRICA, MERGULHADOR  
DO CENTRO DE AVENTURAS  
(BELO HORIZONTE)

Existem três modalidades de mergulho: amador ou desportivo, técnico e profissional. Este último também é considerado um mergulho técnico e está relacionado a alguma atividade como, por exemplo, a exploração de petróleo. Quanto mais complexo for o tipo de mergulho, maior é o número de exigências para exercê-lo. Os interessados em quaisquer dessas modalidades devem submeter-se a uma avaliação física detalhada e receber treinamento para maximizar a segurança e evitar danos à saúde.

O homem vive sob o peso dos gases da atmosfera. No nível do mar, a pressão é de 760 mmHg ou 1 ATA (atmosfera absoluta). Quando mergulhamos, adicionamos ao peso dos gases o peso d'água sobre nós. Como a água é mais densa que o ar, a cada 10 m de profun-



didade o mergulhador sofre a ação de 1 ATA. Assim, ao mergulhar 20 m, o indivíduo sofre a ação de 3 ATA (20 m = 2 ATA + 1 ATA da atmosfera).

O aumento da pressão ambiental pode provocar lesões chamadas barotraumas, devidas à diferença de pressão entre o meio externo e as cavidades internas do corpo. Como estas não têm comunicação com a parte externa, as pressões não se equilibram e esses espaços podem ser comprimidos, provocando dor e desconforto progressivos. Os barotraumas podem comprometer ouvidos, seios da face, dentes e pulmões.

A diferença de pressão também pode causar paralisia facial ou ainda a síndrome da hiperdistensão pulmonar. Esta decorre da expansão do volume de gases no pulmão, quando há diferença de pressão entre esse órgão e o meio externo. Durante o mergulho autônomo (com utilização de cilindro), o ar que se respira é comprimido. Se o mergulhador prende a respiração e se desloca para uma área menos profunda, o ar se expande exageradamente nos pulmões (por diminuição da pressão externa), podendo causar rompimento dos alvéolos e pneumotórax. Por isso, uma regra básica do mergulho autônomo é respirar continuamente, sem prender a respiração, sobretudo na subida em direção à superfície.

Outra causa de lesão é a chamada doença descompressiva. O regime de pressão alta faz com que o nitrogênio do ar respirado se dissolva nos tecidos. A quantidade absorvida depende da profundidade e do tempo do mergulho, ou seja, quanto maior a profundidade, menor deve ser o tempo de mergulho. Se há nitrogênio em excesso nos tecidos e no sangue circulante, bolhas de nitrogênio se formam por descompressão rápida durante a subida – situação comparável à formação de bolhas quando se abre um refrigerante. Os sintomas podem variar entre formigamento, perda de sensibilidade e dores articulares até paralisia, insuficiência respiratória, inconsciência e choque, que podem levar à morte.

A osteonecrose asséptica e a narcose por nitrogênio são também lesões causadas pela diferença de pressão entre o meio aquático e o corpo do mergulhador. A primeira consiste no entupimento dos vasos que irrigam os ossos devido à



formação de bolhas; a segunda, provocada pelo aumento de nitrogênio no sangue, pode evoluir para crises convulsivas e desmaio, já que, sob pressão, esse gás tem efeito anestésico.

Além dos barotraumas, o mergulhador está exposto também à hipóxia (diminuição da quantidade de oxigênio no sangue) e à hipotermia, que decorre da variação de temperatura (em regiões mais profundas, costuma ser baixa). No ambiente aquático, o indivíduo pode ainda ser vítima de afogamento, de lesões causadas por toxinas e de feridas que comprometem a integridade da pele e dos músculos. Por essas razões, ao mergulhar, nunca devemos nos esquecer de que a água não é o nosso meio natural, além de tomar todas as precauções necessárias.

[CH 189 – dezembro/2002]

### *Qual o tempo médio para absorção dos nutrientes contidos em alimentos como um chá, uma barra de chocolate ou uma fatia de carne?*

*Milton Melciades  
Barbosa Costa*

DEPARTAMENTO DE ANATOMIA,  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO DE JANEIRO

Os alimentos, em geral, inclusive os citados acima, fornecem em proporções variáveis água, eletrólitos, vitaminas, proteínas (aminoácidos, di e tripeptídeos), carboidratos (monossacarídeos – hexoses e pentoses) e lipídios (triglicerídeos – glicerol e ácidos graxos).

O tempo de absorção dos nutrientes varia de acordo com o predomínio de um ou outro na composição da dieta. Existe uma inter-relação entre as diversas absorções, o que torna difícil a definição de um tempo específico para a absorção de cada tipo de nutriente. Mesmo dentro de um mesmo grupo de alimentos, podemos observar diferenças na velocidade



de absorção. No entanto, em quatro ou cinco horas praticamente todo o alimento ingerido terá sido absorvido.

O alimento vai da boca ao estômago em cerca de 10 segundos e, em uma dieta balanceada, passa do estômago para o duodeno (primeira porção do intestino delgado, onde a absorção de nutrientes se processa mais intensamente), em cerca de duas a três horas. Dietas gordurosas tornam mais lento o tempo de passagem do alimento do estômago para o duodeno. Como conseqüência, o tempo necessário para digestão e absorção aumenta. As dietas ricas em carboidratos (chamadas glicídicas) são mais facilmente absorvidas. Alguns elementos, como a água, permanecem sendo absorvidos por todo o tempo, mesmo no intestino grosso, o que explica as fezes duras e ressequidas da constipação crônica.

[CH 175 – setembro/2001]

### *Como a glicose combate ou diminui os efeitos do álcool?*

Apesar de a administração de soro glicosado em pacientes com sinais de alcoolismo nos serviços de emergências ser um procedimento comum, não há pro-

*Adolpho Milech*

FACULDADE DE MEDICINA,  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO DE JANEIRO

vas de que a glicose acelere diretamente a metabolização do álcool. Mas há alguns efeitos que podem ser considerados benéficos. Em pacientes com alimentação precária ou doença hepática, por exemplo, o álcool acentua o bloqueio da gliconeogênese (a produção de glicose pelo fígado), provocando uma redução do “açúcar” no sangue (hipoglicemia), que pode ser revertida pela administração da glicose. Por outro lado, o líquido administrado por via venosa junto com a glicose pode melhorar o estado de desidratação do indivíduo, facilitando a eliminação do álcool.



[CH 197 – setembro/2003]



## *É verdade que as pessoas nascem com um estoque determinado de insulina e que, esgotado esse estoque, ela só pode ser reposta artificialmente?*

*Enio Cardillo Vieira*

DEPARTAMENTO  
DE BIOQUÍMICA  
E IMUNOLOGIA,  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DE MINAS GERAIS

Recentemente, a Associação Norte-americana de Diabetes (ADA) publicou um documento sobre diagnóstico e classificação do *diabetes mellitus* [Report of the Expert Committee on the Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus. *Diabetes Care*, 23 (Supl. 1): S4-S23, 2000] e não faz qualquer menção a respeito da questão apontada pelo leitor. Em um indivíduo sadio, a insulina é produzida continuamente durante toda a vida, pelas células beta das ilhotas de Langerhans. No diabetes tipo 1, ocorre uma destruição das células beta, o que torna o paciente dependente de insulina por toda a vida. No diabetes tipo 2, que surge mais comumente na maturidade, a insulina é produzida mas o organismo oferece resistência a ela.

Nesse caso, o tratamento consiste na redução do peso corporal (se o indivíduo for obeso) e, quando necessário, no uso de um hipoglicemiante oral. Se essas condutas não forem eficazes, recorre-se à insulinoterapia. [CH 188 – novembro/2002]

51

3. CORPO HUMANO

## *Como é feita a produção industrial de insulina?*

*Luciano Vilela*

DEPARTAMENTO DE PESQUISA  
E DESENVOLVIMENTO  
DA BIOQUÍMICA DO BRASIL  
(BIOBRÁS)

A insulina, hormônio produzido pelas células beta do pâncreas e medicamento essencial ao tratamento da diabetes, pode ser produzida industrialmente de várias maneiras. A partir de pâncreas de mamíferos, em geral boi e porco, ou a partir de microrganismos (bactérias ou leveduras) modificados por engenharia genética.

O pâncreas congelado é moído e adicionado a uma solução alcoólica para extração da insulina. Depois de várias etapas de filtração e evaporação do álcool, a insulina é precipitada pela adição de sal à solução final. Após cristalização, é trans-

formada em insulina humana por meio de uma reação catalisada por enzimas. Em seguida, é purificada em colunas cromatográficas para eliminar proteínas contaminantes. Altamente purificada, a insulina é então cristalizada na presença de zinco.

Quando se usam bactérias ou leveduras modificadas por engenharia genética, um precursor da insulina é obtido inicialmente na fase de fermentação. Essa proteína precursora é coletada por filtração, quando se usa levedura, ou através do rompimento das bactérias seguido de centrifugação e filtração. Uma vez obtido, esse precursor sofre diferentes reações químicas e enzimáticas para sua transformação em insulina. Também nesse caso a insulina passa por várias cromatografias visando à obtenção de um produto altamente purificado para cristalização na presença de zinco.

Independente da origem – células de mamíferos ou de microrganismos –, os cristais de insulina são dissolvidos para a preparação de remédios de ação rápida ou cristalizados para ter ação lenta, atendendo às diferentes necessidades dos pacientes diabéticos.

[CH 132 – outubro/1997]

### *A vitamina C de fato evita gripes e resfriados?*

Centenas de artigos científicos foram publicados, nos últimos 20 anos, sobre esse assunto. Acredita-se hoje, com base em estudos consistentes, que o uso preventivo de vitamina C – ou ácido ascórbico – não tem efeito

*Antonio Zuliani*

DEPARTAMENTO DE PEDIATRIA,  
FACULDADE DE MEDICINA  
DE BOTUCATU, UNIVERSIDADE  
ESTADUAL PAULISTA

significativo na redução da incidência de resfriado e gripe. Em algumas pesquisas, o percentual de indivíduos doentes diminuiu, de forma discreta, mas não se pode afirmar se isso ocorreu por um efeito biológico da vitamina ou se é apenas um desvio estatístico.

Estudos *in vitro*, porém, revelam que essa vitamina favo-





rece a resposta imunológica celular, em especial acelerando a proliferação dos leucócitos (glóbulos brancos) polimorfonucleares e potencializando a ação dos linfócitos T e das células natural killer (outros tipos de leucócitos). Estudos clínicos em indivíduos sadios e doentes são poucos e em geral sem os controles adequados. Não existe ainda qualquer comprovação experimental da hipótese de que doses elevadas de vitamina C tornariam as pessoas menos suscetíveis a infecções – essa suplementação tem pouco efeito sobre a concentração de anticorpos no sangue. Essa vitamina, porém, tem reconhecidos efeitos antioxidantes, ajudando a eliminar os chamados “radicais livres” (radicais químicos muito reativos, que podem causar danos a células e tecidos do corpo).

Quanto ao uso terapêutico da vitamina C, sua ingestão regular não é necessária para o alívio do resfriado comum. Ao contrário, alguns especialistas afirmam que o excesso dessa vitamina poderia ter efeitos colaterais tóxicos. Ela é um nutriente essencial, não sintetizado pelo organismo humano, e por isso deve ser ingerida diariamente, para a manutenção de um estoque corporal. No entanto, já está presente em diversos alimentos, como verduras, frutas cítricas e tomate, e uma dieta bem balanceada é suficiente para suprir as necessidades nutricionais.

[CH 187 – outubro/2002]

### *Quais os males da vitamina C em excesso?*

*Mauro Antonio Griggio*

ESCOLA PAULISTA  
DE MEDICINA,  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DE SÃO PAULO

A vitamina C é considerada uma das substâncias mais seguras da farmacopéia. No entanto, seu uso em altas doses por tempo prolongado pode levar à formação de cálculos renais, devido ao acúmulo de um de seus derivados, o ácido oxálico. Outra contra-indicação do uso prolongado de altas doses é o aumento da absorção de ferro pelo intestino, levando a uma intoxicação por excesso desse elemento. Doses elevadas (2g ao dia) apenas com fim terapêutico, ou seja, por alguns dias, normalmente não ocasionam problemas.

[CH 154 – outubro/1999]



## *O estresse pode causar reações alérgicas na pele?*

Os distúrbios emocionais funcionam como importantes fatores que agravam ou desencadeiam doenças alérgicas. No entanto, muito raramente eles são a causa do problema. Nas alergias respiratórias como rinite e asma,

*Fábio Castro*

SERVIÇO DE ALERGIA  
E IMUNOLOGIA,  
FACULDADE DE MEDICINA,  
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

por exemplo, podemos observar claramente o início das crises ou o agravamento dos sintomas após situações de estresse, ansiedade ou emoções fortes. Isso também é comum nas urticárias, quando se estabelece um círculo vicioso: o fator emocional desencadeia o prurido e este leva ao estresse e à ansiedade. Por outro lado, situações de estresse intenso, como a morte de um parente querido, podem levar a uma depressão imunológica significativa e, conseqüentemente, ao aparecimento da doença.

[CH 196 – agosto/2003]

## *Como o aspecto emocional de uma pessoa influencia no desencadeamento do câncer?*

Hoje conhecemos muito mais sobre as interações neuroimunoendócrinas, ou seja, as relações entre o sistema nervoso (que, entre outras funções, processa as emoções); o sistema imune (que nos protege contra infecções e contra o aparecimento de células cancerosas) e o sistema endócrino (que através da produção de hormônios integra e regula as atividades do nosso corpo).

Entre as células do sistema imune existe um tipo conhecido como NK (Natural Killer), capazes de destruir sem imunização (vacinação prévia) microrganismos

*Vivian Rumjanek*

DEPARTAMENTO  
DE BIOQUÍMICA MÉDICA,  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS  
BIOMÉDICAS,  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO DE JANEIRO



intracelulares, células tumorais e infectadas por vírus. A célula NK não age efetivamente contra uma grande massa tumoral, mas é capaz de destruir células isoladas. Por isso, é fundamental impedir a proliferação inicial do tumor para limitar o surgimento de metástases (tumor secundário, disseminado a distância por meio de células tumorais que caem na circulação sanguínea).

Hormônios e neurotransmissores, cuja produção é desencadeada por emoções positivas ou negativas, são responsáveis por regular as células NK. Os glicocorticóides, por exemplo, liberados em situações de estresse, podem inibir a atividade das NK, enquanto a endorfina pode aumentar a sua ação. Assim, fortes alterações emocionais podem indiretamente influenciar o desenvolvimento do câncer.

[CH 192 – abril/2003]

## *Que fatores permitem que dois ossos articulados possam se mover sem muito atrito?*

*Eduardo Azzi*

DEPARTAMENTO DE CIRURGIA,  
UNIVERSIDADE GAMA FILHO/RJ

Se não houvesse estrutura articular, a mobilidade do esqueleto seria inviável devido ao desgaste dos ossos e às dores que certamente acompanhariam os movimentos. Nas extremidades dos ossos, existe uma estrutura complexa chamada cartilagem, capaz de permitir o deslizamento das estruturas ósseas. Essa cartilagem, portanto, deve ser preservada, tomando-se cuidados para que ela não sofra agressões, já que ela tem uma capacidade de regeneração muito pequena e até mesmo duvidosa.

Alguns fatores capazes de degenerar a estrutura articular são o excesso de peso corporal e os processos inflamatórios. O excesso de peso faz com que essas estruturas sofram uma pressão excessiva e contínua, levando ao desgaste precoce da estrutura cartilaginosa. Já os processos de dor articular devem ser investigados e tratados rapidamente, evitando que se instale uma inflamação crônica e, portanto, mais agressiva.



Alguns fatores, porém, auxiliam a estrutura articular, proporcionando-lhe estabilidade e evitando o desgaste. No caso dos joelhos, os meniscos atuam como verdadeiros amortecedores, diminuindo o atrito sobre a cartilagem. Outros estabilizadores importantes são os ligamentos, que permitem que a articulação se movimente dentro de um eixo específico, impedindo seu desgaste.

[CH 147 – janeiro/fevereiro/1999]

*Por que o ato de pensar e aprender é tão exaustivo?  
Que energia é essa que gastamos para conseguir formular  
um pensamento ou aprender um conceito?  
Por que nos recuperamos mais depressa de um trabalho  
físico do que de um trabalho intelectual?*

56

3. CORPO HUMANO

O cérebro consome energia para a realização de tarefas, assim como todo o resto do organismo. Essa energia vem da quebra de moléculas, principalmente a glicose. Seja para realizar um ato de pensamento ou um de esforço conceitual, a energia utilizada será proporcional ao número de neurônios (células nervosas) envolvidas no processo.

*Henrique Schützer  
Del Nero*

PSIQUIATRA, COORDENADOR  
DO GRUPO DE CIÊNCIA  
COGNITIVA DO INSTITUTO  
DE ESTUDOS AVANÇADOS  
DA UNIVERSIDADE  
DE SÃO PAULO

Nada indica que aprender requeira mais energia do que subir uma ladeira. No entanto, o trabalho cerebral pode exigir um número muito maior de etapas de processamento neuronal do que a simples execução de um programa muscular já conhecido ou fácil.

Imaginar qualquer relação entre atividade mental e consumo de energia é o mesmo que perguntar se um motorista gasta mais gasolina se estiver dirigindo com prudência e habilidade do que se estiver conduzindo seu carro de maneira desleigante e perigosa. No limite, pode haver uma relação entre dirigir com graça e elegância e consumir menos energia. Da mesma forma, o indivíduo que gasta mais energia para pensar pode estar realizando alguma tarefa acima de sua capacidade ou de dificuldade exagerada.



Não há uma relação importante entre gasto de energia, sensação subjetiva de exaustão (que depende também de outros fatores) e processamento mental – este em oposição ao processamento de planos motores, como os envolvidos em um exercício físico.

É possível que a leitora esteja impressionada com alguma sensação própria, individual, procurando generalizar algo que varia enormemente de caso para caso.

[CH 133 – novembro/1997]

### *É verdade que café com leite diminui o raciocínio?*

*Darcy Roberto Lima*

INSTITUTO DE NEUROLOGIA  
DEOLINDO COUTO,  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO DE JANEIRO

Não. Ao contrário. O café possui 1% a 2% de cafeína, substância que estimula a atividade intelectual, a memória e o raciocínio, melhorando inclusive o aprendizado escolar.

O segredo está na dosagem: esses benefícios podem ser sentidos desde que se tome café com moderação. Entenda-se por moderação três a quatro xícaras ao longo do dia – nunca à noite –, conforme a tabela abaixo. Além da cafeína, o café possui em maior quantidade ácidos clorogênicos, que bloqueiam o desejo de autogratificação proporcionado por opiáceos (drogas à base de ópio) que pode levar à depressão e ao consumo de drogas.

O café pode ser tomado puro ou com leite, o que apenas aumentaria seu valor nutritivo, algo importante para crianças e idosos.

Por isso, seu consumo diário e moderado é um hábito saudável e recomendado para melhorar o raciocínio e o estado emocional das pessoas. Nossas pesquisas, efetuadas durante mais de 10 anos, permitiram estipular dose e horário certos para o consumo de café por adultos e crianças, com organismos saudáveis, conforme o esquema a seguir. É importante lembrar



que cada xícara pequena possui 50 ml de café e que a xícara grande tem 150 ml se cheia e cerca de 100 ml se quase cheia (meia taça).

DOSE IDEAL DE CAFÉ PARA CONSUMO DIÁRIO				
Consumo da café	Início da manhã	Meio da manhã	Início da tarde	Meio da tarde
Até 10 anos	50 ml	50 ml	50 ml	50 ml
10 a 15 anos	100 ml	50 ml	100 ml	100 ml
15 a 20 anos	100 ml	100 ml	100 ml	100 ml
20 a 60 anos	150 ml	150 ml	150 ml	150 ml
Acima de 60 anos	150 ml	100 ml	100 ml	50 ml

[CH 170 – abril/2001]

58

3. CORPO HUMANO

### *Por que temos preferência por certas cores, objetos, comidas, roupas e até pessoas?*

Seja na hora de escolher a comida ou um parceiro para toda a vida, a preferência é provavelmente uma combinação da genética com a experiência de vida de cada um. Variações naturais em genes que determinam a estrutura de receptores no sistema nervoso podem direcionar desde preferências alimentares até o gosto por esportes radicais.

Quem possui, por exemplo, uma variante pouco sensível de um receptor para o gosto doce, encontrado sobretudo em mulheres, costuma ser 'mais chegado' em um docinho, ou seja, precisa comer mais doce para obter a mesma satisfação. As mulheres, aliás, também são menos sensíveis a substâncias amargas. Talvez por isso esse sabor, repulsivo para os outros, para elas é tão sutil que se torna agradável.

Da mesma maneira, receptores naturalmente pouco sensíveis à dopamina, substância que o sistema de re-

*Suzana Herculano-Houzel*

INSTITUTO DE ANATOMIA,  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO DE JANEIRO





compensa do cérebro interpreta como prazer, são encontrados em pessoas que gostam de correr os riscos em esportes radicais. O comportamento de risco provoca a liberação de grandes quantidades de dopamina, e assim os receptores pouco sensíveis ficam finalmente saciados.

Variações genéticas, no entanto, são apenas uma base sobre a qual agem fatores ambientais, como a influência social da família e da cultura. A própria preferência alimentar é influenciada diretamente pelos hábitos alimentares de cada cultura. A escolha dos traços de personalidade em um candidato a parceiro parece ser outro exemplo de influência social, segundo a experiência com os familiares mais próximos.

[CH 189 – dezembro/2002]

### *Quais as conseqüências no ciclo biológico dos seres humanos quando estão sob influência do horário de verão?*

*Luiz Menna-Barreto*

GRUPO MULTIDISCIPLINAR  
DE DESENVOLVIMENTO  
E RITMOS BIOLÓGICOS,  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS  
BIOMÉDICAS,  
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Nós, humanos, estamos ajustados ao ciclo dia/noite de 24 horas como praticamente todos os seres vivos. O horário de verão consiste em uma modificação desse ciclo em dois momentos, na sua implantação (em meados de outubro) e na sua retirada (em meados de fevereiro). Na implantação nos é imposto um dia de 23 horas e na retirada um dia de 25 horas.

Com o conhecimento acumulado principalmente nas últimas décadas e que constitui uma área do conhecimento chamada cronobiologia, sabe-se hoje que o ajuste dos organismos vivos aos ciclos ambientais é feito através de mecanismos conhecidos como 'relógios biológicos'. Nossos relógios biológicos são ajustados a um dia de 24 horas a cada dia, pois se ficarmos isolados dos sinais ambientais (como o dia e a noite) que marcam a passagem do tempo, nosso "dia" estende-se para 25 horas. Essa é uma das razões pelas quais tendemos a dormir e acordar mais tarde nos finais de semana, quando estamos menos presos a horários rígidos como nos outros dias.



Por esse motivo, na retirada do horário de verão, nos ajustamos com relativa facilidade. O mesmo não acontece no início, o tal dia de 23 horas, ao qual temos muito mais dificuldade (e demora) em ajustar nossos relógios biológicos. Por isso, as pessoas tendem a se queixar mais dos efeitos no início do que no final. Essas queixas vão desde alterações no humor até transtornos digestivos, passando por problemas como insônia e sonolência durante o dia. Esses problemas são a expressão do desajuste pelo qual nossos relógios estão passando e, em alguns indivíduos, são bastante persistentes.

[CH 161 – junho/2000]

*Por que os animais sentem sono?  
Dada a evolução dos organismos, não poderiam  
permanecer em vigília 24 horas?*

Nem tudo o que caracteriza os seres vivos reflete necessariamente uma utilidade ou função. Os exemplos da cauda do pavão e do apêndice cecal humano ilustram bem essa afirmativa. Será que nosso sono, o de quase todos os mamíferos ou das aves pode ser considerado um acessório sem “utilidade” do ponto de vista da sobrevivência dos organismos?

*Luiz Menna-Barreto*

GRUPO MULTIDISCIPLINAR  
DE DESENVOLVIMENTO  
E RITMOS BIOLÓGICOS,  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS  
BIOMÉDICAS,  
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Tudo indica que não. Mas se indagarmos sobre a utilidade do sono para quem estuda o assunto, provavelmente a resposta será que não há apenas uma, mas muitas utilidades. Uma delas diz respeito à coincidência entre sono e certas atividades orgânicas, como a secreção de vários hormônios em mamíferos. O sono não é responsável pela produção e liberação desses hormônios, mas sem dúvida as intensifica. Tal constatação caracteriza o papel do sono como facilitador dos processos de produção desses hormônios.

Outra utilidade aparente do sono é sua capacidade de propiciar distintos modos de funcionamento do cérebro durante uma noite, que se manifestam sob a forma de estágios: sono superficial, sono profundo e sono paradoxal. Esses dois últimos apresentam o que se convencionou chamar de ‘efeito rebote’: um indi-



víduo privado de uma noite de sono compensa essa privação na noite seguinte, exibindo preferencialmente os dois estágios. O sono parece estar ligado à capacidade do cérebro de adquirir e resgatar informações, como atestam os experimentos que associam sono e memória. Além de dificultar a aprendizagem, a falta de sono induz modificações importantes no humor das pessoas.



Tais fatos mostram a importância do sono e talvez expliquem sua presença em diversas espécies. Em invertebrados, embora seja discutível chamar o estado de inatividade de sono, a alternância entre atividade e repouso é uma regra. A suposta “inutilidade” do sono não tem, pois, fundamento científico, adequando-se a um tipo de mentalidade que só entende a funcionalidade dos fenômenos biológicos quando esses têm relação imediata de causa e efeito. Por outro lado, permanecer em vigília constante não é compatível com a especialização de animais de hábitos diurno e noturno. Os primeiros seriam presas fáceis de eventuais predadores noturnos. Você já se imaginou fugindo de uma onça na floresta em plena noite escura?

[CH 148 – abril/1999]

## *O que é um aneurisma e como se desenvolve?*

*Michel Frudit*

DEPARTAMENTO  
DE NEUROLOGIA  
E NEUROCIRURGIA,  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DE SÃO PAULO

O aneurisma é a dilatação da parede de uma artéria. Existem diferentes tipos de aneurisma, que podem se desenvolver em diversas artérias ao longo do corpo. Os aneurismas cerebrais são os mais comuns, chegando a atingir 1% da população. Os aneurismas cerebrais com maior ocorrência são os saculares, assim chamados devido à sua forma. Eles se desenvolvem nas paredes de artérias com defeitos congênitos em decorrência do aumento de fluxo sanguíneo ou pressão arterial, entre outros fatores. É comum esses aneurismas se romperem e provocarem hemorragia cerebral. Infelizmente, não há como evitá-los. Existe,

ainda, o aneurisma cerebral chamado dissecante de origem traumática, que ocorre após traumatismos cranianos causados por fatores externos (acidentes) ou pós-operatórios. Esse tipo de aneurisma é bastante perigoso e também acarreta hemorragia com frequência.

O tratamento dos aneurismas cerebrais que podem resultar em hemorragia é a microcirurgia com colocação de um *clip* metálico sobre o aneurisma. Mais recentemente foi criado o tratamento endovascular, que consiste na introdução de um microcateter através da artéria femoral, na região da virilha, até o interior do aneurisma, onde são depositadas microespirais de platina. Mecanicamente, isso obstrui a passagem de sangue no aneurisma e evita a hemorragia.

Outro tipo de aneurisma bastante comum é o que se manifesta na artéria aorta abdominal. Esse costuma ser provocado pela aterosclerose decorrente da elevação do colesterol no sangue, da hipertensão arterial, do tabagismo, do estresse e da vida sedentária, associados a predisposições individuais. [CH 180 – março/2002]

### *Pode um chip substituir uma área lesada no cérebro, exercendo pelo menos parte da função perdida?*

Embora as chances sejam promissoras e entendendo-se cérebro como a parte do sistema nervoso dentro da caixa craniana, a resposta é não, pelo menos por enquanto. Os *chips* vêm exercendo grande impacto na biologia e devem acarretar descobertas importantes tanto para conhecimento do sistema nervoso como para diagnósticos clínicos e reabilitação. Atualmente já existem 'biochips' que permitem identificar alterações e detectar problemas em quantidades ínfimas de uma amostra. Estão em estudo outras possíveis aplicações do *chip*, como substituto em áreas alteradas do sistema nervoso, onde, após implantado, lançaria fármacos ou ativaria outras áreas cerebrais, como no caso do mal de Parkinson, inibindo os desconfortáveis tremores. No sistema nervoso periférico, dispositivos mioelétricos, que aproveitam os impulsos elétricos do

*Maria Inês Nogueira  
e Adhemar Petri*

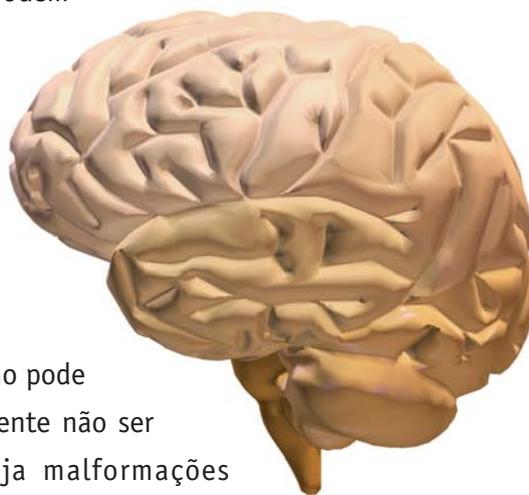
INSTITUTO DE CIÊNCIAS  
BIOMÉDICAS,  
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO



músculo para associá-los a *chips*, estão sendo implantados com sucesso em casos de recuperação dos movimentos de flexão, extensão e rotação da mão.

Grande parte da dificuldade nesse campo vem da complexidade do sistema nervoso. Para funcionar adequadamente, ele requer uma organização estrutural definida, bem como moléculas e íons específicos. O sistema nervoso central compreende o cérebro, o tronco cerebral e a medula espinhal. É a região do corpo onde se processam as informações que vêm do ambiente e do próprio organismo para poder manter o animal – racional ou não – vivo e interagindo com seu meio. Ele é composto por neurônios (células nervosas) e elementos responsáveis pela sua nutrição e sustentação, como as células da glia e os vasos sanguíneos. Os neurônios são ativados pelos estímulos que chegam das diferentes partes do corpo e do ambiente. Esses estímulos são captados, processados e conduzidos de uma parte a outra do neurônio por impulsos elétricos gerados por íons (elementos químicos com carga elétrica positiva ou negativa), principalmente de sódio, potássio, cloro e cálcio. A transmissão de informações de um neurônio para outros neurônios, músculos ou glândulas depende, em geral, de moléculas que o neurônio produz, chamadas neurotransmissores.

A quantidade e o tipo de células envolvidas no desempenho de uma determinada função, como andar, falar, ouvir, ver ou alterar o ritmo respiratório, formam os chamados circuitos neurais. Essa denominação foi adotada em analogia aos sistemas eletroeletrônicos. Vários fatores podem prejudicar o funcionamento de um circuito neural, como um acidente vascular cerebral (AVC ou derrame), um agente infeccioso, um processo tumoral, o acúmulo de líquido no cérebro (hidrocefalia) ou a perda de massa cerebral provocada por traumatismo. Dependendo da extensão e do local da área lesada, o dano pode incapacitar a pessoa atingida ou simplesmente não ser detectado. É possível também que haja malformações



congenitas ou provocadas por desnutrição ou drogas que impliquem a ausência de partes do sistema nervoso ou do circuito ou ainda deficiências na produção de certas substâncias necessárias para a comunicação neural.

Essa complexidade do sistema nervoso tem dificultado as abordagens e o tratamento de disfunções e patologias. Contudo, sua plasticidade (capacidade de reorganizar conexões, dentro de certos limites, para suprir deficiências de determinadas áreas) permite que alguns problemas sejam contornados.

Os procedimentos atuais para recuperar as funções perdidas abrangem desde o uso de medicamentos, que ativam ou inibem o funcionamento de alguns circuitos ou de suas partes; técnicas cirúrgicas para remoção de coágulos, líquido, tumores ou agentes patogênicos; técnicas de regeneração de nervos lesados; implantes de células de outros órgãos (de glândula supra-renal ou células de doadores) até próteses mioelétricas (dispositivos elétricos, eletrônicos ou mistos).

O uso de *chips* no sistema nervoso e em outros campos está em franco desenvolvimento. As possíveis aplicações têm merecido muitas pesquisas e investimento em todo o mundo. No Brasil, universidades paulistas, o governo federal e empresas uniram-se para instalar o LatinOChip, vinculado ao Laboratório de Sistemas Integráveis da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, para produzir os primeiros *chips* da América Latina.

[CH 150 – junho/1999]



## SAÚDE PARA TODOS, EM TODAS AS DIMENSÕES

Os Parâmetros Curriculares Nacionais são taxativos ao considerar a educação para a saúde um desafio a ser assumido em todos os níveis da educação no Brasil, da pré-escola à série terminal do ensino médio. Mas, ao defender a necessidade dessa abordagem, enfatizam, também, a importância de que a saúde seja tratada em suas múltiplas dimensões, individual e social, e de forma articulada.

Da mesma maneira como se propõe que o corpo humano seja estudado destacando-se as relações que estabelecem entre si as suas diferentes partes constituintes (células, tecidos, órgãos ou sistemas) e entre esse todo articulado, que é o corpo, com o ambiente, também se propõe para a saúde uma abordagem abrangente, em que estejam presentes, além dos aspectos relativos à biologia propriamente dita, também, aspectos ambientais, sociais e até mesmo políticos.

A saúde, nessa perspectiva, deixa de ser vista apenas como uma conquista individual, como a manutenção do estado de equilíbrio dinâmico que caracteriza o organismo vivo, e adquire também uma dimensão social, coletiva. Trata-se, sim, de preservar a saúde individual, mas também de agir para o bem comum, para a saúde coletiva e ambiental.

Vista dessa maneira, a questão da saúde envolve, além de conhecimentos essenciais a serem adquiridos, também valores e atitudes a serem desenvolvidos nos alunos para que eles, de fato, possam usufruir uma boa qualidade de vida.

Entre os valores que visam à manutenção da saúde individual, estão, sem dúvida, a valorização à auto-estima dos

4

SAÚDE

65

4. SAÚDE

jovens, o cuidado e o respeito para consigo e o estímulo à sua autonomia pessoal. Da mesma forma que aplicados ao plano individual, esses valores podem ser estendidos à sociedade (saúde coletiva) e ao ambiente (saúde ambiental), ampliando ainda mais a necessidade de se trabalharem esses valores entre os jovens, para que deles possam resultar atitudes em prol de melhores condições de saúde para todos, em todos os níveis.

Por envolver diferentes dimensões, o ideal é que a educação para a saúde seja tratada no âmbito escolar sob o enfoque diferenciado das várias disciplinas. Nesse sentido, a química, a geografia e a história, em especial, podem se tornar importantes interlocutoras da biologia no Ensino Médio, na definição de projetos comuns, em torno de temas relacionados à saúde. Através de projetos comuns, aos alunos poderão refletir sobre, por exemplo, os condicionantes históricos e geopolíticos e as conseqüências sobre a saúde (individual, coletiva e ambiental) de fatores como drogas, radiação, poluição, além de muitos outros.

Não sendo possível a abordagem interdisciplinar, o próprio professor de biologia poderá obter excelentes resultados ao integrar os eixos ecologia-saúde e relacionar a degradação ambiental aos agravos à saúde humana e ao bem estar da população. A seleção de textos a seguir foi pensada para facilitar essa abordagem. Nela estão reunidos temas que relacionam fumo e poluição; pressão social e tipo de alimentação; trabalho e dores; pesticidas e distúrbios no sistema central, entre muitos outros. Em seu conjunto, eles acabam por tecer um panorama da saúde em nosso país.



## *Quais os problemas causados pelo cigarro em nosso organismo?*

*Vera Luiza da Costa*

COORDENADORIA  
DE CONTROLE DO TABAGISMO,  
INSTITUTO NACIONAL  
DO CÂNCER (INCA)

A fumaça do cigarro contém cerca de 4.720 substâncias tóxicas. Entre elas, as principais são: a nicotina, que causa a dependência; o monóxido de carbono, responsável pela redução da oxigenação no organismo; o alcatrão, que inclui cerca de 50 agentes cancerígenos; além de substâncias radioativas (polônio 210 e carbono 14) e metais pesados, como chumbo, níquel e cádmio.

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), o tabagismo pode causar 25 doenças, tais como: câncer de pulmão (e também de boca, laringe, faringe, esôfago, estômago, fígado, rim, bexiga, colo de útero e pâncreas), leucemia, infarto, bronquite crônica, enfisema pulmonar, derrame, aneurismas, úlcera estomacal, impotência sexual, menopausa precoce, infertilidade feminina, catarata e infecções respiratórias.

A gestante fumante corre vários riscos: desde o de sofrer aborto espontâneo aos de ter um bebê com baixo peso, prematuro e até sujeito à morte perinatal (pouco antes ou pouco depois do nascimento). Os fumantes passivos – que respiram a fumaça do cigarro em ambientes fechados – também podem sofrer infarto do miocárdio e câncer de pulmão. As crianças ficam mais sujeitas a infecções respiratórias, o que potencializa crises de asma brônquica e até a morte súbita infantil.

Com a multiplicação das doenças causadas pelo uso do tabaco em todas as suas formas, estima-se que o tabagismo seja responsável anualmente por quatro milhões de mortes no mundo, sendo 80 mil delas no Brasil. O vício do cigarro é um grave problema de saúde pública em nosso país.



## *A fumaça de cigarro é mais nociva à saúde do que os gases lançados pelos veículos automotores?*

A poluição urbana é um sério problema, sobretudo no que diz respeito aos gases emitidos pelos automóveis. Durante a Eco-92, os Estados Unidos não assinaram o protocolo final relativo ao assunto, porque isso implicaria a redução do número de veículos automotores. Mas, segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), um dos maiores poluentes urbanos é o cigarro, já que muitas vezes sua fumaça é liberada em ambiente fechado.

Os alvéolos pulmonares – que permitem a troca de oxigênio e gás carbônico, além de proteger o organismo contra a entrada de substâncias tóxicas – são os que sofrem os maiores danos causados pelos 1.200 tóxicos já isolados do cigarro. Como os alvéolos ficam lesados, o fumante é mais sensível a quaisquer poluentes do que um indivíduo normal. É por isso que o fumante corre maior risco de contrair um câncer, em qualquer parte do corpo, do que um não-fumante.

De acordo com a OMS, 30% dos cânceres são causados pelo cigarro. Normalmente, antes de alcançar os alvéolos, o ar entra pelas fossas nasais, atravessa os seios nasais e desce pela laringe. Mas o fumante ignora tudo isso e aspira a fumaça pela boca. Além de suicida, ele é também incendiário e criminoso. Incendiário porque, ainda segundo a OMS, um terço dos incêndios no mundo são causados por cigarros; criminoso porque envenena o meio ambiente, predispondo indivíduos normais a câncer e afecções respiratórias, entre outros males.

[CH 168 – janeiro/fevereiro/2001]

*Enio Cardillo Vieira*

DEPARTAMENTO  
DE BIOQUÍMICA  
E IMUNOLOGIA,  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DE MINAS GERAIS





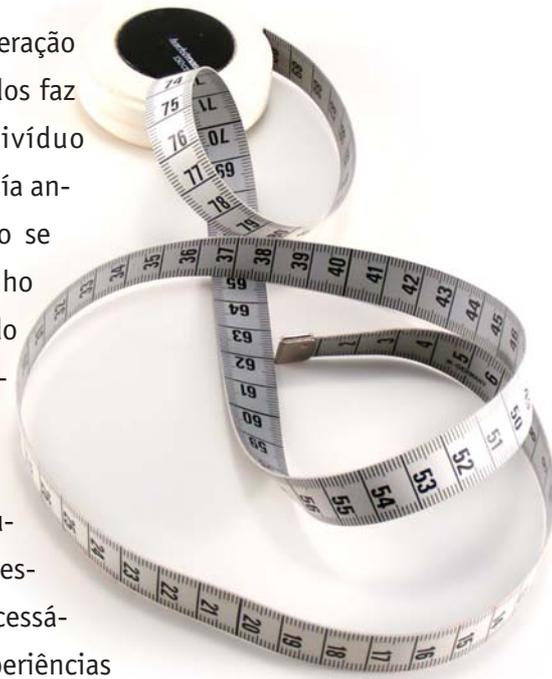
*Alguns obesos vivem ciclos de emagrecimento e engorda, determinados pela observância ou pela suspensão do regime. Isso traz alguma consequência negativa para a saúde?*

**Enio Cardillo Vieira**

DEPARTAMENTO DE BIOQUÍMICA  
E IMUNOLOGIA, UNIVERSIDADE  
FEDERAL DE MINAS GERAIS

Em geral, a recuperação dos quilos perdidos faz com que o indivíduo atinja um peso superior àquele que possuía antes de perdê-lo. O organismo age como se houvesse uma “programação” para ganho de peso, que foi interrompida no período de perda. Alguns autores relataram consequências negativas dos ciclos de emagrecimento e engorda, conhecidos como “efeito-sanfona” ou “efeito-íoiô”. Contudo, há dúvidas sobre a interpretação desses resultados. Nessa área ainda são necessárias pesquisas bem controladas. Em experiências com animais e em estudos com humanos, não se determinaram consequências adversas do “efeito-sanfona”. Muitos dos resultados a ele atribuídos decorrem da ação nociva do cigarro. O peso de fumantes que tentam abandonar o vício costuma flutuar. Os efeitos nefastos, nesse caso, são causados pelo tabaco.

Devem-se ressaltar os fatores psicológicos decorrentes do fenômeno, que levam à queda da auto-estima e, eventualmente, a distúrbios alimentares, como bulimia (caracterizada pela ingestão excessiva de alimentos seguida de vômitos ou do consumo de diuréticos e laxantes, para “desintoxicar” o organismo) e anorexia nervosa (caracterizada pela recusa voluntária à ingestão de alimentos e pela preocupação excessiva com perda de peso).



## *Como saber se uma pessoa sofre de anorexia? O problema tem cura? Forçar a pessoa a comer é recomendável?*

Na maioria das vezes (quase 95%), a anorexia acomete mulheres jovens entre 12 e 25 anos (idade de início do quadro). São pessoas que começam uma dieta, por vezes desnecessária, e não conseguem mais parar, buscando metas de peso cada vez mais baixas, até que o emagrecimento é notável (ficam esqueléticas), embora não se sintam magras o suficiente. Em geral não perdem a fome mas a controlam, exercitam-se exageradamente ou mostram-se hiperativas, fazendo muitas coisas e andando para cá e para lá, quase sempre visando a implementar o consumo de calorias. Algumas chegam a apresentar episódios bulímicos em que perdem o controle e comem exageradamente (em geral, tudo que haviam excluído da dieta), e, ficando atormentadas com o eventual ganho de peso, buscam compensar através não só de jejuns ou mais exercícios, mas também através da indução de vômitos ou abuso de laxantes e/ou diuréticos, hormônios tireoidianos e drogas que inibem o apetite.

A meta é se manter muito abaixo de um peso que seria saudável para sua estatura, sexo e idade (geralmente mais que 15% abaixo do peso ideal ou num índice de massa corpórea menor que 17,5 kg/m), o que freqüentemente faz com que parem de menstruar. Em geral os amigos e familiares tentam intervir e fazê-las perceber o quanto estão magras ou comendo pouco, mas isso é inútil e causa de muitos conflitos, pois negam qualquer alteração ou problema. Tornam-se irritadiças, perfeccionistas, cheias de manias (principalmente rituais alimentares), e isolam-se de contatos sociais, sobretudo os que envolvem comida. Muitas vezes mostram-se tristes e ansiosas.

Pode-se alcançar cura em torno de 25% dos casos, sendo que aproximadamente 70% obtêm um controle adequado da situação. Pode ser necessário fazer com que a paciente se alimente além do que considera adequado; porém, isso deve ser feito em regime de internação hospitalar, quando não se consegue acordo com a mesma para que colabore com o tratamento ambulatorial. [CH 156 – dezembro/1999]

*Angélica M. Claudino  
Azevedo*

PROGRAMA DE ORIENTAÇÃO  
E ASSISTÊNCIA AOS  
TRANSTORNOS ALIMENTARES,  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DE SÃO PAULO



## *Quais as diferenças entre a carne vermelha e a carne branca? A branca é menos prejudicial à saúde?*

*Elizabeth Lemos  
Chicourel*

FACULDADE DE FARMÁCIA  
E BIOQUÍMICA,  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DE JUIZ DE FORA/MG

As principais diferenças entre a carne branca e a carne vermelha estão relacionadas a sua textura, composição e pigmentação que, por sua vez, sofrem influência da espécie, da idade, do sexo, da alimentação, da atividade física e do hábitat do animal de que se originaram.

Tanto a carne branca quanto a vermelha têm excelente valor nutritivo. Fornecem proteínas em quantidade e qualidade ideais para o ser humano; também oferecem lipídios, cujo teor e composição variam muito para cada espécie e mesmo dentro de uma mesma espécie; vitaminas do complexo B como a tiamina, niacina, B6 e B12 e minerais como ferro, zinco, cobre e fósforo.



71

4. SAÚDE

A variação na cor da carne está relacionada à quantidade do pigmento mioglobina que, como já foi citado, varia de espécie para espécie e com a atividade física do animal. Quanto maior o esforço exercido pelo músculo, maior o teor de mioglobina e mais escura é a carne. Por isso, a carne da coxa do frango é mais escura que a do peito.

Quando a dieta é planejada com o objetivo de prevenir doenças cardiovasculares, recomenda-se uma restrição no consumo de carne vermelha gorda, dado o seu maior conteúdo de ácidos graxos saturados. Por outro lado, o consumo regular e em pequenas quantidades de carne vermelha magra é essencial, sobretudo para crianças e mulheres antes da menopausa, para um adequado aporte no organismo de minerais como ferro e zinco e de vitaminas como a niacina.

[CH 145 – dezembro/1998]

## *Uma alimentação exclusiva de fontes vegetais é nutricionalmente equivalente à usual com carne?*

Uma alimentação equilibrada deve atender aos princípios básicos da nutrição, cuja qualidade deve predominar sobre a quantidade.

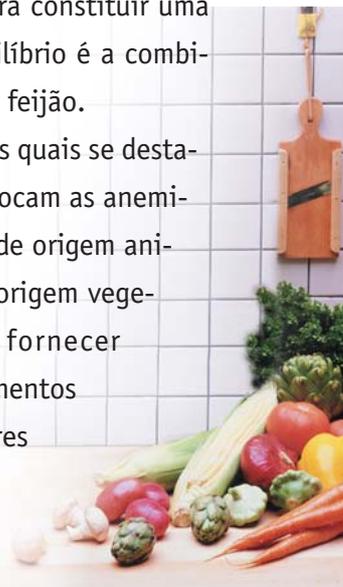
As proteínas são formadas por unidades estruturais básicas denominadas aminoácidos. Na natureza existem 20 aminoácidos classificados como essenciais e não-essenciais. Os últimos são sintetizados em reações muito simples que ocorrem no nosso organismo; enquanto os essenciais têm esse nome por não serem sintetizados pelo organismo humano, devendo ser ingeridos.

Quando um alimento não possui todos os aminoácidos essenciais nas quantidades adequadas, dizemos que ele possui aminoácidos limitantes, como é o caso das proteínas de origem vegetal. No entanto, é possível levar uma vida saudável ingerindo uma dieta exclusivamente vegetal, desde que haja a correta combinação desses aminoácidos, de forma que aqueles que estiverem ausentes ou deficientes em um determinado vegetal sejam complementados por outros vegetais que os possuam em quantidades suficientes para constituir uma proteína completa. Um exemplo clássico desse equilíbrio é a combinação entre cereais e leguminosas, como arroz com feijão.

Além das proteínas, há outros nutrientes, entre os quais se destacam o ferro e a vitamina B<sub>12</sub>, cujas deficiências provocam as anemias ferropriva e perniciosas, respectivamente. O ferro de origem animal (heme) é mais biodisponível do que o ferro de origem vegetal (não-heme). Dietas vegetarianas podem fornecer quantidades adequadas de ferro desde que os alimentos consumidos sejam ingeridos em quantidades maiores ou associados a alimentos ricos em vitamina C, para promover maior absorção do ferro. Especial atenção deve ser dada a crianças e a mulheres que

*Eliane Fialho  
de Oliveira*

DEPARTAMENTO DE NUTRIÇÃO  
BÁSICA E EXPERIMENTAL,  
INSTITUTO DE NUTRIÇÃO,  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO DE JANEIRO





menstruam e precisam de maiores teores desses elementos. O caso da vitamina B<sub>12</sub> é um pouco diferente pelo fato de ser encontrada só em alimentos de origem animal. Assim, vegetarianos devem ingerir alimentos fortificados nesse nutriente.

[CH 180 – março/2002]

### *Alimentos irradiados podem causar danos à saúde? Quais são suas vantagens?*

*Julio Marcos  
Melges Walder*

CENTRO DE ENERGIA  
NUCLEAR NA AGRICULTURA,  
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Os alimentos irradiados não causam nenhum dano à saúde. O processo de irradiação acarreta poucas alterações químicas nos alimentos. Nenhuma delas são nocivas ou perigosas para a saúde humana. O efeito das radiações sobre a qualidade nutritiva dos alimentos não é maior do que a de outros métodos convencionais utilizados para tratamento e conservação de alimentos (esfriamento, aquecimento, produtos químicos etc.). Portanto, os alimentos irradiados podem ser consumidos sem receio. A Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO) e a Organização Mundial da Saúde (OMS) não só aprovam como recomendam o processo de irradiação de alimentos.



A irradiação é um processo de pasteurização a frio. Ela não deixa resíduos nos produtos tratados e é altamente eficiente no controle de microrganismos prejudiciais à saúde presentes nos alimentos. Os irradiadores não produzem rejeitos, muito menos radioativos, não poluindo o ambiente. A irradiação controla o amadurecimento e brotamento de produtos agrícolas, aumentando a disponibilidade ao consumidor; elimina pragas quarentenárias sem alterar o sabor e a aparência das frutas e é um tratamento relativamente barato. Seu custo oscila entre R\$ 10 e R\$ 250 por tonelada de alimento tratado.

[CH 142 – setembro/1998]

## *Quais são as vantagens e desvantagens de se consumir leite de soja? É verdade que causa danos à saúde?*

A soja, uma leguminosa considerada excelente fonte de proteínas para a alimentação humana, pode ser usada na forma de grãos, leite, queijo etc. O leite de soja e derivados têm valor energético e protéico mais elevado, se comparados ao leite de vaca. Além disso, é amplamente utilizado em substituição ao leite de vaca, por pessoas que apresentam intolerância à lactose, pela ausência ou baixa atividade da enzima lactase.

No entanto, o valor nutricional da soja pode estar limitado em parte pela presença de compostos não desejáveis chamados fatores antinutricionais, que incluem inibidores de enzimas digestivas, compostos fenólicos, fitatos e carboidratos não digeríveis como os da família da rafinose. Sabe-se que a rafinose é um dos principais fatores responsáveis pela flatulência que os produtos derivados da soja acarretam; isso porque os seres humanos não possuem a enzima alfa-galactosidase, capaz de hidrolisar tal glicídio, que passa intacto ao longo do intestino grosso, sofrendo fermentação por microrganismos anaeróbicos.

A soja pode ser considerada um alimento funcional por possuir grandes quantidades de flavonóides – substâncias com efeitos antioxidantes e estrogênicos. Duas isoflavonas, denominadas genisteína e diadzeína, são encontradas em lentilhas e soja e têm propriedades estrogênicas, pois competem com hormônios endógenos e/ou inibem enzimas envolvidas no metabolismo do estrogênio. Vale ressaltar que várias pesquisas estão sendo realizadas no sentido de garantir o consumo adequado dos alimentos funcionais e elucidar as propriedades toxicológicas desses diferentes compostos encontrados tanto na soja como em outras leguminosas.

*Vera Lúcia  
Valente Mesquita*

DEPARTAMENTO  
DE NUTRIÇÃO BÁSICA  
E EXPERIMENTAL, INSTITUTO  
DE NUTRIÇÃO, UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO RIO DE JANEIRO



[CH 178 – dezembro/2001]



## *Que dosagem de lecitina de soja um adulto deve ingerir diariamente como complemento alimentar? A soja usada na formulação é transgênica?*

*Enio Cardillo Vieira*

DEPARTAMENTO  
DE BIOQUÍMICA  
E IMUNOLOGIA,  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DE MINAS GERAIS

Presente na membrana das células animais e vegetais, a lecitina é um fosfolípido não-essencial à dieta. Contém glicerol, dois ácidos graxos, colina e fosfato. A crença de que ela é componente importante na alimentação vem do fato de conter colina, reconhecida há alguns decênios como vitamina para humanos. Os animais sintetizam colina a partir da metionina, um aminoácido essencial presente sobretudo nas proteínas de origem animal.

A lecitina é amplamente usada como emulsificante na indústria de alimentos, mantendo os lipídios em suspensão no meio aquoso. Alimentos ricos em gordura, como o chocolate em pó, são facilmente “dissolvidos” em meio aquoso, graças à lecitina adicionada ao chocolate. Na membrana celular e no tecido sangüíneo, ela funciona como uma espécie de “detergente”, permitindo a presença de substâncias insolúveis em água no meio aquoso das células e do sangue.

A soja, vale lembrar, é particularmente rica em lecitina. Por ser um lipídio simples, não é possível saber se ela é ou não oriunda de soja transgênica.

*[CH 176 – outubro/2001]*



75

4. SAÚDE

## *O que é a síndrome do intestino irritável? Existe cura?*

*Eduardo Antonio André*

INSTITUTO DE ASSISTÊNCIA  
MÉDICA AO SERVIDOR PÚBLICO  
ESTADUAL DE SÃO PAULO  
(IAMSPE)

A síndrome do intestino irritável é um distúrbio de funcionamento dos intestinos caracterizada por dor ou desconforto abdominal crônicos associados a modificações nas evacuações e/ou no aspecto das fezes. Os sintomas e sua intensidade podem mudar bastante entre os portadores e são tipicamente exacerbados.

dos pelo estresse. Pode haver ainda variações periódicas, inclusive com manifestações brandas ou mesmo seu desaparecimento. É importante que os pacientes sejam informados sobre a possibilidade de recorrência dos sintomas, tanto para sua segurança quanto para compreensão dos tratamentos que podem ser oferecidos.

Trata-se de um distúrbio complexo e não simplesmente uma condição psicossomática como se acreditava antes. Essa era uma maneira simplista de considerar que a síndrome decorria apenas de fatores emocionais. Os sintomas são desencadeados por fatores psicossociais (estresse, ansiedade, insegurança etc.), que provocam alterações biológicas (disfunção intestinal e aumento da sensibilidade das vísceras) devido, principalmente, a falhas na regulação realizada pelo cérebro através de neurotransmissores como a serotonina.

Atualmente não existe cura para a síndrome. Para aliviar os sintomas, os medicamentos mais eficientes são os que regulam a estimulação ou inibição da produção da serotonina. Assim, surge uma luz no fim do túnel no tratamento de uma disfunção que prejudica bastante a qualidade de vida de seus portadores, mas não causa maiores riscos à saúde.

[CH 205 – junho/2004]

### *O que é fibromialgia e quais os tratamentos usados atualmente no Brasil e no exterior?*



A fibromialgia é uma doença de causa desconhecida, que se caracteriza por dores musculares (que os pacientes imaginam ser nos ossos), mais acentuadas na região dos rins e pescoço, podendo se localizar em qualquer parte do corpo. As dores – que, freqüentemente, “mudam” de lugar – são diárias, contínuas e, não raro, piores pela manhã. Além disso, o paciente pode apresentar sensações de inchaço e formigamentos.

*Flamarion Gomes Dutra*  
PROFESSOR DE REUMATOLOGIA  
DA FACULDADE DE MEDICINA  
SOUZA MARQUES E MEMBRO  
DA LIGA INTERNACIONAL  
DE ASSOCIAÇÕES  
PARA REUMATOLOGIA



A doença ocorre com mais freqüência em mulheres após os 30 anos, mas também pode atingir homens (um a cada 20 casos). Geralmente os doentes têm um sono de má qualidade (insônia, sono leve ou sono profundo) e ao despertar têm a sensação de que não descansaram durante a noite. Os sintomas pioram com mudanças de tempo, tensões emocionais e em ambientes barulhentos.

Os pacientes com fibromialgia queixam-se comumente de acordar cansados, sentir dores no corpo pela manhã e dificuldade de sair da cama e dar os primeiros passos, embora todos os resultados dos exames pedidos pelo médico sejam normais.

O tratamento indicado para amenizar os sintomas da doença inclui atividades físicas (principalmente exercícios aeróbicos) e o uso de analgésicos e antidepressivos (que aumentam a quantidade de serotonina no cérebro, melhorando o sono e diminuindo a dor). Além disso, é importante que pacientes e familiares entendam a doença e recorram, se possível, ao apoio de psicoterapeutas.

[CH 172 – junho/2001]

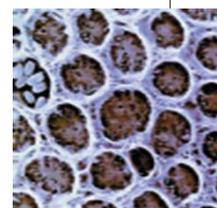
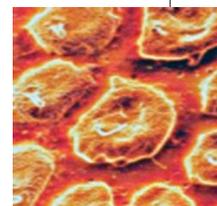
### *Quais as diferenças entre os tipos de hepatite? O que provocam no organismo e quais os sintomas e tratamento para cada um?*

*Clara Fumiko  
e Tachibana Yoshida*

DEPARTAMENTO  
DE VIROLOGIA,  
FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ

Os principais agentes das hepatites virais são designados pelas cinco primeiras letras do alfabeto, sendo chamados de vírus da hepatite A, B, C, D (ou Delta) e E. Em comum, esses vírus têm o fígado como alvo e causam doenças indiferenciáveis clinicamente. O paciente apresenta pele e olhos amarelados, urina escura e fezes esbranquiçadas. Sinais freqüentemente acompanhados de mal-estar, enjôo, vômitos e dor abdominal.

As hepatites A e E são transmitidas via fecal-oral por meio de água e alimentos contaminados. A hepatite A pode também ser transmitida por contato íntimo. Ambos os vírus causam doenças benignas que evoluem para a cura sem a necessidade de tratamento es-



pecífico, sendo necessário apenas um acompanhamento médico. O risco maior está entre as grávidas: 20% das que contraem hepatite E evoluem para uma forma fulminante da doença, fatal em 80% dos casos.

A transmissão das hepatites B, C e D acontece pela via parenteral, por sangue contaminado e hemoderivados. A hepatite B também pode ser transmitida por secreções sexuais e saliva. Correm mais riscos de contrair a hepatite C os usuários de drogas injetáveis e os receptores de sangue. Como a hepatite D só ocorre na presença do vírus do tipo B, está limitada às áreas endêmicas como a região amazônica.

Pacientes de hepatites do tipo B têm de 5% a 10% de risco de se tornarem doentes crônicos e os de hepatite C, 85%. Com o tempo, podem evoluir para um quadro de cirrose e câncer hepático. No caso das hepatites B e C, o tratamento de doentes crônicos é feito com agentes antivirais com 70% e 40% de sucesso, respectivamente. Já existem vacinas para as hepatites A e B. Somente a segunda pode ser encontrada em postos de saúde.

[CH 165 – outubro/2000]

---

*Tenho um aquário de peixes ornamentais onde surgiram caramujos. Existe risco de contrair doenças, como a esquistossomose através desses moluscos?*

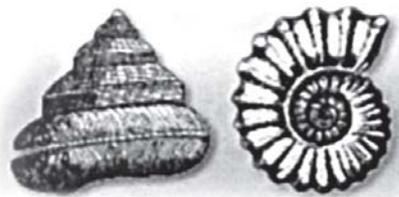
A esquistossomose é uma verminose que ocorre em diferentes países da África, Ásia e das Américas. São várias as espécies de *Schistosoma* que causam a doença no homem mas, no Brasil, a esquistossomose – também conhecida como barriga-d'água – tem como agente causal uma única espécie, o *Schistosoma mansoni*. Essa espécie parasitária tem como hospedeiro intermediário caramujos do gênero *Biomphalaria*, sendo três as espécies descritas como importantes na transmissão da doença no país: *B. glabrata*, *B. straminea* e *B. tenagophila*. A transmissão ocorre quando ovos do parasita, eliminados junto com as fezes de um indivíduo com esquistossomose, conseguem alcançar a água e liberam miracídios,

*Herminia Yohko  
Kanamura*

FACULDADE DE CIÊNCIAS  
FARMACÊUTICAS,  
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO



os quais vão infectar os caramujos. Nesse hospedeiro, o *S. mansoni* sofre várias transformações, dando origem, cerca de um mês depois, a numerosas cercárias – larvas responsáveis pela infecção do homem.



Nas horas mais quentes e luminosas do dia, as cercárias deixam os caramujos e nadam até encontrar o hospedeiro definitivo – um animal mamífero –, penetrando ativamente através da pele. No homem, que é o principal hospedeiro definitivo do *S. mansoni*, os primeiros ovos aparecem nas fezes cerca de sete a oito semanas depois do contato com as cercárias, e o ciclo completo desde a infecção dos caramujos pelos mirácídios liberados pelos ovos do parasita presentes nas fezes do hospedeiro até a eliminação de ovos por novo hospedeiro definitivo demora cerca de três meses.

É difícil imaginar que os caramujos que apareceram no aquário possam estar infectados por tal parasita, pois é remota a possibilidade de contaminação do aquário com ovos do parasita encontrados em fezes de paciente com esquistossomose. Por outro lado, caso se confirme que o caramujo que apareceu no aquário pertença a uma das espécies hospedeiras do *S. mansoni*, é necessário estar atento para não liberá-los em qualquer corpo d'água, de modo a evitar o perigo de transformar um lago ou riacho em futuro criadouro de caramujos e potencial foco de transmissão do *S. mansoni*.

[CH 161 – junho/2000]

### *Pode-se contrair esquistossomose ingerindo água contaminada por cercárias?*

*Miriam Tendler*

LABORATÓRIO  
DE ESQUISTOSSOMOSE  
EXPERIMENTAL,  
DEPARTAMENTO  
DE HELMINTOLOGIA/  
FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ

As cercárias são larvas infectantes do *Schistosoma mansoni*, parasita causador da esquistossomose. São formas evolutivas jovens capazes de penetrar no organismo humano através da pele ou mucosas. A transmissão da esquistossomose, doença veiculada pela água, não está

necessariamente relacionada à ingestão da água contaminada, como a maioria das outras doenças veiculadas por esse meio. No entanto, o contato da mucosa oral com água contendo cercárias pode permitir a infecção e o desenvolvimento da esquistossomose. O diagnóstico da doença deve ser feito por exame parasitológico de fezes.

[CH 152 – agosto/1999]

*Qual é o risco de infecção fúngica ou bacteriana na má assepsia das lentes de contato?*

*Quais as conseqüências na integridade da visão?*

*É possível ter uma infecção fúngica no globo ocular?*

*Em caso afirmativo, qual o tratamento mais indicado?*

As lentes de contato são uma excelente opção para as pessoas que precisam de óculos. Porém, seu uso seguro exige uma escolha correta das lentes e uma avaliação do olho do futuro usuário. É necessário também informá-lo sobre a assepsia adequada das lentes e do estojo onde serão acondicionadas, sobre produtos de limpeza inadequados ao tipo de lente do usuário e verificação das datas de validade dos produtos indicados, sobre o perigo de usar uma lente deteriorada, rasgada ou quebrada, sobre a importância de remoção dos depósitos de proteínas nas lentes e a necessidade de uma avaliação anual ou semestral para verificar a posição, a mobilidade das lentes, a troca e a atualização de informações, além da observação dos olhos. O usuário deve ter sempre em mente que a adaptação das lentes de contato é um processo

mutável, ou seja, uma lente aparentemente bem adaptada num dado momento pode se comportar de forma diferente meses ou anos depois. Outro fator importante na adaptação é o número de horas diárias de uso. Não existe uma regra básica. O tempo de permanência vai depender do tipo de lente usado e da reação ocular. Mas, uma vez esti-



*Newton Kara José*

FACULDADE DE MEDICINA  
DA UNIVERSIDADE  
DE SÃO PAULO E FACULDADE  
DE CIÊNCIAS MÉDICAS  
DA UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE CAMPINAS



pulado o tempo, se o usuário ultrapassar esse limite, pode ter problemas oculares. Se as lentes não forem bem cuidadas, podem provocar infecção ocular por bactéria, fungo ou vírus. Vários fatores estão envolvidos nas possíveis seqüelas da infecção: sua localização na córnea, o pronto atendimento do usuário, a reação à medicação e o tipo de agente causador. As úlceras de córnea por fungos são graves e, apesar de existirem vários medicamentos, a melhora do quadro é lenta e deixa conseqüências danosas. Deve-se consultar o oftalmologista se surgirem sinais, como dor durante ou logo após o uso das lentes, lacrimejamento, olhos bem vermelhos, descon-forto, aversão à luz, visão de halos coloridos ao redor das luzes, secreção (remela) principalmente amarelada e visão borrada por mais de 30 minutos depois de remover as lentes, mesmo usando óculos.

[CH 135 – janeiro/fevereiro/1998]

## *Como agem os organofosforados no organismo humano e no de outros vertebrados?*

*Marlon de Freitas  
Fonseca*

INSTITUTO DE BIOFÍSICA  
CARLOS CHAGAS FILHO,  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO DE JANEIRO

Diferentemente dos pesticidas organoclorados (como o DDT), que apresentam grande estabilidade química e compreendem substâncias com relativa baixa toxicidade aguda, os organofosforados (como o Paration) não são persistentes no ambiente, mas podem causar graves transtornos nos sistemas nervoso e respiratório dos seres humanos e mamíferos, chegando a provocar a morte.

Essas moléculas sintéticas são amplamente usadas no controle das pragas que atingem a produção agrícola, assim como para combater vetores de malária e outras doenças. Graças a seu fácil acesso, não são raros os episódios de tentativa de suicídio (muitas com sucesso) ou envenenamentos acidentais. Sua ação tóxica ocorre através da inibição da enzima acetilcolinesterase, essencial à vida de inúmeras espécies animais. Em mamíferos, essa enzima está presente no sistema nervoso central e nos glóbulos vermelhos. A pseudocolinesterase, uma parente próxima também sensível a esses agentes, predomina no fígado e no plasma.



Uma vez iniciada, a inibição da acetilcolinesterase pelos organofosforados tende à irreversibilidade, gerando quadros de intoxicação aguda ou crônica, dependendo do tipo de exposição à substância. Essas substâncias foram usadas na confecção de bombas de gás durante a Segunda Guerra Mundial.

Uma acetilcolinesterase é capaz de degradar 300 mil moléculas de acetilcolina (principal neurotransmissor do sistema nervoso parassimpático) por minuto. Sua inibição resulta no acúmulo desse neurotransmissor nas sinapses do sistema nervoso central, nas junções neuromusculares, nas terminações nervosas parassimpáticas e em algumas das simpáticas, como as glândulas sudoríparas. Isso pode causar a chamada “tempestade parassimpática”. Nesse caso, uma alta oferta de acetilcolina é oferecida sem controle a seus receptores. Um indivíduo agudamente intoxicado por qualquer inibidor de acetilcolinesterase pode morrer, principalmente pelo “afogamento” em suas próprias secreções, o que impossibilita respirar. Já as pessoas expostas ocupacionalmente podem desenvolver sintomas crônicos de difícil diagnóstico, relacionados a distúrbios no sistema nervoso central.

Nos quadros de intoxicação aguda, altas doses de sulfato de atropina são administradas repetidamente até controlar as secreções que impedem a respiração. A administração paralela da substância pralidoxima aumenta as chances de recuperação.

[CH 183 – junho/2002]

---

### *Por que o metanol é tóxico para o homem e o etanol não?*

O metanol ou álcool etílico, usado como combustível em carros de corrida ou como solvente (em baixas concentrações) para a produção de cosméticos, é rapidamente absorvido pela pele e pelas mucosas dos aparelhos respira-

*Maria Helena  
Rocha Leão*

ESCOLA DE QUÍMICA,  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO DE JANEIRO



tório e gastrointestinal, alcançando a corrente sanguínea e sendo distribuído a todos os tecidos e órgãos. A toxicidade do metanol é causada pela ação de duas enzimas do metabolismo (álcool desidrogenase e aldeído desidrogenase mitocondriais) – as mesmas que atuam sobre o etanol. O metanol é transformado em aldeído fórmico, ácido fórmico e formato. O acúmulo de formato no organismo causa acidose (redução do pH do sangue) e inibição da respiração celular (parada ou limitação do consumo de oxigênio) que pode provocar falta de ar ou asfixia. Esse efeito depende da dose e do tempo de exposição ao metanol. Embora a dose mínima considerada letal seja de 100 ml, há registro de morte causada pela ingestão de 30 ml da substância.

A presença de etanol (álcool comum) no organismo inibe competitivamente a transformação do metanol. Por isso, o etanol é ministrado a pacientes intoxicados com metanol como terapia de emergência. A ação das enzimas metabólicas sobre o etanol produzem acetato, que, diferentemente do formato, transforma-se em acetilCoA, que é oxidado, gerando ATP (energia). No entanto, o uso pro-



longado de bebidas alcoólicas pode levar à dependência química e à miopatia (distúrbio muscular), além de induzir à resistência à insulina (diabetes tipo 2), doença degenerativa que surge geralmente na terceira idade.

[CH 179 – janeiro/fevereiro/2002]

## *A exposição contínua a lâmpadas fluorescentes pode ter efeitos negativos para a saúde humana?*

*Emico Okuno*

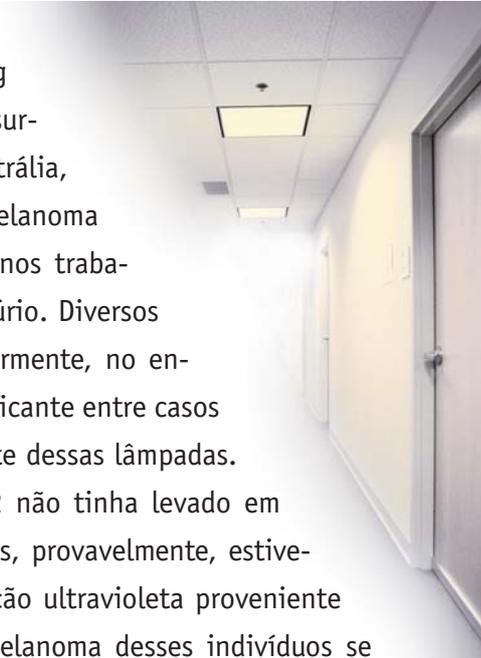
LABORATÓRIO  
DE DOSIMETRIA,  
INSTITUTO DE FÍSICA,  
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Em janeiro de 1990, a Comissão Internacional de Proteção a Radiações Não-ionizantes (ICNIRP) concluiu que uma exposição continuada à radiação ultravioleta proveniente de lâmpadas fluorescentes não deve ser considerada um risco de indução ao câncer de pele do tipo melanoma. Essa conclusão foi

divulgada na forma de uma recomendação cujo título em inglês é Fluorescent Lighting and malignant melanoma. A preocupação surgiu após a publicação de um trabalho na Austrália, em 1982, que mencionava a ocorrência de melanoma em empregados de escritório após vários anos trabalhando sob lâmpadas fluorescentes de mercúrio. Diversos estudos epidemiológicos realizados posteriormente, no entanto, mostraram não haver correlação significativa entre casos de melanoma e a exposição à luz proveniente dessas lâmpadas.

A conclusão foi que o trabalho de 1982 não tinha levado em consideração que os trabalhadores estudados, provavelmente, estiveram expostos a níveis muito altos de radiação ultravioleta proveniente do Sol, em horas de lazer ao ar livre. O melanoma desses indivíduos se localizava em locais cobertos pelas roupas usadas normalmente em escritórios. É importante ressaltar que a intensidade da radiação ultravioleta proveniente de lâmpadas fluorescentes ou com filamento de tungstênio é somente uma pequena fração daquela que chega do Sol. Hoje, recomenda-se o uso de protetor solar em caso de exposição à luz ultravioleta solar, durante caminhadas ou na praia, por exemplo. O bronzamento artificial com fins cosméticos, por sua vez, é considerado de alto risco para a pele.

[CH 191 – março/2003]



### *O uso de telefones celulares por crianças – como algumas propagandas sugerem – pode ser prejudicial a elas, pelo fato de seus cérebros ainda estarem em formação?*

Hoje, crianças e adultos estão permanentemente expostos a campos e radiações eletromagnéticas. Onde houver um equipamento elétrico/eletrônico haverá campos ou radiação eletromagnética. O telefone sem fio, por exem-

*José Osvaldo  
Saldanha Paulino*

DEPARTAMENTO  
DE ENGENHARIA ELÉTRICA,  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DE MINAS GERAIS



plo, presente em boa parte das residências brasileiras, é um radiotransmissor muito parecido com o telefone celular. Os microcomputadores e as televisões, largamente utilizados por crianças, também são fontes de radiação eletromagnética.

O celular chama mais a atenção, talvez, por ter sido uma novidade rapidamente incorporada pela sociedade.

As normas técnicas, em geral, não trazem recomendações específicas sobre o uso de telefones celulares por crianças. Algumas normas fazem restrições à instalação de antenas de celular perto de hospitais, creches e asilos. Em 2000, um estudo financiado pelo governo inglês e realizado por uma comissão de pesquisadores (<http://www.iegmp.org.uk/report/text.htm>) concluiu que não há evidências de danos à saúde provocados pela utilização de aparelhos telefônicos celulares. Entretanto, o mesmo estudo recomenda, sem apresentar justificativas claras, que se imponham limitações ao seu uso por crianças e adolescentes.

É importante ressaltar que o telefone celular é apenas uma das fontes de radiação hoje presentes no ambiente. Se, no futuro, os resultados das pesquisas indicarem a necessidade de imposição de restrições ao uso de celulares por crianças ou mesmo por adultos, tais restrições deverão ser feitas não apenas aos celulares, mas a todos os equipamentos e sistemas que geram campos e radiações eletromagnéticas. Para informações mais detalhadas, sugerimos consultar, na internet, o endereço: <http://www.mcw.edu/gcrc/cop/cell-phonehealth-FAQ/toc.html>.

[CH 192 - abril/2003]

## *Que danos a instalação de antenas de telefonia celular em condomínios pode causar à saúde dos moradores do prédio e arredores?*

Se forem respeitados os limites estipulados pelas normas e regulamentações nacionais e internacionais, a saúde dos moradores de prédios e arredores ficam resguardadas. A Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel) recomenda a adoção dos limites propostos pela Comissão Internacional de Proteção da Radiação

Não-ionizante (ICNIRP), que trabalha em conjunto com a Organização Mundial da Saúde. A diretriz reconhece que a exposição a campos eletromagnéticos pode gerar efeitos térmicos (aquecimento), mas considera que não há provas científicas de outros efeitos de longa duração.

Há relatos na literatura sobre danos causados pela exposição a valores elevados de campo, como alterações funcionais reprodutivas, hematológicas e do sistema nervoso, além de malformação congênita em animais. Por isso, são estabelecidos valores limites para o campo, em geral com margem de segurança de 50 vezes em relação aos valores que sabidamente trazem risco.

Os valores do campo em um determinado ponto dependem da distância e da potência da antena. No caso das estações radiobase (ERB) de celulares, a distância de segurança é estabelecida durante o seu projeto, com base nos limites recomendados pelas normas. Em caso de dúvida, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT) tem condições de medir com precisão os níveis de campo magnético e elétrico presentes nas proximidades do equipamento. Caso estejam fora das especificações, a empresa deve tomar providências imediatas para a solução do problema.

*José Roberto Cardoso*

DEPARTAMENTO  
DE ENGENHARIA DE ENERGIA  
E AUTOMAÇÃO ELÉTRICAS,  
ESCOLA POLITÉCNICA,  
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
E MARIO LEITE PEREIRA  
FILHO INSTITUTO DE PESQUISAS  
TECNOLÓGICAS/SP

86

4. SAÚDE



[CH 181 – abril/2002]



## O UNIVERSO NATURAL VIVO

A vida é definida atualmente como um conjunto de processos integrados e organizados que se expressam em diferentes níveis. Nessa maneira de definir a vida, os organismos, como sistemas vivos, são vistos como o resultado da interação entre os seus constituintes (moléculas, células, tecidos etc.), em constante interação com o meio. É através dessa constante interação entre fatores bióticos e abióticos que os seres transformam o ambiente em que vivem e se transformam ao longo das gerações, sob a influência, também, do ambiente.

Aplicada ao ensino, essa nova perspectiva em relação aos processos vivos – em que a interação organismo-ambiente é destacada – tem tornado o aprendizado de biologia no ensino médio muito mais significativo e eficaz. Se antes era aceitável, por exemplo, apresentar os diferentes seres vivos reino a reino, grupo a grupo, característica a característica, hoje a preferência recai sobre apresentá-los no contexto da ecologia e da evolução, priorizando-se a discussão das diferentes estratégias adotadas pelos diversos grupos, ao longo da evolução, para sobreviver às condições ambientais. Sob essa perspectiva, conceitos importantes, como o de adaptação, ganham destaque e permitem aos alunos a apreensão de idéias realmente significativas em biologia.

Foi com essa concepção de ensino em mente que optamos por reunir nessa seção textos relacionados aos seres vivos (à botânica e à zoologia, principalmente) com aqueles relacionados à ecologia, propriamente dita, e à problemática ambiental. Os textos aqui reunidos contêm inúmeros exemplos de interações mantidas pelos seres vivos entre si e

5

BIODIVERSIDADE E AMBIENTE

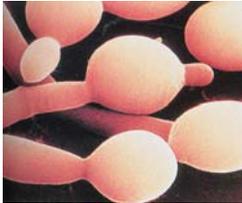
87

5. BIODIVERSIDADE  
E AMBIENTE

desses com o ambiente. Eles representam, portanto, uma significativa amostragem da complexidade da vida em nosso planeta, cujo uso em sala de aula poderá auxiliar o professor na tarefa de incentivar os alunos a conhecerem e admirarem a rica diversidade e o delicado equilíbrio que mantém a vida na Terra.

Outra questão de fundo que permeia os textos aqui apresentados é a necessidade de preservação da biodiversidade e do ambiente em nosso planeta. São tantas as ameaças que pairam sobre a flora, a fauna e o ambiente, em geral, sobretudo em países em desenvolvimento como o nosso, que a escola não pode se furtar de abordá-las. Discutir essas questões, tais como o crescimento populacional, a extinção de espécies, a sustentabilidade das populações e a destruição de habitats, é urgente e as aulas de biologia são um dos fóruns privilegiados para fazê-lo.

Além de fornecer os conhecimentos específicos, imprescindíveis para a compreensão da intrincada rede de interações que une a biodiversidade e o ambiente, as aulas de biologia devem propiciar o desenvolvimento de habilidades, tais como a criatividade, a capacidade para solucionar problemas e o senso crítico dos alunos, inseridas em um sólido sistema de valores, em que a ética tenha grande significado. Associados aos conhecimentos específicos, essas habilidades e valores formarão o tripé que sustentará a ação dos alunos, enquanto cidadãos, e que permitirá a eles formularem soluções para os problemas a serem enfrentados.



## *Em quantos reinos se distribuem os seres vivos?*

*Elidiomar Ribeiro  
da Silva*

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS  
NATURAIS, UNIVERSIDADE  
DO RIO DE JANEIRO (UNI-RIO)

Considerando todos os seres vivos, estão descritos e catalogados quase dois milhões de espécies. Mas esse número está longe do total real: segundo algumas estimativas, pelo menos 50 milhões de espécies ainda não teriam sido descritas. O sistema de classificação usado hoje distribui os seres vivos em cinco grandes reinos: Monera, Protista, Fungi, Animalia (ou Metazoa) e Plantae (ou Metaphyta). A distribuição das espécies entre os reinos segue critérios específicos, como o tipo de organização celular, o número de células e a forma de obtenção de alimento.

O reino Monera inclui seres unicelulares (com só uma célula) e procariontes (sem membrana nuclear, ou seja, sem núcleo definido), como as bactérias e as algas azuis. No reino Protista estão organismos unicelulares e eucariontes (com membrana nuclear), como protozoários e outros tipos de algas unicelulares. Já o reino Fungi abrange organismos uni ou pluricelulares (com mais de uma célula) e eucariontes que obtêm seu alimento por absorção, como os fungos (mofos, leveduras e cogumelos). O reino dos animais (Animalia) inclui organismos pluricelulares e eucariontes que se alimentam por ingestão. Finalmente, o reino vegetal (Plantae) reúne os organismos pluricelulares e eucariontes que sintetizam seu alimento.

Nem sempre se utilizou o sistema de cinco reinos. Na antiga classificação, os seres vivos eram divididos em dois grandes reinos: animal (protozoários e animais) e vegetal (vegetais, fungos, bactérias e algas). O sistema atual foi proposto em 1969 por R. H. Whittaker e é bastante aceito. Novas propostas têm sido feitas por cientistas, incluindo três, quatro e até mais de cinco reinos, mas com

pouca aceitação da comunidade científica. Isso mostra que um sistema de classificação não representa a verdade absoluta, mas é dinâmico e mutável, devendo ser sempre aperfeiçoado para que se aproxime cada vez mais da organização real dos seres vivos.

Os vírus não estão incluídos nessa classificação. Há divergências científicas sobre seu enquadramento ou não no mundo vivo, e alguns cientistas os vêem como representantes da transição entre a matéria bruta e a matéria viva.

[CH 142 – setembro/1998]

### *As algas verdes, pardas e vermelhas são classificadas hoje no reino vegetal ou no reino protista?*

Esses três grupos de algas têm núcleo e organelas (como mitocôndrias e cloroplastos) individualizados – envolvidos por membranas. Portanto,

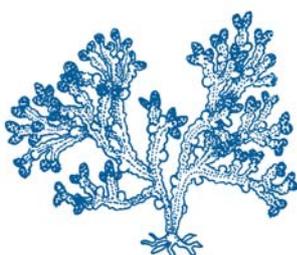
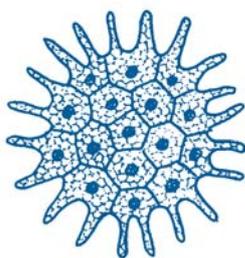
são classificados como eucariontes. Mas há outras algas, como as cianofíceas (ou cianobactérias), que não exibem núcleo e organelas individualizados e, por isso, são procariontes. “Alga” é um termo genérico, que inclui organismos às vezes bastante diferentes entre si,

que nem sempre têm uma origem evolutiva próxima. Das características usadas para classificar os grandes grupos de algas, a mais importante é o pigmento responsável por sua coloração. A clorofila “b” é o pigmento das algas verdes (divisão Chlorophyta), a clorofila “c” é o das algas pardas (divisão Phaeophyta) e ficoeritrina e ficobilina são os pigmentos das algas vermelhas (divisão Rhodophyta).

As algas verdes estão classificadas no reino Plantae, pois têm uma série de características comuns às plantas terrestres: a clorofila “b”, o armazenamento do amido como substância de reserva nos cloroplastos e a parede celular composta por celulose.

*Gilberto Amado Filho*

INSTITUTO DE PESQUISAS,  
JARDIM BOTÂNICO  
DO RIO DE JANEIRO





Os demais grupos de algas, incluindo as pardas e as vermelhas, fazem parte do reino Protista. O reino Plantae é monofilético (ou seja, todos os integrantes têm um ancestral comum), enquanto o reino Protista é polifilético (os grupos que o compõem têm ancestrais distintos). Estão incluídos entre os protistas os eucariontes – flagelados, amebas, algas (exceto as verdes) e vários parasitos – que não pertencem aos reinos dos animais, dos fungos verdadeiros ou das plantas.

[CH 186 – setembro/2002]

### *Por que as aranhas não se enrolam na própria teia? Como diferenciar machos de fêmeas?*

*Mário De Maria  
e Taissa Rodrigues*

DEPARTAMENTO DE ZOOLOGIA,  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DE MINAS GERAIS

Para urdir sua teia, as aranhas utilizam vários tipos de seda, segregada por glândulas localizadas no abdome. No caso da teia orbicular (que tem forma espiral), tanto o centro, onde a aranha permanece, como os raios, por onde ela se desloca, são constituídos de fios secos. Já a região captora (onde as presas ficam retidas) possui fios pegajosos, que são intercalados pelos raios. Escalando os fios sem cola, a aranha é capaz de caminhar pela teia mantendo seu corpo fora das áreas viscosas. As aranhas tecedeiras de teias orbiculares têm uma garra extra e cerdas serrilhadas no último segmento das pernas, entre os quais prendem o fio de seda, facilitando, assim, o seu deslocamento. Além disso, suas pernas são recobertas por um óleo que evita que elas fiquem coladas nesses fios. As aranhas que constroem teias em funil posicionam seus tarsos em um ângulo que diminui a superfície de contato com a teia. Assim elas evitam que suas pernas se afundem nessa malha.

Não é possível diferenciar aranhas machos e fêmeas quando elas são jovens. Só se pode diferenciá-las quando se tornam adultas, ou sexualmente maduras. Os machos geralmente são menores, com abdome mais estreito e pernas mais longas do que as das fêmeas. Em algumas espécies, os machos são várias vezes



menores, como nos casos de *Nephila* (aranhas de teias orbiculares comuns em nossas matas e jardins) e *Latrodectus* (do grupo das viúvas negras). A observação mais importante, porém, diz respeito aos órgãos copulatórios, que emergem apenas na fase adulta. Nos machos, o último segmento dos palpos fica inchado, com a aparência de uma luva de boxe, pois ali se concentram diversas estruturas copulatórias. Outras regiões do palpo também podem ter estruturas especializadas. Nas fêmeas, a maior parte das espécies apresenta epígino (placa esclerotizada localizada próxima ao sulco epigástrico, na face ventral da região anterior do abdome). Essas estruturas sexuais são complexas e variam entre as espécies, constituindo a base para a taxonomia de aranhas. [CH 200 – dezembro/2003]

### *Os ursos hibernam, de fato?*

A resposta depende da definição de 'hibernação'. Na literatura mais antiga, o termo era descrito como dormência associada a baixa temperatura corporal. Hoje, no entanto, é definido como redução do metabolismo em resposta à diminuição da disponibilidade de recursos e à baixa temperatura do ambiente. A temperatura do corpo do animal necessariamente não se reduz.

Durante muito tempo, parte da literatura especializada considerou – e ainda hoje há quem considere – o urso-preto-americano (*Ursus americanus*) e o urso-pardo (*Ursus arctos*), por exemplo, como falsos hibernantes, já que eles são capazes de manter a temperatura corporal elevada durante o período de hibernação. Segundo a definição mais moderna, eles podem ser considerados hibernantes altamente eficientes, pois dormem meses seguidos sem comer, beber ou eliminar excreções. Mantêm, portanto, suas taxas metabó-

*Adriano Paglia*

DEPARTAMENTO DE ZOOLOGIA,  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DE MINAS GERAIS,  
CONSERVATION  
INTERNATIONAL DO BRASIL





licas em níveis muito baixos. Na preparação para o inverno, *U. americanus* aumenta a capacidade de isolamento térmico graças ao espessamento de sua pele e de seus pêlos e acumula grande quantidade de gordura, que se deposita em espessas camadas.

Essas alterações metabólicas, aliadas à posição encolhida que adota para reduzir a área de perda de calor, permitem que o animal conserve a temperatura corporal elevada (em torno de 31°C) e, conseqüentemente, desperte rapidamente em situações de perigo. Os especialistas fiéis à associação de hibernação com queda da temperatura do organismo consideram que os ursos passam por um processo de “letargia do inverno” e não seriam, portanto, animais hibernantes.

[CH 186 – setembro/2002]

## É verdade que os tubarões precisam nadar o tempo todo?

*Marcelo R. de Carvalho*  
DEPARTAMENTO DE ICTIOLOGIA,  
MUSEU NORTE-AMERICANO  
DE HISTÓRIA NATURAL (AMNH)

Alguns tubarões, geralmente os que vivem em mar aberto, precisam nadar com uma certa constância, mesmo que bem devagar, para não afundar. Isso ocorre porque esses tubarões não possuem bexiga natatória – órgão precursor do pulmão humano, formado por uma projeção oca do trato digestivo dos peixes ósseos (Osteichthyes), que pode ser inflada ou desinflada para acomodá-los em uma certa profundidade.

Alguns tubarões, especialmente os que vivem em águas profundas, compensam a faltada bexiga natatória com seu fígado, geralmente muito grande e repleto de óleo, que, por sua vez, é mais leve do que a água. O fígado de um tubarão pode pesar um quarto do seu peso total e ocupar a maior parte de sua cavidade digestiva.



Também existem certos tipos de tubarões, como o cação-lixia, que habitam exclusivamente o fundo do oceano, alimentando-se de peixes e invertebrados que vivem sobre ou perto da areia.

Existem atualmente cerca de 380 espécies de tubarões ou mais, de acordo com algumas estimativas, muitos dos quais vivendo apenas sobre o fundo, ou a poucos metros acima do mesmo. Mesmo aqueles que habitam o mar aberto podem pousar de vez em quando sobre o fundo para descansar ou para que outros peixes retirem os seres parasitários que se depositam sobre sua pele.

[CH 184 – julho/2002]

### *Por que alguns animais como baratas e invertebrados podem regenerar membros inteiros?*

Alguns animais invertebrados possuem células que não são diferenciadas – não pertencem a um tecido específico. Quando eles perdem alguma parte do corpo, essas células podem se diferenciar para formar novos tecidos, regenerando assim a parte perdida. Vários invertebrados têm essa capacidade de

regeneração, como as planárias e as estrelas-do-mar. Em alguns animais, as células não diferenciadas podem se originar de células diferenciadas – como as de um músculo, por exemplo – para então reconstituir a parte perdida ou amputada.

Insetos como baratas, percevejos, grilos e bichos-pau, além de todos aqueles que fazem a metamorfose completa, como as borboletas e os besouros, regeneram seus apêndices (pernas, antenas ou peças bucais) a partir de células indiferenciadas, que ficam próximas ao local da perda. Se um inseto perde uma perna, por exemplo, a base da perna restante guarda informações para regenerá-la. Nesses grupos, entretanto, a regeneração está restrita aos estágios imaturos, não ocorrendo após o inseto ter atingido a fase adulta. Isso porque, quando adultos, os insetos não produzem mais a cutícula, esqueleto externo que é trocado enquanto ainda estão crescendo. Assim, são capazes de regenerar partes do corpo apenas durante seu desenvolvimento.

*Jorge Luiz Nessimian*

LABORATÓRIO  
DE ENTOMOLOGIA,  
DEPARTAMENTO DE ZOOLOGIA,  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO DE JANEIRO

94



[CH 177 – novembro 2001]



## *O que é o fenômeno da reversão sexual?*

*Silvio de Almeida  
Toledo-Filho*

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS,  
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Os animais vertebrados apresentam o sexo genético e o sexo fisiológico. O sexo genético (XX em fêmeas e XY em machos) é determinado na época da fecundação dos óvulos pelos espermatozoides, pela combinação de metade dos cromossomos sexuais maternos (X) e metade dos cromossomos sexuais paternos (X ou Y). O sexo fisiológico é controlado sobretudo pela ação dos hormônios sexuais masculinos (andrógenos) ou femininos (estrógenos) que induzem vários fenômenos, como diferenciação das gônadas em testículo ou ovário, gametogênese, ovulação, espermição, comportamentos de corte, manifestação de características sexuais secundárias e mudanças morfológicas e fisiológicas durante a reprodução dos animais.

O fenômeno da reversão ou inversão do sexo nos vertebrados consiste na mudança do sexo fisiológico e não do sexo genético. Um animal revertido é o que apresenta um determinado sexo genético (por exemplo, fêmea XX ou macho XY) e o sexo fisiológico contrário. Quando o animal revertido apresenta o sexo genético de fêmea (XX) e o sexo fisiológico de macho, é chamado de neomacho ou macho revertido, ou ainda de falso macho. Quando o animal apresenta sexo genético de macho (XY) e sexo fisiológico de fêmea, é denominado neofêmea (como em carpas e trutas). Isso ocorre pela administração de dietas com doses adequadas de hormônios sexuais sintéticos. Geralmente os neomachos e neofêmeas são férteis. Dessa forma, para fins comerciais, podem-se cruzar fêmeas genéticas (XX) com neomachos (XX) para a obtenção de estoques só de fêmeas (XX) que, por apresentarem em geral maior tamanho que os machos, interessam mais aos piscicultores.

Além dos peixes é possível observar reversão sexual em anfíbios (através da administração de hormônios sexuais na água onde são criados os girinos) e em aves doentes.



No caso dos anfíbios (em especial nos sapos), existe um órgão chamado *Bidder*, junto aos testículos, que pode se transformar em ovário funcional três a quatro anos depois de os testículos terem sido removidos. Porém, enquanto uma fêmea normal produz cerca de oito mil óvulos, um macho “bideriano” ou neofêmea produz no máximo 1.200 óvulos.

No caso das aves, a gônada direita das fêmeas tem potencialidades testiculares. Sabe-se que galináceos geneticamente fêmeas (ZW), que durante certo tempo de suas vidas puseram ovos, sofreram reversão da gônada direita para testículo funcional e também desenvolveram canto e esporas de galo. Esses fatos ocorreram porque o antigo ovário normal do lado direito foi destruído pela tuberculose aviária. Desse modo, uma ave geneticamente fêmea (ZW) tornou-se um neomacho funcional, ou seja, um galo com constituição genética feminina e não masculina (ZZ).

[CH 149 – maio/1998]

### *A jararaca-ilhoa exhibe um ‘terceiro sexo’. Qual a sua origem? Ele é funcional?*

A jararaca-ilhoa (*Bothrops insularis*) é uma serpente peçonhenta da família Viperidae. Ela ocorre em altíssima densidade na ilha Queimada Grande, situada a 35 km de Itanhaém (SP). Podemos encontrar de 30 a 60 exemplares dessa jararaca em apenas um dia de atividades. Por não haver mais mamíferos terrestres na ilha, essa serpente adaptou-se para subir em árvores e comer aves migratórias. Assim, seu veneno foi selecionado a agir rapidamente, senão a ave morre fora do alcance da serpente. Seu veneno é cinco vezes mais forte que o da jararaca do continente (*Bothrops jararaca*) para as aves e três vezes mais forte para mamíferos.

A meu ver, a maior particularidade que a jararaca-ilhoa apresenta está relacionada a seus órgãos sexuais. Todos os machos de serpentes e lagartos do mundo apresentam hemipênis. Os hemipênis são os órgãos copulatórios des-

*Francisco Luís Franco*

LABORATÓRIO  
DE HERPETOLOGIA,  
INSTITUTO BUTANTAN/SP



ses animais. Trata-se de estruturas pares (por isso, são chamados hemipênis), que ficam, quando em repouso, invertidos dentro da cauda da serpente ou lagarto.

A cópula se dá pela eversão e introdução de um órgão de cada vez na cloaca da fêmea. Nas jararacas- ilhoas, podemos encontrar hemiclitéris desenvolvido na grande maioria das fêmeas. Isso só é conhecido para poucas espécies no mundo, e na maioria delas, é eventual. O hemiclitéris é, muitas vezes, bem semelhante ao hemipênis dos machos. Chama-se ao fato de a maioria das fêmeas possuírem hemiclitéris de intersexualidade.

Uma fêmea com hemiclitéris é genética e fisiologicamente fêmea, não se tratando de um terceiro sexo, como podem pensar alguns. A fêmea, embora tenha um órgão copulador, não apresenta testículos, mas sim ovários, portanto, não produz espermatozóides, impossibilitando qualquer função reprodutora primária.

Ainda não foi observada a utilização desse órgão em corte ou outra atividade. Todas as serpentes e lagartos apresentam hemiclitéris durante seu desenvolvimento embriológico, porém, o crescimento do órgão é interrompido em uma etapa inicial de sua formação. De alguma forma, a jararaca-ilhoa perdeu boa parte da sua capacidade genética de interromper o desenvolvimento do hemiclitéris, permitindo seu crescimento, quase como um hemipênis dos machos.



[CH 176 – outubro/2001]

### *O que são hantavírus? Que outros tipos de vírus existem?*

*Jack Woodall,*

INSTITUTO DE CIÊNCIAS  
BIOMÉDICAS, UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

Os hantavírus são um grupo de vírus da família Bunyaviridae, conhecidos por causar febres hemorrágicas. O vírus que deu nome ao grupo, o Hantaan, foi identificado em 1978 na península da Coreia, onde se localiza um rio que leva o mesmo nome.

Cerca de outros 20 membros da família já foram identificados até agora. Entre eles, o Sin Nombre, descoberto em 1993 entre os índios Navajo, dos Estados Unidos; o Andes, na Argentina, e o Seoul, encontrado nos grandes portos do mundo inteiro.

São vírus que infectam roedores silvestres e ratos que vivem em portos. As excreções contaminadas são deixadas nas casas de campo e nos armazéns. A poeira que se forma das excreções secas é inalada pelas pessoas que moram ou trabalham nesses lugares. Também pode haver contaminação de alimentos e conseqüente infecção por via oral. Os sintomas da contaminação variam desde febre leve até infecção severa dos pulmões ou rins, podendo levar à morte. Recentemente, na Argentina, foi constatada a transmissão do Andes entre humanos. Não existe vacina ou tratamento específico.

Ao todo, existem 78 famílias diferentes de vírus. Entre elas, estão os vírus causadores de doenças como Aids (HIV), catapora, herpes, mononucleose, sarampo, rubéola, dengue e febre amarela. Para os interessados em pesquisar mais sobre o assunto, uma boa introdução à virologia pode ser encontrada no site <http://virusonline.virtualave.net/introdu.htm#Intro>. [CH 170 - abril/2001]

### *É verdade que besouros não podem voar?*

As pessoas acreditam que os besouros não podem voar porque são animais excessivamente pesados para seu tamanho e sem qualquer aerodinâmica. Mas eles voam! Suas asas anteriores se transformam em élitros, estruturas que

*Arício Linhares*

DEPARTAMENTO DE  
PARASITOLOGIA,  
INSTITUTO DE BIOLOGIA,  
UNIVERSIDADE ESTADUAL  
DE CAMPINAS



não participam do vôo, mas que servem para sua proteção. Os besouros utilizam o segundo par de asas para voar. Apesar de voarem, eles o fazem mal. É um vôo pesado, lento e desajeitado, com controle direcional precário.

[CH 163 - agosto/2000]



## Todas as espécies de abelhas têm rainhas?

*Fernando Amaral  
da Silveira*

DEPARTAMENTO DE ZOOLOGIA  
DA UNIVERSIDADE FEDERAL  
DE MINAS GERAIS

Não. A maioria das espécies é constituída por abelhas solitárias, que não têm rainhas. Nessas espécies, as fêmeas são reprodutivas, acasalando-se e pondo ovos. Cada fêmea constrói seu próprio ninho – em geral um simples orifício no solo – e coleta alimentos (pólen e néctar) nas flores, para abastecer as células onde suas larvas vão se desenvolver. Cada célula que contém o alimento trazido pela abelha adulta recebe um ovo e é, então, fechada. Em um único ninho podem ser construídas uma ou mais células. Depois de completo, com alimento e ovos, o ninho é abandonado pela abelha e as larvas se desenvolvem sozinhas, sem contato com a mãe.

As rainhas só estão presentes nas espécies sociais. Nestas, as fêmeas constituem duas castas: uma rainha e muitas operárias. Na maioria das vezes, a rainha pode iniciar o ninho sozinha, como as fêmeas das abelhas solitárias. Nesse caso, ela constrói o ninho e traz o alimento para as primeiras larvas. Assim que suas primeiras filhas nascem (as operárias), ela abandona todo o trabalho de construção, coleta de alimento e alimentação das larvas, dedicando-se apenas à tarefa de botar ovos. Todos os demais serviços na colméia serão executados pelas operárias. Um exemplo dessas abelhas são as nossas mamangabas sociais (*Bombus*). Em outras espécies sociais, entretanto, as rainhas não sobrevivem sem as operárias. Nesses casos, novas colônias são fundadas por enxameação: uma rainha (nova ou velha, dependendo da espécie e da situação) abandona um ninho já existente, acompanhada de operárias, indo habitar um novo ninho construído, antes ou depois da enxameação, pelas operárias. São exemplos dessas espécies as abelhas melíferas (*Apis mellifera*) e as nossas abelhas indígenas sem ferrão: jataí (*Tetragonisca angustula*); irapuá (*Trigona spinipes*); mandaçaia (*Melipona quadri-fasciata*), entre outras. Entre as abelhas solitárias, convém destacar as espécies parasitas: em vez de construir seus próprios ninhos, essas abelhas botam seus ovos



nas células dos ninhos de outras espécies. Suas larvas consomem todo o alimento coletado pela fêmea da espécie hospedeira, matando as filhas desta. Em nenhuma espécie de abelhas os machos estão envolvidos em qualquer atividade na colônia, sendo responsáveis apenas pela fecundação das fêmeas. [CH 130 – agosto/1997]

### Quanto tempo vive uma abelha?

Existem cerca de 320 espécies de abelhas sociais. Na mais estudada, *Apis mellifera*, a duração dos ciclos de vida é a mostrada na tabela abaixo:

*Warwick Estevam Kerr*

DEPARTAMENTO DE GENÉTICA  
E BIOQUÍMICA, UNIVERSIDADE  
FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Estágios	Italiana	Africanizada
Ovo (da postura à eclosão)	Operária: 72-76 horas	Operária: 70-71 horas
Larva	Operária: 5,5 dias	Operária: 4,2 dias
Da postura à emergência do favo	Macho: 24 dias	Macho: 24 dias
	Rainha: 16 dias	Rainha: 15 dias
	Operária: 21 dias	Operária: 18,5 dias
Adulto (tempo máximo de vida)	Macho/Oper.: 56 dias	Macho/Oper.: 56 dias
	Rainha: 1 a 4 anos	Rainha: 1 a 4 anos

As abelhas brasileiras sem ferrão (Meliponinae) têm ciclos de vida diferentes, conforme a espécie (ver o quadro abaixo).

Estágios	Mandaçaia			Tiuba			Uruçu		
	Operária	Rainha	Macho	Operária	Rainha	Macho	Operária	Rainha	Macho
Ovo (da postura à eclosão)	5	5	4	8	8	8	7	7	6
Larva e pré-pupa	16	12	13	17	16	17	16	15	15
Pupa e farato	18	16	18	20	16	18	25	23	23
Adulta	46	±900	20	51	6 anos	25	48	6 anos	±20
				(fecundada)			(fecundada)		



Como o desenvolvimento dos meliponíneos varia segundo a espécie e a temperatura, os dados podem apresentar diferenças de até 20%.

Os machos de *Apis mellifera* morrem imediatamente após o acasalamento. Os machos dos meliponíneos duram até dois dias depois. As operárias de *Apis mellifera* morrem após picar (mesmo que não saia o intestino) porque fica um furo na extremidade do abdômen por onde se esvai seu sangue.

Os machos dos meliponíneos não podem ser chamados de zangões porque trabalham dentro da colméia por cerca de 50% de suas vidas. [CH 144 – novembro 1998]

### *Por que, quando colocamos um prato com água, os cupins voadores caem nele?*

Ana Maria Costa  
Leonardo

DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA,  
UNIVERSIDADE ESTADUAL  
PAULISTA (UNESP)

Na verdade, os cupins alados são atraídos pela luz (eles têm fototropismo positivo). Por isso, muito comum, na época da revoada dos cupins, encontrar uma grande quantidade desses insetos voando ao redor de luminárias urbanas. Os cupins entram nas casas atraídos pelas luzes. É costume colocar um prato de água bem debaixo da luz, para que os cupins caiam na água e fiquem presos quando essa luz for apagada. Algumas pessoas também usam recipientes para que a água reflita a luz – como um espelho – e atraia assim os cupins. Nesse caso, a luz deve permanecer acesa. [CH 141 – agosto/1998]



101

5. BIODIVERSIDADE  
E AMBIENTE

### *Qual a origem das baratas?*

Marcio Mendes

DEPARTAMENTO DE ZOOLOGIA  
DOS INVERTEBRADOS  
E PALEONTOLOGIA  
DA UNIVERSIDADE VALE  
DO RIO DOCE/  
MUSEU DE HISTÓRIA NATURAL

Os registros mais antigos de baratas datam do período Carbonífero (há 320 milhões de anos). Elas foram reconhecidas basicamente pelas impressões deixadas por suas asas, num tipo de fossilização onde apenas o relevo das nervuras foi preservado. O padrão dessas nervuras é

característico de cada uma das espécies, permitido assim sua identificação/classificação.

As mais antigas baratas da América do Sul pertencem ao final do Carbonífero (280 milhões de anos) e também foram reconhecidas somente por suas asas. Porém, existem algumas exceções: nas rochas calcárias de Formação Santana (datada em 112 milhões de anos, período Cretáceo Inferior), região de Santana do Cariri, Ceará, foram encontrados insetos extraordinariamente preservados. Nesse período, inclusive, as baratas foram contemporâneas dos dinossauros.

As baratas atuais, quando comparadas a suas ancestrais, demonstram uma enorme capacidade de adaptação às mudanças ambientais, apresentando pequenas variações morfoógicas. Desde a sua origem até hoje, as modificações mais acentuadas ocorridas nos corpos desses insetos foram: variação no padrão e número das nervuras das asas e espinhos das patas. Não foram, no entanto, elucidados quais os benefícios que essas alterações possam ter trazido para o processo de adaptação.

O curioso é que no Cretáceo da Formação Santana foram encontradas baratas com grande ovipositor (tubo por onde saem os ovos das fêmeas), chegando a 1/3 do comprimento total do corpo, além de outras espécies de insetos com ooteca (bolsa de ovos). Dentre todos eles, somente as baratas permaneceram e, provavelmente, sobreviverão mantendo suas características por muito tempo. [CH 133 – novembro/1997]

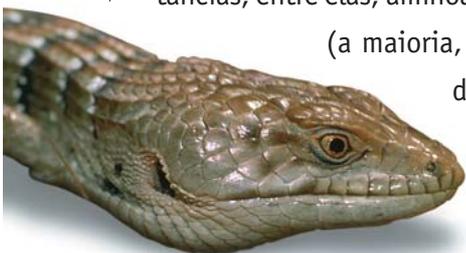
### *Como os diversos venenos de cobras e aranhas agem no organismo humano? Como os soros impedem suas ações?*

O veneno desses animais é uma complexa mistura de substâncias, entre elas, aminoácidos livres, peptídios, proteínas (a maioria, enzimas), nucleotídios, carboidratos, lipídios, aminas biogêni-

cas e componentes inorgânicos (por exemplo, cálcio, sódio, potássio, zinco, magnésio, cloretos e fosfatos).

*Reinaldo José da Silva*

CENTRO DE ESTUDOS  
DE VENENOS DE ANIMAIS  
PEÇONHENTOS, UNIVERSIDADE  
ESTADUAL PAULISTA





Entretanto, cada gênero de serpente ou de aranha apresenta um tipo de veneno característico e, conseqüentemente, um mecanismo de ação também diferente. Assim, por exemplo, o veneno da aranha armadeira tem efeito neurotóxico, que age no organismo induzindo dor local imediata e pode evoluir para choques neurogênicos. Por outro lado, o veneno da aranha marrom tem efeitos proteolítico, hemolítico e coagulante, que age no organismo produzindo hemorragias, distúrbios na coagulação e necroses.

O tratamento dos envenenamentos é feito principalmente pela administração de antivenenos específicos. Os antivenenos ou soros heterólogos são frações de anticorpos específicos e purificados, retirados do plasma de animais (geralmente cavalos) que foram inoculados com um determinado veneno. Esse processo é conhecido por imunização. Os anticorpos produzidos apresentam a capacidade de reconhecer e neutralizar o veneno, impedindo que esse exerça seus efeitos nos organismos.

[CH 142 – setembro/1998]

## *Como se comportam as plantas na ausência de gravidade?*

*Thaís Russomano*

LABORATÓRIO  
DE MICROGRAVIDADE,  
INSTITUTO DE PESQUISAS  
CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS,  
PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE  
CATÓLICA/RS

A agência espacial norte-americana (Nasa) vem realizando várias pesquisas sobre o comportamento das plantas. Este é considerado essencial pois, com toda a

certeza, os vegetais serão fundamentais na terraformação – transformação de algum lugar em um ambiente similar ao terrestre – de uma nave espacial, base lunar ou de um habitat humano em outro planeta.

No espaço, as condições para o crescimento e o desenvolvimento de animais e de plantas são muito diferentes das da Terra. Nas naves espaciais, por exemplo, não há a força gravitacional agindo sobre os organismos vivos, existindo apenas a microgravidade. Há ainda astros, como a Lua e o planeta Marte, nos quais a



103

5. BIODIVERSIDADE  
E AMBIENTE

força gravitacional é menor do que a terrestre. A ausência total ou a diminuição da gravidade influenciam comprovadamente o comportamento das plantas. Sabe-se que suas raízes se fixam em direções anárquicas, uma vez que perdem o geocentrismo (que as faz se dirigir ao centro da Terra). O crescimento dos vegetais também é alterado, pois eles buscam a luz, onde essa estiver localizada dentro da nave ou da estação espacial. Para mais detalhes, vale visitar o site: [www.nasa.gov](http://www.nasa.gov). [CH 187 – outubro/2002]

### *Como ocorre a digestão nas plantas carnívoras?*

São consideradas carnívoras as plantas capazes de capturar uma presa, digerir e absorver seus nutrientes e utilizá-los para crescer e se desenvolver. As plantas carnívoras geralmente vivem em solos pobres em nutrientes ou onde esses não estão disponíveis para serem absorvidos. Assim, a carnivorismo é uma estratégia adicional de absorção de nutrientes – especialmente nitrogênio e fósforo, necessários em maior quantidade para o desenvolvimento das plantas.

*Queila de Souza Garcia*

DEPARTAMENTO DE BOTÂNICA/  
ICB, UNIVERSIDADE FEDERAL  
DE MINAS GERAIS

As plantas carnívoras se distribuem em várias famílias e apresentam formas muito variadas, com distintos mecanismos de atração e captura de presas, geralmente insetos. Após a captura, que pode se dar em diferentes tipos de ‘armadilhas’ (urnas, vesículas de sucção e tentáculos adesivos), a presa entra em contato com glândulas digestivas que secretam enzimas, iniciando-se o processo de digestão.

As diferentes espécies têm grande diversidade de enzimas digestivas, como amilase e invertase (responsáveis pela digestão de açúcares), lipase e esterase (que digerem gorduras) e protease (que digere proteínas). As proteases são encontradas em todos os grupos de plantas carnívoras, uma vez que a presa apresenta elevado percentual de pro-





teína, que tem em sua constituição o nitrogênio, liberado durante a digestão.

Em alguns casos as plantas carnívoras se associam a bactérias para otimizar ou completar o processo digestivo. Após a digestão, a presa fica reduzida a compostos pequenos e solúveis, que são absorvidos por células especializadas da “armadilha”.

[CH 179 – janeiro/fevereiro/2002]

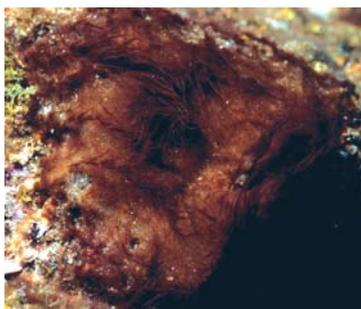
## É verdade que carcaças de diatomáceas são usadas como abrasivos na composição de pasta de dentes?

Viviane Moschini  
Carlos

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS  
BIOLÓGICAS,  
UNIVERSIDADE DO EXTREMO  
SUL CATARINENSE

Fitoplâncton é definido como uma comunidade vegetal microscópica, que flutua livremente nas diversas camadas de água, estando sua distribuição vertical restrita à zona iluminada. Na presença de energia luminosa, promove o processo de fotossíntese – um dos responsáveis pela base da cadeia alimentar do meio aquático. Está presente em todos os sistemas aquáticos de nosso planeta (água doce e salgada). É constituído por representantes taxonômicos de vários grupos de algas (*Cyanobacteria*, *Chlorophyta*, *Euglenophyta*, *Dinophyta* etc.).

As diatomáceas, pertencentes à classe Bacillariophyceae, possuem cerca de



250 gêneros e 100 mil espécies, ocorrendo em ambientes marinhos e de água doce. Todas as espécies são unicelulares ou coloniais. Sua cor varia de marrom-amarelada e escura a verde-amarelada devido aos pigmentos fucoxantina (marrom), beta-caroteno e xantofilas, presentes nos cloroplastos. A parede celular, denominada de frústula, é constituída por sílica e substâncias pécticas.

Após a morte das diatomáceas, as frústulas, extremamente resistentes devido à presença de sílica, são depositadas no fundo de lagos ou mares. Esses depósitos fósseis que ocorreram no período



Terciário são denominados de diatomitos ou terra de diatomáceas. Podem atingir grandes proporções, como o de Lampoc, na Califórnia (Estados Unidos), de origem marinha, com quilômetros de extensão e cerca de 900 m de espessura.

Na Califórnia, são extraídas anualmente mais de 270 mil toneladas de terra de diatomáceas para uso industrial. No Nordeste do Brasil, também existem alguns diatomitos. A aplicação industrial é muito grande, podendo ser utilizada como abrasivo para polimento de prata, como material filtrante e isolante térmico em caldeiras (refinarias de açúcar), vernizes, pastas de dente, batons etc.

[CH 174 – agosto/2002]

### *O que confere dureza ao grão de pólen, tornando-o quase indestrutível?*

Os grãos de pólen – gametas masculinos das plantas com flores – e os esporos das samambaias são células

reprodutivas. Ambas são formadas por citoplasma envolvido por duas membranas: a intina, que é interna e similar à membrana das outras células vegetais; e a exina, de organização complexa, inexistente nas outras células vegetais e animais.

A exina é a única parte dos grãos de pólen e dos esporos a ser preservada.

Isso se deve à sua grande resistência em relação à maioria dos agentes químicos – essa membrana só é destruída após uma exposição prolongada num meio oxidante. A composição da exina é semelhante à da celulose, mas apresenta uma molécula maior ( $C_{90}H_{144}O_x$ ) que não é bem conhecida. A substância formadora da exina, a esporopolenina, lhe confere estabilidade química e elasticidade grandes.

Enquanto estão nas plantas, os grãos de pólen e os esporos das samambaias são submetidos a variações de temperatura e de umidade que podem ser muito significativas. Depois da maturação, ambos precisam ser transportados, pelo vento, pela água, por insetos ou por pássaros: o grão de pólen, até o interior de uma

*Jean-Pierre Ybert*

INSTITUTO DE PESQUISA  
PARA O DESENVOLVIMENTO  
(IRD), FRANÇA



flor para que haja fecundação de um óvulo; o esporo, até encontrar condições favoráveis à sua germinação. A principal função da exina é proteger a matéria viva – citoplasma e núcleo – da dessecação, do excesso de umidade e de outros tipos de agressões durante o processo de maturação e transporte. Além disso, a exina possui todos os caracteres morfológicos que permitem a identificação taxonômica dos grãos de pólen e dos esporos. *[CH 166 – novembro 2000]*



Os vegetais são resistentes à grande maioria dos microrganismos pela ação de barreiras físicas e químicas constitutivas, como por exemplo a parede celular, a cutícula e os compostos antimicrobianos. No entanto, ao longo da evolução, uma pequena parte dos microrganismos especializou-se superando essas barreiras, tornando-se patogênica às plantas. Nesses casos, a planta responde através da indução dos mecanismos de defesa vegetal. Ocorre, então, o reforço das paredes celulares através da deposição de lignina e calose, há síntese de espécies reativas de oxigênio e de proteínas de defesa como as quitinases e glucanases.

A resistência depende da velocidade com que a planta reconhece o patógeno. Quando esse reconhecimento é rápido, aparecem lesões necróticas na região próxima ao ponto de infecção, contribuindo para impedir o espalhamento do patógeno e, conseqüentemente, a infecção sistêmica. Após a formação dessas lesões, a planta produz uma resposta conhecida como resistência sistêmica adquirida, que resulta em imunidade dos tecidos saudáveis a um amplo espectro de patógenos, como vírus, bactérias e fungos, e não somente àquele que desencadeou a resposta inicial de defesa.

[CH 159 /0 abril/2000]

### *Só os fungos realizam a nutrição heterótrofa ou ela é encontrada em outras formas de organismos?*

A nutrição heterótrofa por absorção é realizada por fungos filamentosos, leveduras (fungos não filamentosos), bactérias, actinomicetos (grupo especial de bactérias) e alguns protistas.

*Iracema Helena  
Schoenlein-Crusius*

INSTITUTO DE BOTÂNICA,  
SECRETARIA DO  
MEIO AMBIENTE  
DO ESTADO DE SÃO PAULO



Entre os protistas, os coanoflagelados geralmente fazem fagocitose (processo de ingestão de alimentos sólidos pelas células), mas podem realizar a absorção como estratégia adaptativa temporária. Também os representantes dos filos *Hyphochytriomycota* e *Chytridiomycota* (que antes eram classificados dentro do reino dos fungos) realizam absorção.

[CH 155 – novembro/1999]



## Quais as micotoxinas mais importantes e o que elas causam ao organismo humano?

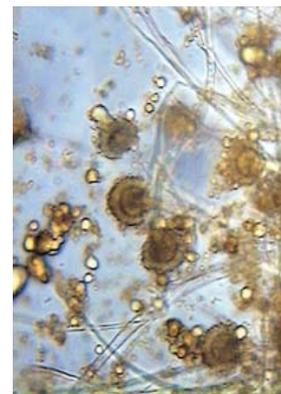
**Benedito Corrêa**  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS  
BIOLÓGICAS,  
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Micotoxinas são substâncias tóxicas produzidas por fungos (bolor) contaminantes de alimentos ou outros produtos agrícolas, capazes de provocar intoxicações (chamadas micotoxicoses) quando ingeridas pelo homem ou animais. Essas toxinas podem ser liberadas ainda no campo ou após a colheita, no armazenamento, durante o transporte, no processamento do alimento ou em qualquer fase de consumo.

O desenvolvimento de fungos tóxicos e a produção de micotoxinas dependem de diversos fatores. Mas o tipo de substrato, a umidade e a temperatura são os fatores primordiais.

As micotoxinas e seus respectivos produtores podem ser distribuídos em três grandes grupos: o das aflatoxinas, sintetizadas, principalmente, por *Aspergillus flavus* e *A. parasiticus*; o das ocratoxinas, produzidas pelos fungos *A. alutaceus* e *A. ochraceus* e muitas espécies do gênero *Penicillium*; e o das fusariotoxinas, produzidas por espécies do gênero *Fusarium*. As principais representantes desse grupo são zearalenonas, tricotecenos e fumonisinas.

Algumas micotoxinas agem inicialmente interferindo na síntese protéica, produzindo necrose da pele, imunodeficiência extrema e problemas neurológicos. O efeito agudo mais freqüente é a deterioração das funções hepática e renal, que em alguns casos pode levar à morte. Já o efeito crônico de muitas micotoxinas é a indução de câncer, principalmente no fígado.



*Uma pessoa que nunca teve dengue pode contrair a forma hemorrágica na primeira contaminação? A infecção tem alguma relação com a baixa imunidade do organismo?*

A resposta para a primeira pergunta é sim. Todos os quatro sorotipos de dengue (1, 2, 3 e 4) podem produzir formas assintomáticas, brandas, graves e fatais. Devem-se considerar três aspectos: a) todos os sorotipos podem levar ao dengue grave na primeira infecção, porém isso ocorre com maior frequência, após a segunda ou terceira infecção, b) há uma proporção de casos de infecção subclínica, em que as pessoas são expostas à picada infectante do mosquito *Aedes aegypti*, mas não apresentam a doença clinicamente, embora fiquem imunes ao sorotipo com o qual se infectaram; isso acontece em 20% a 50% dos infectados, c) a segunda infecção por qualquer sorotipo do dengue é quase sempre mais grave que a primeira, independentemente dos sorotipos e da seqüência dos mesmos; entretanto, os tipos 2 e 3 são mais virulentos. É importante lembrar que muitas vezes a pessoa não sabe se já teve dengue: ela pode ter tido a infecção subclínica (sem sinais e sintomas) ou ter-se infectado com formas brandas da doença, facilmente confundidas com outras viroses febris agudas.

*Keyla Marzochi*

INSTITUTO DE PESQUISA  
CLÍNICA EVANDRO CHAGAS,  
FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ/RJ

A resposta para a segunda pergunta é não. Pode até ser o contrário. As formas mais graves do dengue poderiam estar associadas a uma “excessiva” resposta imunológica do organismo ao vírus, que acaba por prejudicar o paciente. É como se houvesse uma “hipersensibilidade” ao vírus, uma reação das células de defesa do organismo (linfócitos e macrófagos) através da produção de substâncias (cininas) responsáveis pelo processo de aumento da permeabilidade vascular, levando à perda de líquidos do conteúdo vascular para fora dos vasos, provocando queda da pressão arterial e choque – causa principal do óbito, e não a hemorragia.

Felizmente, as formas graves são raras e variam de 0% a 10% dos casos durante epidemias. A forma hemorrágica (dengue vem da palavra *dengo*, gênero masculino, de origem africana), por definição da Organização Mundial da Saúde, caracteriza-se pela concomitância de alterações laboratoriais: diminuição de



plaquetas para menos de 100 mil, elevação de hematócritos acima de 20% (hemoconcentração), e de alterações clínicas associadas à síndrome febril, com gravidade variável. Essa pode ser classificada em: grau 1 – hemorragia da pele induzida pela prova do torniquete ou do laço (deixa-se o manguito do aparelho de pressão arterial entre a pressão máxima e a mínima por cinco minutos; a prova é positiva se aparecerem na dobra do cotovelo, em uma área mínima de 2,5 cm<sup>2</sup>, mais de 20 pontos vermelhos, que se denominam petéquias); grau 2 – a primeira situação somada a hemorragias espontâneas de pele (petéquias) e mucosas (nasais, gengivais, aumento do fluxo menstrual, sangramento urinário e/ou vômitos sanguinolentos); grau 3 – acrescentam-se ao quadro anterior derrames cavitários (pleural, peritoneal, pericárdico) e/ou sinais de pré-choque (redução da pressão arterial, do fluxo urinário e do enchimento capilar, pulso fino e rápido, palidez, extremidades frias, sudorese, sonolência); grau 4 – sinais de choque: agravamento do quadro, com pulso e pressão imperceptíveis, ausência de diurese (fluxo de urina), torpor e perda de consciência, que podem evoluir para o óbito. Essa classificação, no entanto, tem muitos problemas práticos porque, em significativa parte dos casos, o paciente pode evoluir, sem apresentar alterações hemorrágicas clínicas ou laboratoriais, para a síndrome de pré-choque ou choque, ou apresentar outras manifestações graves (neurológicas, hepáticas e/ou cardíacas), também sem ter tido hemorragias prévias.



O dengue clássico caracteriza-se por redução do número de plaquetas e hemoconcentração, assim como pela presença da chamada febre do dengue (início súbito), dores de cabeça, musculares, articulares, ósseas, abdominais, erupções na pele (parecida com rubéola), coceira – principalmente nas palmas das mãos e nas plantas dos pés –, náuseas, vômitos, diarreia, tonturas ao sentar ou levantar, hemorragias induzidas ou espontâneas. A febre pode desaparecer no terceiro dia, mas as manifestações podem progredir (a presença de febre por

menos de sete dias, associada a dois ou três desses sintomas, indica dengue clássico e deve ser notificado).

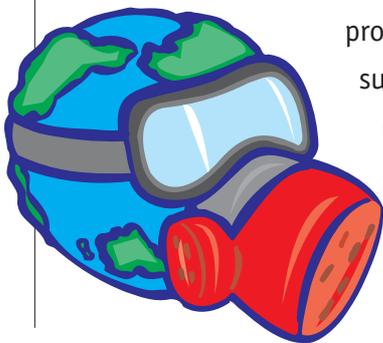
A doença evolui para a cura em cinco a sete dias, no máximo 10. Alguns sintomas podem prenunciar gravidade, mesmo que não haja alterações laboratoriais, como vômitos muito freqüentes, dor abdominal importante, tonturas com hipotensão postural, hemorragias. Esses casos devem ficar sob observação médica. Além disso, condições prévias ou associadas, como referência de dengue anterior, idade avançada, hipertensão arterial, diabetes, asma brônquica e outras doenças respiratórias crônicas graves podem favorecer a evolução com gravidade.

[CH 181 – abril/2002]

### *Quais são os países que mais poluem o mundo e de que maneira o fazem?*

A poluição ambiental é uma das principais pragas da civilização. De modo geral, podemos dividir os poluentes que mais causam danos aos ecossistemas em dois grandes grupos. O primeiro inclui substâncias presentes nos efluentes de grandes áreas urbanas, principalmente associadas à disposição imprópria de resíduos sólidos (lixo) e ao tratamento inadequado ou inexistente de esgoto sanitário.

Os ambientes aquáticos, como rios, estuários e áreas costeiras, são os mais afetados. Nesse grupo encontram-se a matéria orgânica e o excesso de nutrientes – particularmente nitrogênio e fósforo –, que promovem a proliferação de algas e plâncton em águas naturais. O resultado são ambientes anóxicos ou subóxicos, ou seja, com níveis insuficientes de oxigênio para o pleno desenvolvimento da vida aquática. Os países pobres e populosos são os principais agentes desse tipo de poluição, cuja causa está diretamente relacionada à baixa condição de vida da população.



*Luiz Drude de Lacerda*

DEPARTAMENTO DE  
GEOQUÍMICA, UNIVERSIDADE  
FEDERAL FLUMINENSE



O segundo grupo, composto pelos poluentes de origem industrial, inclui substâncias tóxicas, como metais pesados, gases de efeito estufa e efluentes da agricultura mecanizada. Ao contrário dos contaminantes do primeiro grupo, cujo efeito é geralmente local ou, no máximo, regional, esses têm o poder de afetar o ambiente em escala global. Por exemplo: o excesso de nutrientes da agricultura do meio-oeste norte-americano, drenado para o oceano pelo rio Mississippi, é responsável por extensas áreas de anoxia no golfo do México. A emissão de gases de efeito estufa (principalmente de dióxido de carbono) e de metais pesados (como o mercúrio) para a atmosfera origina-se em grande parte na geração de energia pelos Estados Unidos e por países da comunidade europeia, que consomem cerca de 70% dos combustíveis fósseis do planeta. *[CH 203 /0 abril/2004]*

### *Quando e por que se formou a camada de ozônio?*

*Luiz Carlos  
Baldicero Molion*

DEPARTAMENTO  
DE METEOROLOGIA,  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DE ALAGOAS

A atmosfera que envolvia a Terra há 4,6 bilhões de anos era provavelmente constituída de hidrogênio e hélio, os dois gases mais abundantes do universo, e de compostos de hidrogênio, como metano e amônia. Acredita-se que essa atmosfera primitiva tenha escapado para o espaço exterior devido ao calor da superfície da jovem Terra e da leveza desses gases. Uma segunda atmosfera ter-se-ia formado a partir de gases e vapor d'água que emanavam das rochas fundidas (magma) no interior da Terra através de vulcões e fumarolas da litosfera.

A concentração de oxigênio, o segundo gás mais abundante no planeta, provavelmente começou a ocorrer de modo lento, graças ao processo de fotodissociação, isto é, à quebra da molécula de água por fótons que compõem a radiação solar. O hidrogênio, por ser muito leve, escapou para o espaço exterior, enquanto o oxigênio se manteve na at-



mosfera. A vegetação marinha, através da fotossíntese, pode ter contribuído para elevar mais rapidamente a concentração desse gás. Formado o oxigênio, a camada de ozônio passou a se estabelecer pelo mesmo processo, também chamado fotólise. Uma molécula de  $O_2$ , constituída de dois átomos de oxigênio, é quebrada pela radiação ultravioleta (UV) do Sol. Os átomos liberados se recombinam formando ozônio ( $O_3$ ).

Essa reação fotoquímica só ocorre na estratosfera, entre 20 e 50 km de altura, pois é a região onde há fluxo intenso de UV. Por absorver UV na produção do  $O_3$ , a estratosfera se aquece, fica mais leve que os níveis mais altos da troposfera, a camada mais próxima da superfície, e o transporte gasoso torna-se muito reduzido entre as duas camadas. Dessa forma, o  $O_3$  se acumula na alta estratosfera, formando uma camada.

A radiação UV, por conter muita energia, inviabilizaria a vida na Terra. Mas, como a formação de ozônio consome radiação UV, a camada desse gás, tão logo se formou, permitiu que a vida passasse dos oceanos para os continentes. A camada de ozônio filtra, assim, boa parte dos raios ultravioleta, tornando possível a existência de vida terrestre.

Essa camada apresenta grande variabilidade, tanto no espaço como no tempo, sendo mais fina nas regiões equatoriais e mais espessa nos pólos. Pessoas de pele branca, com baixo teor de melanina, correm o risco de contrair câncer de pele (melanoma) ao se exporem ao sol tropical, já que a camada de  $O_3$  absorve poucos raios ultravioleta por ser mais fina sobre essa região. [CH 175 /0 setembro/2002]

---

### *Por que o maior buraco da camada de ozônio se localiza na Antártida, onde quase não há liberação de gases poluentes?*

O único buraco na camada de ozônio situa-se sobre a Antártida. Em qualquer outro lugar da Terra, ocorre uma diminuição lenta e gradual da camada de ozônio. A ex-

*Volker W.J.H. Kirchhoff*  
DIVISÃO DE GEOFÍSICA  
ESPACIAL, INSTITUTO NACIONAL  
DE PESQUISAS ESPACIAIS



plicação para esse fenômeno está nas condições especiais do pólo Sul, que aumentam a eficácia das reações químicas, responsáveis pela destruição do ozônio na estratosfera. Que condições são essas? Em primeiro lugar, as temperaturas muito baixas na estratosfera – as menores do planeta – produzem as chamadas nuvens estratosféricas polares, aumentando a eficácia das reações. Em segundo lugar, a circulação no pólo Sul se dá em torno de um ponto chamado vórtice, que atua como uma espécie de redemoinho, produzindo o isolamento da região e deixando as reações químicas destruírem o ozônio disponível.

No pólo Norte, ao contrário, a circulação é bipolar, o que significa que sempre há renovação do ar estratosférico e, com isso, o buraco não se forma. Deve-se notar que a concentração dos CFCs (clorofluorcarbonetos) é quase a mesma em qualquer ponto do planeta, porque esses gases têm vida muito longa e podem viajar no espaço durante muito tempo. Isso possibilita uma distribuição mais equilibrada dos gases poluentes apesar de as principais fontes emissoras estarem no hemisfério Norte.

[CH 172 – junho/2002]

### *O que ocorreria na atmosfera se houvesse uma quantidade de oxigênio superior a 21%?*

*Fábio Gonçalves*

INSTITUTO DE ASTRONOMIA,  
GEOFÍSICA E CIÊNCIAS  
ATMOSFÉRICAS,  
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Com a dinâmica da atmosfera, praticamente nada mudaria se o aumento fosse discreto. As formas de vida poderiam continuar a existir sem grandes alterações. Se o aumento fosse muito grande, por exemplo, de 80% a 100%, a atmosfera seria altamente inflamável e letal – qualquer fagulha explodiria uma área enorme. A atmosfera na Terra provavelmente já teve percentuais maiores (aproximadamente 32%) durante o período Terciário, quando os dinossauros dominavam o planeta. Essa grande quantidade de oxigênio também permitiu a existência de grandes insetos, como baratas de 70 cm. Na atual percentagem, elas morreriam sufocadas.

[CH 198 – outubro/2003]

## *Por que existe inversão térmica na estratosfera?*

A atmosfera da Terra se estende por vários quilômetros acima do nível do mar. Para melhor estudá-la, os cientistas convencionaram dividi-la em regiões, de acordo com suas características e fenômenos. Uma dessas regiões é a estratosfera, que se estende em uma faixa entre 12 km e 50 km de altitude.

*Cláudio Elias*

INSTITUTO DE FÍSICA,  
UNIVERSIDADE DO ESTADO  
DO RIO DE JANEIRO

Na estratosfera encontra-se a camada de ozônio, cuja máxima concentração está entre 15 km e 30 km de altura. À medida que a altitude aumenta, a temperatura atmosférica diminui – fato fácil de perceber quando viajamos para regiões montanhosas, em geral mais frias. Contudo, na região da estratosfera acima de 15 km ocorre uma inversão de temperatura, ou seja, ela aumenta progressivamente e só volta a diminuir por volta dos 50 km. Isso acontece porque o ozônio absorve a radiação ultravioleta do Sol. Como sua concentração é maior nessa faixa, ocorre o aumento da temperatura na estratosfera. [CH 194 – junho / 2003]



## *O que ocorreria com o clima se a floresta amazônica fosse totalmente devastada?*

A floresta amazônica ocupa menos de 2% da superfície da Terra. Qualquer perturbação em seu território dificilmente causaria impacto em todo o clima mundial. No entanto, devemos lembrar que a Amazônia é muito ativa em termos

*Carlos Nobre*

CENTRO DE PREVISÃO DE  
TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS,  
INSTITUTO NACIONAL DE  
PESQUISAS ESPACIAIS/ SP



meteorológicos. A média anual de precipitação pluviométrica na região é de 2,3 m, ao passo que no resto do planeta é de 1 m. Teoricamente, alterações na vegetação da superfície poderiam comprometer a evaporação e, por conseguinte, as chuvas.

Estudos indicam que o desmatamento completo da Amazônia causaria um aumento na temperatura do ar de até 2°C e, possivelmente, uma redução de 10% a 20% das chuvas na região. Isso iria gerar uma tendência à “savanização”, isto é, a predominância de vegetação de cerrado mesmo que as árvores tentassem crescer em áreas de agricultura ou pastagens.

A diminuição das chuvas também poderia, em princípio, alterar o clima em pontos mais distantes do planeta, mas a ciência ainda não conseguiu prever quais regiões seriam afetadas. [CH 190 – janeiro/fevereiro/2003]



## *Quais são as conseqüências da superpopulação humana para o planeta?*

*Fernando Dias  
Avila Pires*

DEPARTAMENTO  
DE MEDICINA TROPICAL,  
FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ

Superpopulação humana significa excesso de habitantes em relação à disponibilidade de recursos – não só alimentares como todos aqueles necessários para um desenvolvimento sustentável. Algumas de suas conseqüências para o planeta são: demanda crescente de terras para cultivo, degradação dos solos, escassez de água, esgotamento de recursos naturais não-renováveis, poluição ambiental, redução da biodiversidade e das paisagens naturais, criação de megalópoles e saturação dos sistemas de educação e saúde. Porém, não se deve deixar de considerar que a distribuição da população no globo não é uniforme e o impacto sobre os recursos é muito diferente nos distintos países e em diferentes regiões de cada país, de acordo com os padrões de consumo. Até hoje, foram feitas várias previsões sobre o limite máximo da população humana, todas elas imprecisas.

Em 1749, o sueco I. J. Birberg, doutorando em botânica da Universidade de Uppsala, formulou uma tese sobre o que se denominava, na época, “economia da natureza”. Ele afirmava que, sob a regência do soberano criador, plantas, animais herbívoros e carnívoros se manteriam em equilíbrio perfeito.

Um século depois, à medida que eram formulados os primeiros conceitos da ecologia, essa idéia de um “equilíbrio natural estável” foi sendo substituída pela constatação científica de que freqüentemente ocorrem aumentos e reduções no número de indivíduos das populações naturais, o que pode resultar em extinções locais ou até mesmo totais. Fósseis de espécies extintas confirmam esses dados.

No final do século 18, o clérigo inglês Thomas R. Malthus (1766-1834) publicou um pequeno ensaio, no qual levantou a hipótese de que a espécie humana tenderia a se reproduzir além do que permitem os recursos disponíveis para sua sobrevivência. As conseqüências disso seriam fome, miséria, epidemias e guerras. Até hoje Malthus é citado por demógrafos, economistas, ambientalistas e especialistas de diversas áreas nas discussões sobre crescimento populacional e análise de recursos.

Críticos do malthusianismo alegam que o homem desenvolveu métodos para incrementar a produção de alimentos e a utilização dos recursos naturais – renováveis ou não. Neomalthusianos, por sua vez, pregam o controle da natalidade e o planejamento familiar para evitar os malefícios do aumento populacional. As relações entre população humana e ambiente, entretanto, são extremamente complexas e não podem ser reduzidas a equações simplistas.

Quem quiser se informar mais pode consultar o recente relatório da ONU sobre a população mundial no *site* [www.unfpa.org/swp/2001/english/ch01.html](http://www.unfpa.org/swp/2001/english/ch01.html).





## *As plantações de arroz estão relacionadas com o aumento do gás metano na atmosfera terrestre, participando assim do efeito estufa?*

*Luiz Carlos  
Baldicero Molion*

DEPARTAMENTO  
DE METEOROLOGIA,  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DE ALAGOAS

Quando se ouve falar de efeito estufa, as primeiras idéias que vêm à mente são derretimento de calotas polares, aumento do nível do mar, desastres naturais... Um caos, enfim, para a humanidade. Mas, de fato, foi o efeito estufa que transformou a Terra, um possível pedaço de gelo, em um planeta habitável. Sem ele, a temperatura média da superfície do planeta seria de  $-18^{\circ}\text{C}$ , em vez de  $15^{\circ}\text{C}$ .

O metano ( $\text{CH}_4$ ), também chamado 'gás do pântano', é um dos gases de efeito estufa. Sua concentração, estimada em 1,72 ppm (parte por milhão), vem crescendo na razão de 0,9% ao ano. Quando áreas de plantios são alagadas, a decomposição vegetal promove a formação de  $\text{CH}_4$ . Isso pode ocorrer naturalmente – como, por exemplo, durante as cheias periódicas de várzeas ribeirinhas na Amazônia e no Pantanal Mato-grossense – ou em decorrência da ação humana. São exemplos do último caso o plantio de arroz em área alagável ou a construção de lagos artificiais que inundam florestas. Outras fontes de  $\text{CH}_4$  são a queima de biomassa, os gases entéricos de animais, os cupins e os oceanos.

Os cientistas atribuem a elevação de sua concentração ao aumento da produção de alimentos, como arroz e gado. Estima-se que a contribuição das plantações de arroz seja de 20% e a da criação de gado gire em torno de 14%. Mas pode haver também contribuições naturais. Observou-se que a segunda metade do século 20 foi mais chuvosa que a primeira, o que teria provocado o aumento de áreas alagáveis. Observou-se também, tomando como base o início e o fim do século 20, que a temperatura média da superfície dos oceanos subiu  $0,6^{\circ}\text{C}$ . Esse aumento reduziu a capacidade dos oceanos de absorver carbono, e eles passa-



ram, como um refrigerante aquecido, a expulsar o gás em solução, provocando o acúmulo de mais  $\text{CH}_4$  na atmosfera.

A concentração de metano ainda é pequena, mas, em princípio, seu aumento seria mais eficiente para intensificar o efeito estufa do que o de gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ). Afinal, 1 kg de metano e 58 kg de  $\text{CO}_2$  absorvem igual quantidade de radiação. Mas sua ação teria mais impacto em regiões temperadas e polares, cuja atmosfera concentra pouco vapor d'água. A banda de absorção do  $\text{CH}_4$ , vale lembrar, se sobrepõe à do vapor d'água, o gás-estufa mais abundante da Terra.

[CH 173 – julho/2001]

### *Países em pequenas ilhas podem ser submersos pelo aquecimento global?*

*Recentemente os presidentes da Micronésia e das Ilhas Maldivas pediram socorro na ONU, temendo a submersão dessas ilhas do Pacífico em virtude do aquecimento da Terra e do conseqüente degelo das calotas polares. Consta que o arquipélago da Micronésia já teve dois atóis engolidos pelo mar. É verdade que os oceanos terão aumentado entre 30 a 100cm em 2100 por causa do aquecimento global?*

O projetado aquecimento global entre 1,5°C e 4,5°C – e o conseqüente aumento dos níveis dos mares entre 30cm e 100cm, em virtude da expansão térmica de suas águas – para o fim do próximo século baseia-se na hipótese de a concentração do gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) vir a dobrar em função das atividades humanas e resulta de simulações feitas com modelos globais de clima (MCG).

Primeiro, o fato de o  $\text{CO}_2$  ter aumentado em cerca de 13% nos últimos 40 anos não garante que sua concentração continuará a aumentar no futuro. Segundo, os modelos usados para testar tal hipótese são ainda muito imperfeitos e seus re-

*Luiz Carlos  
Baldicero Molion*

DEPARTAMENTO  
DE METEOROLOGIA,  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DE ALAGOAS



sultados apresentam muitas disparidades quando comparados entre si. Portanto, sob uma análise científica, isenta de tendências, não há garantia de que o aquecimento global e suas conseqüências venham a ocorrer. Por outro lado, mostramos há dois anos que 80%



do aquecimento de 0,5°C observado nos últimos 150 anos ocorreu entre 1915 e 1945, quando a humanidade lançava na atmosfera menos de 20% do carbono liberado atualmente. E que esse período coincide com uma grande redução de atividade vulcânica, que resultou numa atmosfera mais transparente, na maior entrada de radiação solar no sistema Terra-atmosfera e no conseqüente aumento de temperaturas do ar e dos oceanos, além do aumento da própria concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera.

A causa mais provável dos riscos de submersão das ilhas do Pacífico é o afundamento de placas tectônicas. A superfície terrestre é um sólido não contínuo com cerca de 20 placas gigantes que se movimentam. Se a placa da América do Sul, por exemplo, sofrer um afundamento de um milionésimo de grau, o nível dos mares na costa brasileira subiria de 5cm a 10cm. Outro exemplo: o nível do mar está diminuindo na costa norte da Venezuela e aumentando em sua costa oeste. Portanto, tanto o aquecimento global observado como os movimentos tectônicos são fenômenos naturais. Isso não quer dizer que não devemos tomar os cuidados necessários para garantir as condições de vida no planeta. [CH 132 - Outubro/1997]

121

5. BIODIVERSIDADE  
E AMBIENTE

### *Quais são os riscos de uma futura falta d'água mundial?*

*Vinicius Farjalla  
e Francisco  
de Assis Esteves*

DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA,  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO DE JANEIRO

Os riscos de uma possível falta d'água são elevados, pois apenas 2,7% do total de água existente na Terra corresponde à água doce. Dessa parcela, 76,6% encontram-se sob forma de gelo acumulado nas calotas polares e nas altas montanhas. Portanto, somente uma pequena parte (menos de 1%) de toda

a água existente em nosso planeta está disponível para o consumo humano. Devido à intensificação dos processos de degradação dos corpos d'água pela ação do homem, grande parte da água doce disponível está seriamente contaminada, principalmente os corpos próximos às cidades. Por isso, acredita-se que a crise da água será uma das grandes questões do século 21.

Porém, essa crise ainda pode ser evitada. A primeira medida é cessar o despejo de esgotos não-tratados e de outros contaminantes nos corpos d'água. Deve-se também alterar o gerenciamento desses corpos e, principalmente, de suas bacias de drenagem. Na Europa, têm sido observados exemplos positivos no gerenciamento e manejo de importantes bacias e rios multinacionais, altamente poluídos, como as bacias dos rios Danúbio e Pó, situadas justamente nos países que, naquele continente, seriam os mais afetados por uma possível crise da água. A multinacionalidade dos grandes corpos d'água europeus, aliada ao fato de a água ser um recurso natural estratégico para qualquer país, pode, em um futuro próximo, desencadear uma guerra mundial.

[CH 169 – março/2001]

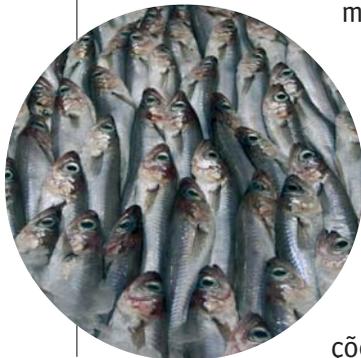
### *Está diminuindo a quantidade de peixes no mar devido à pesca predatória?*

### *O fenômeno também ocorreria na costa brasileira?*

Primeiro, vamos deixar claro que toda pesca é predatória, pois “predação” ocorre quando um animal se alimenta de outro. Assim, o homem alimenta-se dos peixes através da pesca.

*Miguel Petrere Jr.*

DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA  
DA UNIVERSIDADE ESTADUAL  
PAULISTA DE RIO CLARO (SP)



Em todo o mundo, a quantidade de peixes vem gradativamente diminuindo nos mares (e rios), dada a dificuldade que temos em manejar os estoques pesqueiros de modo adequado devido a pressões políticas, falta de conhecimento da biologia básica de algumas espécies e, em muitas situações, por simples descaso. Mesmo aqueles estoques muito bem



estudados do hemisfério Norte, como os do linguado, bacalhau, arenque, etc., explorados por frotas pesqueiras internacionais dos países mais ricos, estão superexplorados e alguns deles estão comercialmente extintos há bastante tempo.

No Brasil, embora o Ibama (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis) atue com grande competência e responsabilidade no manejo de nossos estoques, esse problema é agravado porque nosso mar é predominantemente tropical, com estoques de baixa densidade natural.

Assim, as capturas de espécies mais valiosas, como a piramutaba e a lagosta, por exemplo, no momento, ultrapassam o rendimento máximo sustentável, que é a quantidade indicada pelos especialistas para ser capturada sem provocar danos, em alguns casos irreversíveis, ao estoque pesqueiro. [CH 135 – janeiro/fevereiro/1998]

---

### *A fumaça de combustão do lixo doméstico é tóxica? As cinzas de plásticos têm substâncias nocivas às plantas? O que fazer com o papel alumínio?*

*Patricia Blauth*  
PROGRAMA USP RECICLA,  
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

A queima de qualquer resíduo ao ar livre é considerada fonte de poluição, independentemente de sua quantidade ou composição. Certamente a presença de plásticos, e especialmente de produtos e embalagens de PVC, torna a fumaça dessa queima ainda mais tóxica. A queima de lixo, apesar de prática comum tanto nas cidades quanto na zona rural, é proibida no estado de São Paulo (Decreto nº 8.468/76).

As cinzas resultantes do processo de combustão podem conter metais pesados (originários dos plásticos ou de sua pigmentação), que contaminam o solo, as águas subterrâneas e a vegetação. O aproveitamento dessas cinzas e de seus nutrientes no solo, ainda que para fins de reflorestamento ou jardinagem, e não para alimentação, requer uma análise específica do grau de toxicidade.



Quanto ao “papel alumínio”, esse material não se degrada com os resíduos orgânicos separados para compostagem. Considerando que, em muitos municípios, a coleta regular de lixo não atende à zona rural, o alumínio, bem como os demais metais e vidros, deveria ser separado do restante dos resíduos e levado para a cidade. Com isso em mente, por que não separar também plásticos e papéis? E, melhor ainda, por que não pesquisar alternativas para a reciclagem desses materiais, encaminhando-os a catadores, sucateiros ou ferros-velhos da região?

[CH 151 – julho/1999]

### *O que é dioxina e que danos causa à saúde?*

Dioxina é o nome genérico dado às dibenzo-*p*-dioxinas policloradas, compostos químicos com dois anéis de carbono semelhantes ao do benzeno, ligados por dois áto-

*Francisco Paumgarten*

LABORATÓRIO DE TOXICOLOGIA  
AMBIENTAL/ENSP,  
FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ

mos (‘pontes’) de oxigênio. São contaminantes ambientais onipresentes, com efeitos tóxicos sobre os seres vivos, inclusive o homem. Embora não sejam produzidos intencionalmente (não têm utilidade conhecida), são subprodutos de vários processos, como a queima de matéria orgânica na presença do cloro (incineração de lixo, por exemplo), a síntese de compostos organoclorados e o branqueamento de papel com cloro.

O termo ‘policlorada’ indica a presença, nos anéis, de átomos de cloro substituindo átomos de carbono. O número e a posição desses átomos de cloro varia, permitindo formar 75 dibenzo-dioxinas diferentes. Propriedades físicas e químicas (e efeitos biológicos) muito semelhantes aos das dioxinas são apresentados também pelos dibenzo-furanos policlorados, compostos com estrutura parecida – neles, os anéis são unidos por uma ‘ponte’ do tipo furano (que envolve apenas um átomo de oxigênio). Dependendo do número e da posição dos átomos de cloro, pode-se ter 135 dibenzo-furanos diferentes.

As dibenzo-dioxinas e os dibenzo-furanos mais tóxicos têm quatro ou mais átomos de cloro. A 2,3,7,8-tetracloro-dibenzo-*p*-dioxina (ou 2,3,7,8-TCDD) é a



mais perigosa, mais persistente no ambiente e também a mais estudada, mas seus efeitos tóxicos variam muito entre os diferentes animais de laboratório. A DL50 (dose que mata 50% dos animais expostos), por exemplo, varia de 0,6 mg/kg de peso corporal na cobaia a 5.051 mg/kg no hamster. Tomando a cobaia como referência, pode-se dizer que a TCDD é uma das substâncias mais tóxicas conhecidas. Em animais, causa rápida perda de peso, atrofia do timo, malformações nos fetos, câncer e alterações no fígado. No homem, a única doença específica até agora atribuída à TCDD é a cloracne, grave afecção da pele, com lesões semelhantes à da acne – observada, por exemplo, nos acidentes industriais de Seveso (Itália) e Hamburgo (Alemanha). Estudos epidemiológicos, porém, sugerem que a alta exposição à 2,3,7,8-TCDD aumenta o risco de câncer.

Dibenzo-dioxinas e dibenzo-furanos são muito estáveis e resistentes à degradação por seres vivos e por agentes físicos (luz, calor etc.), permanecendo por longo tempo no solo e em sedimentos. Nos seres vivos, esses compostos concentram-se no tecido gorduroso e acumulam-se ao longo da cadeia alimentar (passam dos animais menores para seus predadores, sucessivamente). A principal fonte de contaminação humana são os alimentos de origem animal (leite e derivados, carnes, ovos etc.).

Como as relações dose-efeito em seres humanos são pouco conhecidas, o risco das dibenzo-dioxinas e dibenzo-furanos tem sido avaliado basicamente a partir de estudos experimentais em animais. A avaliação, portanto, está sujeita às incertezas de qualquer comparação entre espécies e depende do modelo matemático usado. Por isso, as estimativas de risco de câncer geram controvérsias entre organismos internacionais: a ingestão de TCDD, que se acredita estar associada a um aumento de risco de câncer de 1 em 1 milhão, varia de menos que 0,01 pg por quilo de peso e por dia (para a Agência Ambiental Norte-americana) a 10 pg/kg/dia (para a Organização Mundial de Saúde).

[CH 153 – setembro/1999]

125

5. BIODIVERSIDADE  
E AMBIENTE







**Ministério  
da Educação**

**GOVERNO FEDERAL**