

# ciênciahoje

## ESTATÍSTICAS

O que dá credibilidade aos dados oficiais do país?

## URÂNIO EMPOBRECIDO

O impacto do metal na saúde e no ambiente ainda é polêmico

## ECOLOGIA

Interação entre morcegos e frutos pode gerar florestas

REVISTA DE  
DIVULGAÇÃO  
CIENTÍFICA  
DA SBPC

241



VOL. 41  
SETEMBRO

2007  
R\$ 8,90

# ENXAQUECA

Cada vez mais perto de compreender a doença





# A luta contra a enxaqueca

**Mais do que uma simples dor de cabeça, a enxaqueca** é uma doença, que se manifesta com vários sintomas – de alterações visuais a vômitos – e cujos mecanismos de ação são complexos e desafiadores. Neurocientistas acreditam que pessoas com enxaqueca possam ter nascido com mutações genéticas, que alteram a resposta de uma área do cérebro, desencadeando um processo inflamatório. Além de tentar compreender melhor essas alterações, a busca dos pesquisadores atualmente é por tratamentos mais específicos que bloqueiem a expressão desses genes e normalizem as funções cerebrais, melhorando a vida de milhões de pacientes no mundo inteiro.

**O chamado urânio empobrecido** – que emite radiação em baixas doses e por tempos muito longos – vem sendo amplamente empregado na área civil e militar. Seu uso crescente aumenta a dispersão de partículas desse metal na natureza, expondo sobretudo as populações civis a potenciais riscos. O real impacto dessa contaminação sobre a saúde humana e o meio ambiente ainda é obscuro e polêmico. Somente pesquisas de acompanhamento por longo prazo das populações expostas poderão absolver ou condenar o uso desse tipo de urânio.

**Hoje, produzir dados estatísticos** mais completos e com maior rapidez é um fator estratégico relevante para qualquer país. Essa tarefa geralmente cabe a sistemas estatísticos nacionais, geridos pelo próprio Estado. Mas a aceitação dos dados oficiais pela sociedade depende da credibilidade do modelo teórico que os embasa, da reputação da instituição que os produz e da confiança atribuída pelo usuário. Rever a legislação específica no Brasil, vigente há mais de 30 anos, parece crucial para garantir a qualidade e a transparência necessárias às estatísticas e permitir o pleno exercício da cidadania.

**Mesmo não sendo os animais preferidos** do grande público, os morcegos prestam ‘serviços ecológicos’ essenciais. Ao comer frutos e dispersar sementes de milhares de plantas, esses mamíferos afetam diretamente a estrutura e a dinâmica das comunidades vegetais, em especial nas florestas tropicais.

*A redação*

**INSTITUTO CIÊNCIA HOJE** • Organização Social de Interesse Público da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência. O Instituto tem sob sua responsabilidade a publicação das revistas *Ciência Hoje* e *Ciência Hoje das Crianças*, *CH on-line* (internet), *Ciência Hoje na Escola* (volumes temáticos). Mantém intercâmbio com a revista *Ciencia Hoy* (Corrientes 2835, Cuerpo A, 50 A, 1193, Buenos Aires, Argentina, tels.: 005411. 4961-1824/4962-1330) e conta com o apoio do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF/CNPq), do Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC/CNPq) e da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). **ISSN:** 0101-8515

**DIRETORIA**

**Diretor Presidente** • Renato Lessa (IUPERJ)  
**Diretores Adjuntos** • Alberto Passos Guimarães Filho (CBPF) • Franklin Rumjanek (Instituto de Bioquímica Médica/UFRJ) • Maria Lucia Maciel (Instituto de Filosofia e Ciências Sociais/UFRJ) • Roberto Lent (Instituto de Ciências Biomédicas/UFRJ)  
**Superintendente Executiva** • Elisabete Pinto Guedes  
**Superintendente Financeira** • Lindalva Gurfelid  
**Superintendente de Projetos Estratégicos** • Fernando Szklo

**CIÊNCIA HOJE • SBPC**

**Editores Científicos** • Ciências Sociais – Maria Alice Rezende de Carvalho (IUPERJ) • Ciências Ambientais – Jean Remy Guimarães (Instituto de Biofísica/UFRJ) • Ciências Exatas – Ivan S. Oliveira (Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas) • Ciências Biológicas – Débora Foguel (Instituto de Bioquímica Médica/UFRJ) • Humanidades – Ricardo Benzaquen de Araújo (IUPERJ)

**REDAÇÃO**

**Editora Executiva** • Alicia Ivanishevich; **Editora Assistente** • Sheila Kaplan; **Editor de Texto** • Ricardo Menandro; **Sector Internacional** • Cássio Leite Vieira; **Repórteres** • Andressa Spata, Fred Furtado e Mariana Ferraz; **Colaboraram neste número** • André Marques, Fabíola Bezerra e Felipe Caruso; **Revisoras** • Elisa Sankuevitz e Maria Zilma Barbosa; **Secretária** • Theresa Coelho

**ARTE** • Ampersand Comunicação Gráfica S/C Ltda.  
**Diretora de Arte** • Claudia Fleury; **Programação Visual** • Carlos Henrique Viviane e Raquel P. Teixeira; **Computação Gráfica** • Luiz Baltar; (ampersand@ampersanddesign.com.br)

**SUCURSAS**

**SUL** • Curitiba • Correspondente • Roberto Barros de Carvalho (chsul@ufpr.br). End.: Universidade Federal do Paraná, Departamento de Comunicação Social, Rua Bom Jesus, 650, Juvevê. CEP 80035-010, Curitiba, PR. Tel.: (0xx41) 3313-2038. Apoio: Universidade Federal do Paraná

**REPRESENTAÇÕES**

**SALVADOR** • Coordenador Científico • Caio Mário Castro de Castilho (UFBA) (caio@ufba.br). End.: Instituto de Física/UFBA, Campus da Federação, SSA. CEP 40210-340, Salvador, BA. Tel.: (0xx71) 3263-6660. Fax: (0xx71) 3263-6606

**COMERCIALEPROJETOS EDUCACIONAIS** • Superintendente • Ricardo Madeira; • **Publicidade** • Sandra Soares; **Projetos educacionais** • Clarissa Akemi. End.: Rua Berta, 60 - Vila Mariana, CEP 04120-040, São Paulo, SP. Telefax: (0xx11) 3539-2000 (cienciasp@cienciahoje.org.br). **Circulação e assinatura** • Gerente • Andréia Marques. Telefax: (0xx21) 2109-8959 (amarques@cienciahoje.org.br)

**REPRESENTANTES COMERCIAIS**

**BRASÍLIA** • Joaquim Barroncas – Tels.: (0xx61) 226-1824/9972-0741. Fax: (0xx61) 226-1824

**PRODUÇÃO** • Maria Elisa C. Santos; Irani Fuentes de Araújo

**RECURSOS HUMANOS** • Luiz Tito de Santana

**EXPEDIÇÃO** • Gerente • Adalgisa Bahri

**IMPRESSÃO** • Ediouro Gráfica e Editora Ltda.

**DISTRIBUIÇÃO** • Fernando Chinaglia Distribuidora S/A

**CIÊNCIA HOJE** • Av. Venceslau Brás, 71, fundos – casa 27 – CEP 22290-140, Rio de Janeiro-RJ Tel.: (0xx21) 2109-8999 – Fax.: (0xx21) 2541-5342 • Redação (cienciahoje@cienciahoje.org.br)



A Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, fundada em 1948, é uma entidade civil sem fins lucrativos, voltada para a promoção do desenvolvimento científico e tecnológico no país. **Sede nacional:** Rua Maria Antônia, 294, 4º andar, CEP 01222-010, São Paulo, SP. Tel.: (0xx11) 3259-2766 e Fax: (0xx11) 3106-1002.

Ciência Hoje e CNPq/MCT são parceiros no fortalecimento da iniciação científica e na popularização da ciência

**Apoio**



**ATENDIMENTO AO ASSINANTE E NÚMEROS AVULSOS**  
**0800 727 8999**

**No Rio de Janeiro:** (0xx21) 2109-8999  
**CH On-line:** www.ciencia.org.br  
 chonline@cienciahoje.org.br

**PARA ANUNCIAR**  
 TELFAX.: (0xx11) 3539-2000  
 cienciasp@cienciahoje.org.br



**18 A enxaqueca e seus mistérios**

Doença conhecida desde a Antigüidade, a enxaqueca só começou a ser compreendida há algumas décadas. Hoje, é reconhecida como um sério problema de saúde, mas os conhecimentos já acumulados sobre esse mal permitem amenizar o sofrimento dos pacientes.

Por **Maurice Borges Vincent**

**24 As estatísticas oficiais no mundo atual**

Para qualquer nação, produzir estatísticas mais completas e com maior rapidez é um fator estratégico. Alguns aspectos, porém, são essenciais para que as estatísticas oficiais de um país sejam consideradas confiáveis pelos usuários.

Por **Carmem Aparecida Feijó e Elvio Valente**



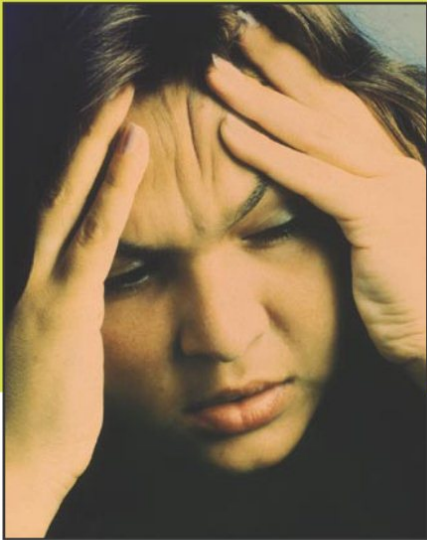
**30 Morcegos e frutos: interação que gera florestas**

Muitas espécies de morcegos alimentam-se de frutos e dispersam sementes de milhares de plantas diferentes. Essa antiga interação é importante para as comunidades vegetais, em especial nas regiões tropicais.

Por **Marco Aurélio Ribeiro de Mello**



Capa: foto Index/Latinstock



## 36 A rica polêmica sobre o urânio empobrecido

O urânio empobrecido, um subproduto das usinas nucleares, vem sendo amplamente usado nas áreas civil e militar. A dispersão de partículas do elemento, devido ao uso crescente, fez surgir uma polêmica sobre seus potenciais riscos para as populações humanas.

Por **Marcus Fernandes de Oliveira**



### O LEITOR PERGUNTA

- 4 Como é possível identificar corpos que tiveram contato com temperaturas próximas aos 1.000°C?
- 4 O que é cardiomiopatia periparto? Que prejuízos a doença pode trazer para o bebê e para a mãe?
- 5 Toda canola comercializada é transgênica?
- 5 Se o ouro tem maior resistividade que a prata e o cobre, por que ele é melhor condutor de eletricidade que esses metais?

### ENTREVISTA

**Quentin Cooper**

- 6 **Ciência: uma perspectiva**  
Divulgador inglês de ciência fala da importância dessa tarefa

### A PROPÓSITO

- 11 **O mundo é minha granja**  
O futuro da biotecnologia segundo um ponto de vista pessimista

### MUNDO DE CIÊNCIA

- 12 **Placebo como recompensa**  
Cientistas identificam área do cérebro associada ao efeito placebo

### EM DIA

- 44 **O novo diamante da coroa britânica**  
Reino Unido inaugura acelerador de luz síncrotron de grande porte
- 49 **Extrato de picão tem efeito anticancerígeno**  
Substância obtida de planta nacional mostra ação contra o câncer
- 50 **Colméias vazias**  
Morte de abelhas em apiários do país tem sua causa investigada
- 52 **Exame de sangue para fibrose hepática**  
Novo método permite diagnosticar doença sem biópsia do fígado
- 54 **Magnetoglobus desafia classificações**  
Descrito organismo multicelular com características inusitadas
- 56 **Melhor em pé que deitado**  
Fruto do pinheiro-do-paraná pode render mais que sua madeira
- 58 **Plataforma de vida marinha**  
Tubos petrolíferos tornam-se criatórios de peixes no fundo do mar

### ENSAIO

- 61 **Leitura e escrita em ciências**  
Estudos indicam meios para melhorar a comunicação científica

### MEMÓRIA

- 64 **Um passo essencial**  
Método que permitiu entender replicação do DNA surgiu há 50 anos

### RESENHA

- 68 **As cidades e suas perdas**  
Resenha do livro *Crônica de duas cidades: Belém e Manaus*, de Benedito Nunes e Milton Hatoum

### PRIMEIRA LINHA

- 70 **Uma estranha na paisagem**  
Planta invasora espalha-se em ambientes degradados no Brasil
- 73 **Insetos com relógio interno**  
Estudo dos ritmos circadianos pode ajudar a combater doenças
- 76 **Reaprendizado mais eficaz**  
Novas técnicas otimizam recuperação de seqüelas de derrames

79

### CARTAS

### QUAL O PROBLEMA?

- 80 **O jogo do troca-discos**  
Como saber, antes de iniciar a disputa, quem será o vencedor





FOTO: RICKEY RODRIGUES/REUTERS

## ? Como é possível a identificação de corpos que tiveram contato com temperaturas próximas aos 1.000°C, como no caso do acidente recente no aeroporto de Congonhas?

ANTONIO ONIVALDO DISSENHA, POR CORREIO ELETRÔNICO

Os métodos tradicionais de identificação forense de cadáveres são geralmente baseados em exames de impressões digitais, arcada dental ou ossos. Entretanto, em casos de desastres aéreos, principalmente aqueles em que houve incêndio e explosão, como o do voo TAM 3054, freqüentemente esses métodos não podem ser utilizados e temos de recorrer ao estudo do DNA.

O DNA é uma molécula orgânica constituída de longas cadeias de milhões de bases. Para identificação das pessoas, podemos estudar regiões repetitivas do DNA nuclear (chamadas micros-satélites ou STRs) ou alternativamente regiões variáveis do DNA mitocondrial. O DNA mitocondrial tem a vantagem de existir em

## ? O que é cardiomiopatia periparto? Que prejuízos a doença pode trazer para o bebê e para a mãe?

MARIANA SOLDANI, SÃO PAULO, SP

A cardiomiopatia periparto é uma forma rara de doença do músculo cardíaco que leva à falência do coração. Pouco conhecida pela população, a doença pode aparecer um mês antes ou até cinco meses após o parto, mesmo em mulheres saudáveis. Os sintomas são cansaço progressivo e crescente em relação aos esforços, dificuldade de respirar mesmo em repouso, chiado no peito, inchaço acentuado nas pernas, palpitações e tonteira. Na maioria dos casos, o que ocorre no coração é uma miocardite (inflamação do músculo cardíaco). Se for feito o tratamento adequado, especialmente repouso, dieta e medicamentos para insuficiência cardíaca, pode haver completa normalização do tamanho e da função do coração em torno de seis meses após o início dos sintomas. Caso não haja melhora, a doença pode evoluir para uma forma crônica de cardiomegalia (coração dilatado) e insuficiência cardíaca, com alta taxa de mortalidade – entre 18% e 56% dos casos.

Os fatores de risco relacionados à cardiomiopatia periparto incluem multiparidade (ter tido vários partos), idade materna avançada (mais de 30 anos), parto de gêmeos, hipertensão gestacional e raça negra.

Se a doença se manifestar antes do parto, dependendo de sua gravidade, bebê e mãe parturiente correm sérios riscos se não houver assistência pré-natal adequada. Algumas das possibilidades são hipóxia (falta de oxigênio) para o bebê e suas graves consequências, incluindo sofrimento do sistema nervoso e diminuição dos reflexos.

Para as mães, o trabalho de parto e toda a adaptação da circulação às perdas naturais sangüíneas, como as alterações volêmicas (quantidade de sangue) e de pressão arterial, requerem um co-

ração saudável. Coração fraco, dilatado ou em franca insuficiência cardíaca são características potencialmente letais. Se a doença se manifesta na mãe após o parto, não há prejuízo orgânico para o bebê, exceto a interrupção do aleitamento. Com o passar do primeiro ano pós-parto, se não houver reversão da dilatação do coração materno, a doença pode evoluir para uma forma crônica de insuficiência cardíaca, sendo alta a taxa de afastamento do trabalho, dificuldade de exercer as atividades habituais, com alta ocorrência de hospitalização e mortalidade. Prejuízos na relação entre mãe e filho gerados por dificuldade no aleitamento, internações e sentimentos de culpa devem ser atenuados com abordagem multidisciplinar em clínicas de insuficiência cardíaca.

### Helena Martino

Departamento de Cardiomiopatias,  
Instituto Nacional de Cardiologia





milhares de cópias nas células, de forma que sua análise é mais sensível. De qualquer forma, precisamos de cadeias de pelo menos 100-150 bases para fazer esses exames. Com altas temperaturas, as cadeias de DNA se quebram em pedaços pequenos. Se estes forem menores que o tamanho crítico de 100 bases, os estudos se tornam efetivamente inviáveis.

Na prática, mesmo em casos de explosão, freqüentemente é possível encontrar alguma parte de um cadáver que não tenha sido completamente carbonizada. O DNA no interior dos ossos e especialmente dos dentes está mais bem protegido e, em um bom número de casos, podem-se obter fragmentos de tamanho adequado para análise. A identificação então é feita pela comparação do padrão genético das vítimas com familiares. No caso do DNA mitocondrial, basta a mãe, um irmão ou irmã ou qualquer outro parente em linhagem materna para a identificação.

No caso de não ser possível uma identificação dos corpos, as famílias podem conseguir uma decisão judicial de “morte presumida” para obter um atestado de óbito.

#### Sergio D. J. Pena

Departamento de Bioquímica e Imunologia,  
Universidade Federal de Minas Gerais e Laboratório GENE (MG)

### ? Toda canola comercializada é transgênica?

FERNANDO ZUCOLOTO, SÃO PAULO (SP)

No Brasil não se empregam cultivares ou híbridos de canola transgênicos. Praticamente todas as sementes utilizadas no Brasil – e no Paraguai, que vende grande parte de sua produção ao Brasil – são importadas e, para serem liberadas pelas autoridades alfandegárias, é exigido um laudo de análise, atestando que elas não contêm transgenia.

Não é provável que venham a ser introduzidas variedades ou híbridos de canola transgênica no Brasil, Paraguai, Argentina e Uruguai, pois nesses países existem plantas silvestres do mesmo gênero, como a planta daninha nabiça. Embora a canola seja considerada uma autógama (que se autofecunda), pode ocorrer mais de 20% de fecundação cruzada e, portanto, há risco de aparecerem plantas daninhas também resistentes a herbicidas.

Outra razão para não se introduzir canola transgênica resistente ao herbicida glifosato, por exemplo, é que as plantas voluntárias, provenientes de perdas na colheita, se tornariam um problema no cultivo de soja transgênica, amplamente utilizada no Brasil, a qual também é resistente ao glifosato.

No Canadá, em quase toda a área semeada, de aproximadamente 5 milhões de hectares, se emprega canola transgênica. A grande diferença é que, naquelas condições, é possível realizar apenas um cultivo por ano, enquanto que nas regiões produtoras de canola do Brasil e do Paraguai, temos sistemas de produção com dois cultivos anuais e uma maior diversidade de espécies cultivadas na mesma área.

#### Gilberto Omar Tomm

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa-Trigo (RS)

### ? Se o ouro tem maior resistividade que a prata e o cobre, por que ele é melhor condutor de eletricidade que esses metais?

GILBERTO MOREL DE PAULA E SOUZA,  
POR CORREIO ELETRÔNICO

De fato, a resistividade elétrica do ouro é maior que a da prata e do cobre. Segundo o *Handbook of chemistry and physics* (75ª edição), a resistividade do ouro à temperatura ambiente é  $2,271 \times 10^{-8}$  Ohms.m contra  $1,725 \times 10^{-8}$  Ohms.m do cobre e  $1,629 \times 10^{-8}$  Ohms.m da prata. Contudo, o ouro é freqüentemente utilizado em contatos elétricos de alta qualidade, não porque seja melhor condutor que os outros dois metais, mas porque é mais resistente à corrosão.

A prata e o cobre são mais propensos à formação de óxidos metálicos em sua superfície, o que se evidencia pela perda de brilho desses materiais quando expostos ao ar por longos períodos. Esses óxidos formados na superfície são compostos isolantes, o que aumenta consideravelmente a resistência elétrica dos contatos. Assim, para aplicações nas quais é fundamental que a qualidade do contato elétrico não se degrade ao longo do tempo, deve-se utilizar condutores de ouro em vez de prata ou cobre. Isso tem aplicações, por exemplo, na indústria eletrônica, em que partes de dispositivos semicondutores – como transistores e circuitos integrados – são conectados com fios de ouro muito finos para garantir confiabilidade à conexão.

#### Marlus Koehler

Departamento de Física,  
Universidade Federal do Paraná

CARTAS À REDAÇÃO

Av. Venceslau Brás, 71  
fundos • casa 27  
CEP 22290-140 •  
Rio de Janeiro • RJ

CORREIO ELETRÔNICO:  
cienciahoje@cienciahoje.org.br



# CIÊNCIA: UMA PERSPECTIVA



FOTO FRED FURTADO

## Quentin Cooper

O homem mais entusiástico do mundo e um perito em tudo, desde astrofísica até música pop. Esses são os clichês mais usados para descrever o jornalista inglês Quentin Cooper, um dos mais conhecidos divulgadores de ciência da Grã-Bretanha. Cooper apresenta vários programas para a empresa de telecomunicações britânica BBC, mas o carro-chefe de sua programação é o show semanal de ciência da Rádio 4, *The material world* (algo como 'O mundo material') – o mais ouvido do gênero na Grã-Bretanha –, no qual o jornalista entrevista pesquisadores sobre os mais diversos temas científicos e tecnológicos, incluindo a influência do totalitarismo no trabalho dos cientistas e a teoria das supercordas, entre outros.

Cooper acredita que a ciência deve ser uma perspectiva de como olhar a vida e que, se for encarada dessa maneira, será muito mais fácil divulgá-la. Ele esteve no Brasil em junho último a convite do Conselho Britânico para falar sobre mudanças climáticas e algumas iniciativas que foram implementadas na Grã-Bretanha para aumentar a conscientização do público.

“Esse é o principal problema que o planeta enfrenta atualmente”, afirma o jornalista em entrevista à *Ciência Hoje*, na qual falou ainda de divulgação científica no rádio, da suposta objetividade dos cientistas e do papel do humor e dos meios alternativos para divulgar a ciência.

**Fred Furtado**  
*Ciência Hoje/RJ*



**O senhor estudou psicologia e inteligência artificial. Por que decidiu se tornar divulgador científico?**

Quando estudante, eu dirigia um bem-sucedido clube de cinema na universidade. Eu era particularmente bom na parte de publicidade, de fazer a mídia se interessar pelo nosso trabalho. Isso me fez procurar uma colocação nessa área e, após algum tempo, consegui um emprego como crítico de teatro autônomo e ajudei a fundar uma versão escocesa da revista *Time Out* [publicação britânica sobre entretenimento]. Fiz alguns serviços para a BBC e decidi adquirir treinamento formal em jornalismo. Como jornalista, fiz programas para jovens e acabei virando apresentador. Foi então que descobriram que eu havia estudado inteligência artificial e, apesar de eu afirmar que fazia mais de 10 anos que não tinha contato com o assunto, me deram o programa da BBC World Services sobre computadores e, finalmente, o de ciências. Já entrevistei várias estrelas de cinema, mas acho muito mais interessante entrevistar cientistas. Todo mundo está atrás dos astros de filmes. Se você consegue 15 minutos com [o ator norte-americano] Tom Cruise e ele lhe conta sobre seu novo macaco de estimação, isso se torna um 'furo' mundial. Já no caso dos pesquisadores, ninguém costuma procurá-los e eles podem ter um 'furo' sobre algo que vai mudar o mundo. Fico surpreso que não haja mais gente fazendo o que faço.

**Por que o rádio? O senhor acha que o veículo ainda é relevante como ferramenta de comunicação em um mundo com televisão de alta definição e conexão em banda larga?**

Não tenho problemas em trabalhar com mídia impressa e com TV, mas o rádio é minha paixão. Nele, consegue-se perceber quem o entrevistado realmente é e o que ele está pensando. Nos veículos impressos, essa impressão é mais do jornalista, que escolhe os adjetivos e as frases que irão descrever a pessoa. Isso torna esse meio um tanto quanto egoísta, mas é ótimo para contar uma história. Já a televisão, teoricamente, poderia conseguir o efeito do rádio em uma escala ainda maior. No entanto, é muito comum que a tecnologia distraia as pessoas. Por exemplo, é possível que se pergunte algo brilhante e se receba uma excelente resposta, mas como a iluminação estava errada ou o som não estava bom, é preciso repetir tudo. No rádio esses problemas são muito menos frequentes e a primeira vez que se faz uma pergunta é muito possível que seja para valer. O rádio é real enquanto a televisão finge ser real. Não posso falar pelo Brasil, mas na Grã-Bretanha a audiência ainda é alta. Meu programa semanal tem um público de 1 milhão de ouvintes e, com as novas tecnologias disponíveis, temos acesso a um público de centenas de milhares que o escutam pela internet e que pro-

curam mais informações na página do programa. Por isso, o rádio é o veículo ideal: ele é instantâneo, íntimo, envolvente e ilimitado.

**Mas o rádio consegue capturar a atenção das pessoas? Elas não ficam distraídas com outras coisas enquanto ouvem um programa?**

Temos de aceitar que a época em que as pessoas se sentavam ao redor do rádio para ouvir um programa acabou muito antes de eu ou você nascermos. Meu principal programa começa às 16h30, quando muita gente está pegando os filhos na escola, saindo do trabalho ou apenas ouvindo em casa. Mesmo assim, nossa audiência é bastante participativa, e não cobrimos apenas a 'ciência sexy' – dinossauros, buracos

**Meu programa semanal tem um público de 1 milhão de ouvintes (...) Por isso, o rádio é o veículo ideal: ele é instantâneo, íntimo, envolvente e ilimitado**

negros e afins, temas que sabemos que o público irá gostar –, falamos de novos plásticos, nanomateriais, manipulação genética; qualquer tópico, desde que abordado de maneira correta, inteligente e bem-humorada. Reconhecemos que as pessoas podem não estar ouvindo atentamente, por isso é comum, antes de perguntar algo ao entrevistado, fazer um resumo de sua última resposta, de preferência encontrando uma maneira mais simpática de explicar o tema, e então avançamos para a questão seguinte. Dessa maneira, os ouvintes podem se dar ao luxo de não estar completamente concentrados na entrevista. Não há programa de ciência na televisão britânica que tenha a mesma audiência do meu, o que é um bom sinal de que o rádio pode alcançar as pessoas.

**Que tipo de público tem o seu programa? Ele é dirigido a pessoas leigas?**

Não temos qualquer restrição à nossa audiência, aceitamos qualquer um. Se as crianças quiserem escutar, ou seus gatos e cachorros, não vamos impedi-los. Apresento o programa há oito anos e só depois de três ou quatro anos a comunidade científica começou a prestar atenção nele. No início, tínhamos que explicar sempre que o show se chamava *The material world* e ia ao ar às 16h30 na BBC 4. Agora, eles já nos conhecem e nos procuram. Os pesquisadores sabem que gostamos de questões difíceis, mas interessantes, aquelas que são um pouco fora do comum e fazem as pessoas pensar. Esses temas são tão necessários como uma pauta sobre a cura do câncer. ▶



Temos ouvintes adolescentes, bem como gente na casa dos 70 anos. A média de idade é de 20 e muitos ou 30 e poucos anos, e provavelmente a maioria tem algum nível de educação. Mas o programa é projetado para atingir o maior número possível de pessoas. Fico espantado quando vejo que em alguns países a ciência é só para os supostamente muito inteligentes. Na Austrália, há um programa, do qual participei como apresentador convidado, que é transmitido por uma rádio de música para jovens. Ela toca os últimos lançamentos, mas duas vezes por semana há um espaço de uma hora com um cientista, o doutor Carlton, que responde às dúvidas científicas do público, coisas como quanto tempo leva para um corpo enterrado se decompor ou se é verdade que a Lua já foi parte da Terra. Nunca faltam perguntas e a audiência adora o programa. É fantástico! Se fizermos ciência dessa maneira, ela deixa de ser algo que as pessoas acham complicado e passa a ser algo que é conversado com os amigos em bares ou cafés. É isso que quero que a ciência seja: parte da cultura.

### **Em um país com alto índice de analfabetismo, o rádio pode ser uma ferramenta eficaz?**

Sem dúvida. Obviamente, o rádio não pode resolver tudo e se há um alto índice de analfabetismo, as pessoas não vão aprender a ler e escrever ouvindo programas radiofônicos. Para isso, você precisa de um meio visual, como um jornal ou uma página na in-

**Algumas vezes, o importante é perceber que a ciência é feita por pessoas reais, que os cientistas não são necessariamente gênios, ou vilões de filmes hollywoodianos determinados a destruir o mundo**

ternet. Mas o rádio é um meio imediato no qual elas podem aprender o básico sobre ciência. A questão é que esse aprendizado não se restringe a conhecer fatos científicos, como a equação  $E = mc^2$  ou os trabalhos do [físico inglês] Isaac Newton [1643-1727], entre outras coisas. Algumas vezes, o importante é perceber que a ciência é feita por pessoas reais – envolve esforço, obstáculos, dificuldades –, que os cientistas não são necessariamente gênios, ou vilões de filmes hollywoodianos determinados a destruir o mundo. Ou seja, uma parte do aprendizado é mostrar que a ciência tem o poder de mudar vidas. Em relação aos analfabetos, são os cientistas que poderão

contribuir mais, seja com novos programas de alfabetização ou métodos mais rápidos de educar adultos. Os pesquisadores estão mudando o mundo todo dia e estão fazendo isso para todos, então por que todas as pessoas não teriam o direito de saber o que a ciência tem a oferecer?

### **Nos primeiros anos do seu programa a comunidade científica não o conhecia. Por quê?**

Às 16h30, quando o programa vai ao ar, eles estão trabalhando. Além disso, o rádio é um meio muito conservador, leva tempo para se estabelecer uma audiência. Por outro lado, se alguém decidisse acabar com o meu programa hoje, demoraria ainda dois ou três anos para que conseguisse. Encontro gente que afirma ouvir programas de rádio que já saíram do ar há muito tempo. Se algo de qualidade for criado, as pessoas vão lembrar disso. É como um bar que se descobre quando vamos a uma parte da cidade que não costumamos frequentar. Se ele for bom, da próxima vez que estivermos nas cercanias, voltaremos a ele. Depois de certo tempo, é provável que o estejamos frequentando regularmente. Com o rádio funciona assim, não se espera que as pessoas ouçam o seu programa e instantaneamente se tornem seus fãs ardorosos. Por isso, tentamos fazê-lo ser bom todas as semanas, assim as pessoas retornarão.

### **Apesar da suposta neutralidade, sabemos que a ciência e os cientistas são profundamente influenciados por fatores sociais e políticos. Como o senhor aborda essa questão no seu programa?**

Esse é um tema que me interessa muito, pois creio que os cientistas se sentem muito desconfortáveis com ele. No programa, procuro sempre mostrar que a ciência é feita por seres humanos e que eles têm visões diferentes, apesar de ela ter de ser neutra e abrangente. Alguém que trabalha por quatro anos em uma droga que pode curar o sarampo, por exemplo, não fica pensando ‘como serão os resultados’. Ele pensa ‘espero que funcione!’. Um dos problemas com o caso da fusão a frio não foi que [os eletroquímicos tcheco e norte-americano, respectivamente] Martin Fleischmann e Stanley Pons erroneamente pensaram que haviam descoberto esse fenômeno – foi que eles queriam que funcionasse. Essa é uma área ótima para abordar a paraciência, temas como percepção extra-sensorial e telepatia. Meu instinto é que não há qualquer base científica para essas coisas, mas há cientistas que acreditam nisso. Na semana passada, dedicamos metade do programa ao totalitarismo na ciência, citando cientistas que sofreram sob o poder do líder soviético Josef Stalin [1878-1953], embora tivessem prosperado sob a liderança de Vladimir Lênin [1870-1924]. Falamos também do que está acontecendo agora na Coreia do Norte, onde os pesquisa-



dores recebem muito dinheiro, mas são obrigados a encontrar resultados que se encaixem nos desejos do Estado. É importante que, sendo um programa sobre ciência, sejamos amigáveis e acessíveis, mas jamais devemos ser pró-ciência. Nosso trabalho não é dizer quão maravilhosas são as descobertas científicas e sim o que elas são, sejam boas ou más.

**O jornal britânico *Daily Mail* afirmou que o “seu humor e entusiasmo podem avivar os tópicos mais chatos”. O senhor acredita que o humor é uma parte importante da divulgação científica em rádio ou mesmo em geral?**

O humor é uma parte importante da vida. Se há humor e o apresentador não faz do programa uma plataforma para mostrar quão fantástico ele é, os pesquisadores sentem-se mais à vontade. Na Grã-Bretanha, temos ótimos cientistas de mídia, profissionais de diversos campos que são referência para os jornalistas quando há uma notícia em suas áreas. Gostamos dessas pessoas, mas tentamos evitá-las sempre que podemos em favor dos cientistas que realizaram o trabalho. Estes podem estar trabalhando no seu campo há dois ou 30 anos e, geralmente, nunca foram entrevistados no rádio. Por isso, queremos que sintam que poderão falar sobre sua área de pesquisa, que não vamos subitamente trazer um tema esquisito à tona e perguntar coisas como se a Inglaterra se classificará para a próxima Copa do Mundo, ou questionar um geneticista sobre física de partículas.

No rádio, há o que chamo de ‘fenômeno da luz verde’, que tem esse nome devido ao fato de que, quando um programa está no ar, uma luz verde acende no estúdio. O que geralmente acontece é que se está tendo uma conversa muito interessante e engraçada e, de repente, a luz verde acende e os entrevistados ficam extremamente formais e assumem suas vozes de BBC. Não quero isso. Quero que falem sobre gravidade, energia e matéria escura, epigenética [alteração no padrão de expressão de genes], DNA, lixo, temas sobre os quais nem mesmo os especialistas sabem bem o que está acontecendo. Isso é excitante para as pessoas, é o que motiva um adolescente a querer ser um pesquisador. Em que outra profissão se pode ser o primeiro a descrever uma nova bactéria ou um acidente geográfico de uma lua de Júpiter? Os cientistas não falam sobre o que descobriram, inventaram ou aperfeiçoaram, mas acho que precisamos falar disso, e o humor permite que todos participem. Não para fazer piadas com os pesquisadores, mas sim para tornar o ambiente agradável.

**Mas isso acontece? O humor faz os cientistas se soltarem durante a entrevista?**

Sim. Em oito anos de programa, só um cientista reclamou. Tenho a teoria de que, se anunciarmos pre-

viamente o tema do próximo bloco do programa, mesmo que ele seja fascinante, muitos ouvintes se desligam, física ou mentalmente, achando que aquele tema deve ser chato. Por isso, especializei-me em criar introduções um pouco tangenciais dos tópicos a serem abordados, de maneira que a audiência só sabe exatamente do que se está falando após um minuto. Com sorte, o ouvinte pensará que, como já es-

**Nosso trabalho não é dizer quão maravilhosas são as descobertas científicas e sim o que elas são, sejam boas ou más**

cutou por um minuto, o melhor será ouvir até o final. Em uma determinada ocasião, estava entrevistando um cientista que havia escrito um livro sobre a promiscuidade feminina, dizendo haver muito mais desse fenômeno na natureza do que sabemos e que isso se devia em parte ao fato de os pesquisadores, no passado, alterarem os dados que indicavam isso, pois essa idéia ia de encontro ao ideal de sexualidade feminina vitoriana. Comecei a entrevista com uma música de um dos meus cantores norte-americanos favoritos, Captain Beefheart, chamada *Long neck bottles*, que diz que as mulheres gostam de cerveja em garrafas grandes e com colarinhos espessos, que é uma teoria masculina maluca sobre as mulheres – e que provavelmente não vai fazer sentido na tradução. O autor achou que não estávamos levando-o a sério, mas estávamos. Durante o resto da entrevista só fiz perguntas sérias sobre sua pesquisa. Se invertermos o processo, começarmos de maneira chata e introduzirmos humor depois, perderemos boa parte da audiência.

**Como o senhor prepara as entrevistas para os programas?**

Tenho um produtor e um pesquisador que trabalham em tempo integral no programa. Geralmente, temos dois entrevistados por semana, cada um com um bloco de 12 minutos ao vivo, pois assim conseguimos uma dinâmica melhor – quando gravamos as entrevistas, os cientistas tentam dar quatro versões da mesma resposta, como se estivessem em um laboratório fazendo testes para a melhor forma de responder. Tentamos não garimpar apenas os comunicados de imprensa e de divulgação, e sim pensar em tópicos diferentes, como o do totalitarismo. O mais estimulante é que temos completa liberdade na escolha de temas. Além disso, também faço minha própria pesquisa e tento aprender bastante sobre um assunto ▶



to, mas não procuro acenar com esse conhecimento para o entrevistado. Por exemplo, eu perguntaria se um pesquisador teve dificuldade em obter financiamento se tivesse sabido de algo interessante nesse sentido, mas não afirmaria na pergunta que acreditava que ele tivesse tido esse problema. Isso cria um elo entre o entrevistador e o entrevistado, pois mostra que o jornalista pesquisou o assunto, porém pode alienar o ouvinte, já que a conversa passa a ser entre os dois e não com a audiência. Procuo perguntar coisas que imagino que os ouvintes queiram saber e que, muito provavelmente, resultarão em boas respostas.

### **O senhor já explorou meios alternativos para a divulgação científica, como histórias em quadrinhos e desenhos? Eles são viáveis?**

Sem dúvida. Tenho um interesse antigo em história em quadrinhos e as considero um meio de comunicação poderoso. Há grandes autores nesse gênero, como

**As pessoas são interessadas em ciência, mas elas não acham que são porque pensam apenas nas partes ‘chatas’ – equações, trabalho de laboratório etc. – e não no que a ciência traz para suas vidas**

[o escritor inglês] Alan Moore, que conhecem ciência e usam conceitos científicos em suas histórias. Há uma tira norte-americana que mostra [o naturalista inglês Charles] Darwin [1809-1882] resolvendo problemas relacionados com ciência de maneira bem-humorada. Também me envolvi recentemente em um projeto que tentou passar a idéia de epigenética através da dança. Um geneticista trabalhou com um grupo de adolescentes para que a coreografia fosse inspirada no que acontece no núcleo da célula, em termos de DNA e do ambiente ao redor dele. Minha função era apresentar o evento quando visitávamos escolas. Admito que tinha dúvidas sobre a eficácia do projeto em transmitir os conceitos, mas, para minha surpresa, os alunos ficavam bastante interessados e faziam várias perguntas sobre determinados movimentos. Então, explicava-se que aquilo representava a combinação do RNA com outra substância, por exemplo. Isso permitiu que as crianças tivessem liberdade para perguntar sem se sentirem burras. Realizamos essas apresentações para jovens de 12 a 18 anos e foi sempre um sucesso, tanto que o Wellcome Trust, um dos maiores financiadores de ciência do Reino Unido, levou o projeto para a sua conferên-

cia sobre divulgação científica. Não há somente uma única maneira correta de se divulgar ciência.

### **O senhor afirmou uma vez que a ciência não é um tema, e sim uma perspectiva. O que quis dizer com isso?**

Dê-me um tema qualquer e posso lhe mostrar que há ciência envolvida nele. Tendemos a dividir as coisas em setores: a ciência aqui, as artes lá, a política mais adiante etc. Mas em qualquer desses segmentos há sempre um lado científico que pode dar origem a dezenas de histórias. Eu te desafio a pensar em algo que não possua essa característica. É isso que quero dizer quando afirmo que a ciência é uma perspectiva de como olhar a vida. Entretanto, tendemos a encará-la como um bloco de conhecimento. Conheço várias pessoas que dizem que não têm interesse em ciência. Pergunto, então, no que elas têm interesse e me respondem Fórmula 1 ou futebol. Aí eu ressalto que há muita pesquisa envolvida nos motores, nas chuteiras, nos programas de treinamento, entre outras coisas. As pessoas são interessadas em ciência, mas elas não acham que são porque pensam apenas nas partes ‘chatas’ – equações, trabalho de laboratório etc. – e não no que a ciência traz para suas vidas.

### **O senhor está particularmente interessado em mudanças climáticas, não?**

Acho que esse é o principal problema que o planeta está enfrentando hoje. É um tema difícil de abordar porque, primeiro, o tempo é um fator crítico e, segundo, há muita gente cobrindo esse assunto e dizendo coisas contraditórias: uma hora alardeiam que não precisamos nos preocupar e na semana seguinte aterrorizam o público. Ou seja, há duas mensagens sendo propagadas, uma de que o aquecimento global é grave e vai acontecer em um futuro próximo, passando a idéia de que não há nada que se possa fazer para evitá-lo, e outra que afirma que o problema é um exagero e que não há perigo algum, passando a idéia similar de que não há qualquer coisa que se deva fazer. Na verdade, há muito que podemos fazer, como usar lâmpadas mais econômicas ou não ligar tanto o ar-condicionado. São pequenas coisas que ajudam. Não acho que tenhamos de ser radicais e parar de viajar de avião, por exemplo. Meu envolvimento pessoal aconteceu graças ao projeto Cold Cape Farewell, que levou cientistas, artistas e adolescentes até o Ártico em uma escuna e observou como eles se relacionavam com as mudanças climáticas e uns com os outros. Isso atraiu uma grande atenção da mídia, do governo britânico e do público em geral. Não chegou a ter a mesma exposição que o filme *Uma verdade inconveniente*, mas conseguiu fazer com que muitas pessoas mudassem seu pensamento sobre mudanças climáticas, especialmente em uma época em que a mídia convencional está um tanto quanto ‘cansada’ desse tema. ■



# O mundo é minha granja

**Franklin Rumjanek**

Instituto de Bioquímica Médica, Universidade Federal do Rio de Janeiro  
franklin@bioqmed.ufrj.br



É comum a incursão de físicos na biologia. Em muitos casos, as contribuições são centrais. Exemplos clássicos são Erwin Schrödinger (1887-1961) e sua estimulante obra *O que é a vida*; Rosalind Franklin (1920-1958), Maurice Wilkins (1916-2004) e Francis Crick (1916-2004) com a estrutura do DNA; e Max Delbrück (1906-1981) com seus estudos pioneiros sobre mutagênese. A lista é grande. Nem sempre, porém, a mensagem biológica é inteiramente apreendida pelos físicos.

Em julho último, um artigo intitulado 'Nosso futuro biotecnológico', do físico inglês Freeman Dyson, famoso por seu trabalho em física quântica, foi publicado na revista norte-americana *The New York Review of Books* (v. 54, nº 12). Nesse texto visionário, Dyson, além de cutucar a evolução, fez previsões tão bombásticas sobre o que ocorrerá com a biotecnologia do século 21 que rapidamente a imprensa propagou a idéia de que os conceitos mais fundamentais da biologia sofreriam uma revisão geral. Pretendendo enaltecer o imenso potencial da biotecnologia, Dyson afirmou que esta levará à produção artificial de organismos capazes de realizar diferentes tarefas, sempre em benefício da humanidade. No entanto, ele extrapolou em sua análise. Não só usou noções imprecisas a respeito da evolução como revelou nas entrelinhas sua crença de que os humanos são superiores às outras espécies. Até os sonhos, no entanto, têm de estar apoiados em algum conhecimento sólido.

O primeiro ponto a comentar – e talvez o mais interessante – é o da evolução. Dyson afirma corretamente que em algum momento, nos primórdios da vida na Terra, a transferência de informação genética era predominantemente horizontal, ou seja, que os microrganismos transferiam material genético (DNA) entre si. Essa troca gênica livre eliminava a barreira reprodutiva entre os seres vivos. A própria definição de espécie, portanto, não podia ser aplicada ao mundo primitivo. A transferência horizontal, segundo Dyson, implicaria uma evolução acelerada, um processo que teria sido freado pelo surgimento de organismos que não trocavam DNA, iniciando a lenta evolução darwiniana, baseada na seleção natural. Entretanto, a seleção natural agia mesmo no mundo primitivo, já que o ambiente sempre exerceu seu papel restritivo. Agora, continua o autor, a bio-

tecnologia estaria prestes a repetir a evolução pré-darwiniana, reproduzindo o cenário anterior da transferência horizontal de DNA, só que dessa vez forçada pelos biotecnólogos.

Desse modo, apesar das trombetas apocalípticas de Dyson, não há novidade aí. Provavelmente, no passado, a transferência genética horizontal era a norma, mas ao longo do tempo, com o surgimento de eucariotos (células nucleadas) e de formas mais complexas de vida, como os organismos multicelulares, ela tornou-se um evento raro.

## O que chama a atenção não é tanto a imaginação incontida de Dyson, mas sua visão utilitária da natureza

Curiosamente, apesar da biodiversidade existente hoje, Dyson descreve a transição horizontal → vertical como um momento cruel e atribui à evolução um viés egoístico, uma qualidade ética – conceito eminentemente humano – que não se aplica à situação.

O outro ponto discutível do texto de Dyson é a descrição do cenário biotecnológico do futuro, que inclui, entre diversas propostas exóticas, a criação de plantas negras, que utilizem o silício para aumentar a eficiência do aproveitamento da energia solar. Essa idéia da nova vegetação denuncia o pensamento de um físico, para quem a natureza teria sido ilógica ao optar pela clorofila e outros compostos menos eficientes. Como se a lógica humana coubesse na evolução. Outras previsões igualmente ingênuas acompanham as tais plantas negras.

O que chama a atenção não é tanto a imaginação incontida de Dyson, mas sua visão utilitária da natureza. Para ele, no século 21 todos os componentes da biosfera devem forçosamente estar a serviço dos humanos. Em nenhum momento ele preconiza a moderação no uso da biotecnologia, que já se sabe ter efeitos nocivos, como no exemplo das monoculturas. Pena que Dyson não leu nosso bom e velho Monteiro Lobato. Com os livros *A reforma da natureza* e *A chave do tamanho*, Dyson teria aprendido, juntamente com as crianças, o que é a evolução e o que está em jogo quando se deseja alterá-la. ■

# Placebo como recompensa



Por que, em muitos estudos clínicos, um falso medicamento (à base de farinha, por exemplo)

chega a obter até 30% de eficácia? Esse efeito, longamente conhecido pela medicina, tem nome: placebo. Quais são seus mecanismos?

Não há consenso entre especialistas sobre a resposta mais apropriada. Agora, no entanto, um estudo dá mais um passo na direção de desvendar detalhes do efeito placebo, ao mostrar experimentalmente que ele pode estar associado a áreas do cérebro responsáveis pela recompensa.

O artigo está em *Neuron* (v. 55, pp. 325-336, 2007).

O efeito placebo é a capacidade que falsos tratamentos têm de melhorar (ou, eventualmente, piorar) o estado das pessoas submetidas a eles. Embora geralmente aceite, o placebo tem parte de seu efeito atribuída à própria investigação, ou seja, pode ser considerado um 'efeito colateral' gerado pela avaliação da eficácia do tratamento. É oportuno lembrar que o termo deriva do verbo latino *placere*, que significa agradar.

O estudo do efeito placebo não é tarefa das mais simples, mesmo para especialistas. Ele é dificultado tanto pela alta variância das respostas entre os indivíduos testados quanto pela variância das respostas quando o mesmo indivíduo é testado diversas vezes, o que sugere a existência de múltiplos mecanismos. No entanto, em diversos estudos experimentais (principalmente clínicos), o efeito placebo está amplamente demonstrado: estima-se que possa ser responsável por cerca de 30% do resultado dos tratamentos.

Diferentemente do consenso geral sobre a existência do efeito placebo, seus mecanismos ainda são objeto de discussão. As explicações são geralmente baseadas em dois modelos: i) na expectativa

consciente dos resultados, na qual, por instrução explícita prévia, o indivíduo espera uma melhora; ii) no condicionamento inconsciente por tratamentos efetivos prévios (não-placebos), nos quais, pela experiência repetitiva, o indivíduo se 'acostuma' a se sentir melhor após tratamentos convencionais que normalmente provocam melhora. Esses modelos não são exclusivos e têm vários aspectos em comum. Em ambos, os placebos (ou seja, os falsos tratamentos) agem provocando respostas antecipatórias, vistas como melhora com base na previsão (consciente ou não) do resultado do tratamento.

Utilizando um paradigma bastante simples e interessante, um trabalho recente sobre o efeito analgésico de placebos, feito por pesquisadores do grupo de Jon-Kar Zubieta, da Universidade de Michigan (Estados Unidos), assumiu como hipótese que a previsão da melhora produzida pelo placebo possa ser considerada uma recompensa. E associou esse fato ao aumento do neurotransmissor dopamina em regiões do cérebro (especificamente, no *nucleus accumbens*) quando não se recebe uma recompensa prevista



(como em um jogo, por exemplo). Em resumo: relacionou o efeito placebo ao mecanismo cerebral da recompensa.

Esses autores observaram que, ao se utilizar placebo, a liberação de dopamina refletiu a diferença entre o quanto o indivíduo testado esperava ter sua dor diminuída e o quanto realmente ela diminuiu para ele depois da ingestão do falso medicamento. Essa observação é interessante, pois sugere que o placebo e a recompensa tenham mecanismos comuns, baseados na antecipação. Mas a liberação de dopamina nas previsões de recompensa acontece mais rápido do que a esperada para o efeito do placebo, o que sugere que o mecanismo dopaminérgico seja também comum ao sistema de recompensa, servindo a ambos. Portanto, o efeito placebo seria uma variante mais complexa do sistema de recompensa.

Outro aspecto interessante observado pelos autores (e que explicaria o grau de resposta ao placebo) foi a alta correlação negativa entre os indivíduos testados que respondem ao placebo e a quantidade liberada neles de dopamina associada à recompensa, sugerindo que as diferenças individuais sejam a explicação para o efeito placebo, ou seja, haveria alguns indivíduos que responderiam mais, e outros, menos. Embora o artigo apresente resultados com boa correlação estatística, temos de levar em consideração que esse tipo de afirmação tem se mostrado bastante difícil de confirmar experimentalmente, sobretudo porque as diferenças nas respostas intra-indivíduo (vários testes com a mesma pessoa) são extremamente altas.

#### Mario Fiorani

Laboratório de Fisiologia da Cognição, Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho, Universidade Federal do Rio de Janeiro

## ZOOLOGIA

### PROMISCUIDADE DAS SOBERANAS

Por que a rainha cruza com muitos machos (em média, cerca de uma dúzia) no vôo nupcial, se isso vai gerar um monte de meias-irmãs na colméia e, segundo a teoria vigente, estas tendem a trabalhar menos que as irmãs para o benefício da comunidade? Por que, então, não cruzar com apenas um macho? Trabalho recente deu evidências de que colméias com maior diversidade genética são mais resistentes a bactérias que causam uma doença comum nesses insetos.

Assunto encerrado? Não. Há mais razões para a promiscuidade da soberana.

O orientador de Heather Mattila, também da Universidade Cornell (Estados Unidos), mostrou que a diversidade genética era uma forma de resistência a uma doença bacteriana. Mas a estudante de pós-graduação achava que havia

mais. E fez um trabalho elegante. Montou dois conjuntos de colméias. Uma com uma dúzia delas (e nas quais as rainhas foram fecundadas por cerca de 15 machos), e outra com nove (e na qual a rainha cruzou com um só macho). Todas as colméias foram tratadas com drogas para protegê-las da ação das bactérias.

Poucas semanas depois, veio a resposta. As colméias com diversidade cresceram cerca de 30% mais que as outras, e as abelhas coletaram quase 40% a mais de pólen. No final, a população do primeiro conjunto era quase cinco vezes maior. Por que isso? Não se sabe. Hipótese mais forte: as abelhas das colméias com maior diversidade genética podem ser mais sensíveis aos estímulos relacionados ao trabalho.

Science, 20/08/07

**DESCENDENTES OU CONTEMPORÂNEOS? • Dúvida no mundo da paleoantropologia. A descoberta de dois novos fósseis no lago Turkana (Quênia) trouxe fortes evidências de que o *Homo erectus* não evoluiu do *Homo habilis*, gotejando confusão na estrutura da árvore genealógica humana. Segundo os autores, as duas espécies conviveram por cerca de meio milhão de anos. Além disso, os restos do *H. erectus* (um crânio bem preservado, datado de 1,55 milhão de anos) mostram um espécime muito pequeno – o menor encontrado até agora –, e, com isso, os pesquisadores põem em dúvida se essa espécie faz mesmo parte da pré-linhagem humana. Por sua vez, o maxilar superior do *H. habilis* tem, segundo a datação, 1,44 milhão de anos. É o mais ‘jovem’ dos fósseis encontrados até agora para essa espécie. Para os autores, ambas as espécies surgiram entre 2 e 3 milhões de anos atrás e devem ter ocupado nichos diferenciados para evitar a competição, tendo possivelmente um ancestral comum, ainda não descoberto. Curiosidade:**

**o primeiro fóssil de *H. habilis* foi encontrado em 1960 pelo paleoantropólogo Louis Leakey. Ironia: o artigo que pretende desbancar a evolução do *H. habilis* em *H. erectus* é assinado, entre outros autores, pela nora e neta de Leakey, Meave e Louise. (Nature, 09/08/07)**



Crânio do *H. erectus* encontrado agora no Quênia

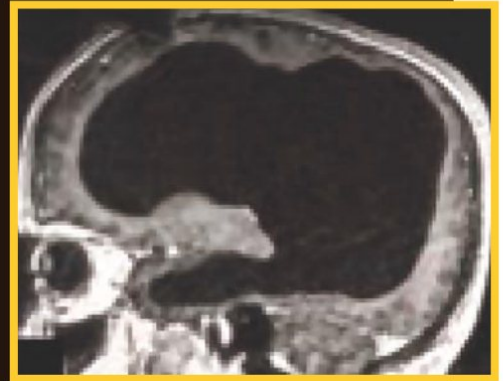
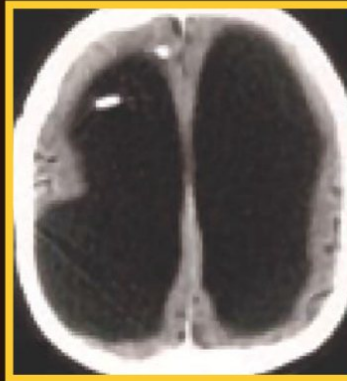
NATIONAL MUSEUMS OF KENYA / F. SPOOR.



**ANTIOXIDANTES E CORAÇÃO**

**DAS MULHERES** • Os antioxidantes parecem estar perdendo prestígio nos últimos tempos. Em um trabalho recente (e cuidadoso), foram acusados de aumentar o risco de morte (ver 'Risco de morte vitaminado' em CH 236). Agora, não chegaram a tanto, mas ganharam mais um nódoa curricular: as vitaminas C e E e o betacaroteno, tomados juntos ou separados, parecem não trazer benefício algum ao coração das mulheres. Ou seja, não evitam ataques cardíacos, derrames ou quadros que levem à instalação de marca-passos. Esse foi o resultado de uma pesquisa com cerca de 8 mil mulheres que, em média, tinham 60 anos de idade (todas maiores de 40 anos). Para elas, foram dadas as várias possíveis combinações dessas três substâncias com placebo (assim, houve quem tomasse as três drogas conjuntamente; houve quem tomasse apenas placebo). Único ponto a favor dessas substâncias no estudo: as mulheres que tomaram conjuntamente vitaminas C e E sofreram menos derrames. (Archives of Internal Medicine, 13/08/07)

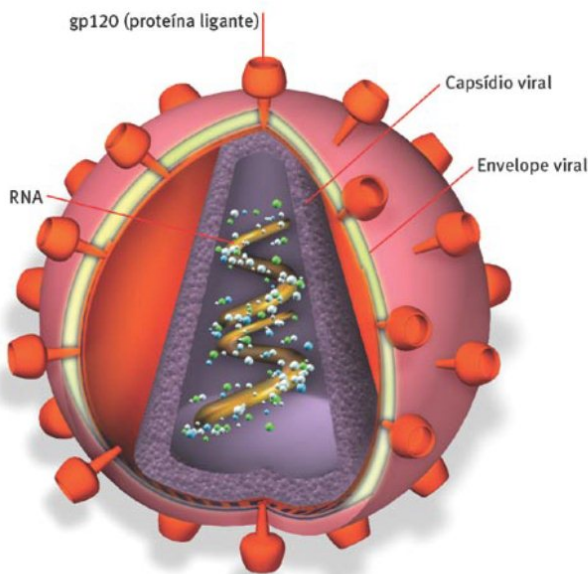
**EM FOCO**



**CÉREBRO OCO** • Um paciente dá entrada em um hospital de Marselha (França). Alega fraqueza na perna esquerda. Um exame de rotina, tomografia computadorizada, traz a surpresa: um cérebro 'oco'. Onde devia haver massa cerebral, estavam dois bolsões de fluido. As imagens (à esquerda, tomografia; à direita, ressonância magnética) mostram a situação. Na época, submetido a um teste de Q.I., o paciente (cujo nome não foi revelado) marcou 75 (limite inferior para o padrão normal). Sua ficha médica revelou que ele sofria de hidrocefalia (acúmulo de fluido no cérebro) desde criança e que um dreno foi instalado aos seis meses (e outro aos 14 anos de idade) para levar o fluido cerebral de volta ao sistema circulatório, pois os canais que naturalmente fazem isso eram estreitos demais. O acúmulo pressionou o cérebro de dentro para fora, levando-o ao formato de 'casca'. O caso ocorreu em 2004, quando o paciente tinha 44 anos. Hoje, o funcionário público, pai de dois filhos, continua sua vida.

*The Lancet, 20/07/07*

THE LANCET / JONNEL FEUILLET / UNIVERSIDADE MEDITERRANEA

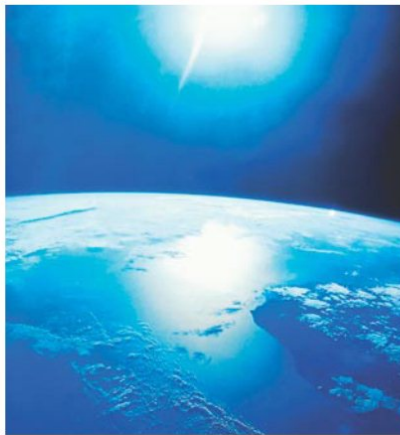


**DEMÊNCIA POR HIV** • Portadores do HIV (vírus causador da Aids), depois de certo tempo, podem sofrer de um tipo de demência causado pela infecção e que leva a um déficit no aprendizado e na memória. Já se sabia que a gp120 (proteína da capa desse vírus) era responsável por matar neurônios adultos no cérebro. Agora, mostrou-se que essa mesma proteína reduz significativamente a produção de novas células no hipocampo, região cerebral ligada a essas duas funções cognitivas. O alvo da gp120 são as chamadas células progenitoras, as mais semelhantes, no cérebro, às células-tronco (estas com grande capacidade de se diversificar e dar origem a vários tecidos). Com o atual coquetel de drogas contra a Aids, a carga viral no sangue diminui bastante, mas, segundo o líder da pesquisa, o cérebro mantém um "reservatório secreto". Assim, com o tempo, aprendizado e memória acabam afetados. Segundo os autores, os resultados podem levar a uma forma de terapia para essa demência. (Cell Stem Cell, agosto de 2007)









**PREVISÃO CLIMÁTICA MAIS PRECISA** • Modelos climáticos são o que o nome diz: modelos. E muitos deles têm sido acusados de pouco realismo. Em geral, os autores desses programas sofisticados de computador levam em consideração a radiação solar, os aerossóis na atmosfera e os gases do malfadado efeito estufa, negligenciando fatores importantes (ou, para muitos, essenciais) sobre flutuações no estado dos oceanos e da atmosfera. Agora, um modelo considerado mais preciso fez isso. E, incluídas essas variações climáticas naturais no programa, os dados que o computador cuspiu não mostram um futuro planetário lá muito alvissareiro: o aquecimento deve frear nos próximos anos, mas, a partir de 2009 até 2015, deve começar a acelerar novamente, sendo que, nesse período, por dois ou três anos, as temperaturas médias devem ficar mais altas que as de 1998, que até agora detém o título de ano mais quente já registrado na história. Se o modelo funciona? A resposta só virá depois de 2009, dizem especialistas. Para quem tem domínio da língua inglesa, fica a sugestão de leitura da reportagem sobre a influência da natureza e da ação humana no clima terrestre nas próximas décadas na mesma edição. (*Science*, 10/08/07)

## DESTAQUE

**MEDICINA** Estudo relaciona bebida com aumento de risco para síndrome metabólica

## Refrigerantes e coração

É comum que médicos hoje em dia aconselhem seus pacientes a evitar refrigerantes ‘doces’ por conterem muito açúcar. O consumo dessa versão da bebida está ligada ao aumento da ‘gordura’ no sangue (triglicerídeos), à hipertensão em adultos, à epidemia de obesidade e ao surgimento de diabetes entre jovens e adolescentes. As versões dietéticas da bebida até agora se mostraram (quase) inofensivas.

Bem, até agora. Trabalho publicado na revista da Associação Norte-americana de Cardiologia é incisivo: aqueles que alegaram beber mais de um refrigerante (o equivalente a uma latinha de 300 ml) por dia, dietético ou não, mostraram ter de 50% a 60% mais chances de desenvolver a chamada síndrome metabólica quando comparados aos que ingerem menos do que isso diariamente. A síndrome metabólica é definida como a reunião de vários fatores de risco para doenças cardíacas (obesidade abdominal, hipertensão, taxas altas de açúcar no sangue, triglicerídeos aumentados, baixos níveis de ‘bom’ colesterol, por exemplo). O estudo, coordenado por Ramachandran Vasan, da Universidade de Boston (Estados Unidos), acompanhou pouco mais de 6 mil pessoas (cerca de 3,5 mil delas mulheres).

### A resposta da indústria

Os que beberam mais de um refrigerante por dia mostraram ter, em média, 30% mais de chances de ficarem obesos; elevação dos triglicerídeos; aumento da glicose (açúcar) no sangue; sofrer de diminuição do ‘bom’ colesterol (HDL). Mas é importante notar que o estudo não prova que beber refrigerantes causa doenças no coração, mas sim que aqueles que bebem mais do que certa dose diária são mais propensos a desenvolver esses fatores de risco.

Por que isso acontece mesmo para refrigerantes dietéticos? Não há resposta. As hipóteses vão desde a formação de açúcares complexos no organismo até a possibilidade de a pessoa consumir mais doces que a média da população – alguns trabalhos indicam que a versão dietética da bebida pode aumentar os triglicerídeos em adultos, resultados não confirmados por outros estudos.

A Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes e Bebidas Não Alcoólicas (ABIR) não se manifestou formalmente sobre os resultados do artigo. Lá fora, a Associação de Fabricantes de Refrigerantes da América do Norte ([www.ameribev.org](http://www.ameribev.org)) reafirmou, em carta-aberta, que o estudo “não prova que os refrigerantes causam fatores de risco para doenças cardíacas”. A própria Sociedade Norte-americana de Cardiologia fez essa ressalva e afirmou que defende dietas em que estejam incluídos refrigerantes dietéticos.

*Circulation*, v. 116, pp. 480-488, 2007





## COMPORTAMENTO ANIMAL

## SEXO NA PONTA DO NARIZ

Cena que deve ter causado surpresa no laboratório.

Fêmeas de camundongo:

- i) montando em outras fêmeas;
- ii) fazendo movimentos pélvicos de copulação;
- iii) emitindo ultra-sons 'masculinos' para a atração do sexo oposto. Mais estranho ainda: elas faziam os itens i) e ii) até com machos.

As cenas 'fortes' estão documentadas em vídeo.

Tudo isso porque os pesquisadores 'desligaram' nessas fêmeas o gene TRPC2, ligado ao funcionamento do órgão vomeronasal, que fica no focinho desses roedores e é responsável por sentir os feromônios (substâncias ligadas à atração sexual entre membros da mesma espécie). Fêmeas inibidas viraram 'machos' sedentos por sexo.

Algumas fêmeas modificadas geneticamente acabaram se tornando mães. Mas se mostraram meio desnaturadas para a função, não ligando muito para a amamentação e o cuidado com a prole.

Os autores, Catherine Dulac e colegas, da Universidade Harvard (Estados Unidos), disseram que o circuito cerebral ter mudado com apenas um gene faz sentido. Segundo eles, em vez de se construir um cérebro masculino e um feminino, constrói-se apenas um cérebro, que pode ser alterado para macho ou fêmea apenas com a mudança de uma 'chave' genética.

Daria para extrapolar esses achados para outras espécies? Dulac não sabe. Alguns especialistas, porém, acham que, nos humanos, tanto o órgão vomeronasal quanto o gene TRPC2 estão desativados.

*Nature*, 05/08/07, online

**VACINA CONTRA HPV** • Há pouco mais de um ano, a mídia noticiou em grande estilo uma conquista da pesquisa médica: foi aprovada, nos Estados Unidos, uma vacina que previne a infecção por alguns tipos de HPV (papilomavírus humano) e, conseqüentemente, o desenvolvimento do câncer do colo de útero (ver seção 'Sintonia Fina' em CH 228). Segundo o fabricante do medicamento, os percentuais de imunização eram elevados. A recomendação passou a ser que meninas fossem vacinadas antes do início da vida sexual, por volta dos 11 ou 12 anos de idade. Agora, um novo estudo defende que a vacina (que age contra as cepas 16 e 18 do HPV) não tem efeito terapêutico, ou seja, não elimina o HPV do organismo de mulheres já infectadas. A pesquisa foi feita em dois estados da Costa Rica e envolveu 2.189 mulheres entre 18 e 25 anos, que receberam três doses do medicamento em um período de seis meses. (*Journal of the American Medical Association*, 15/08/07)



## SINTONIA FINA

**Guarde esse nome:** Hans Werner Gottinger. Economista, especializado em meio ambiente e tecnologia. Filiação: Universidade de Maastricht (Holanda). Cerca de 100 artigos publicados em revistas de renome. Editor ou árbitro de várias delas. Ocupou cargos de diretoria e liderança em universidades e institutos na Alemanha, na Inglaterra, na Noruega, no Japão e nos Estados Unidos. Ganhou uma bolsa prestigiosa na Itália devido à carreira brilhante. Cotado para reitor de uma universidade da Áustria. Mente considerada brilhante. Sempre trabalhou sozinho (fez poucas colaborações na vida). Enfim, currículo exemplar. Gottinger é uma farsa, sugere reportagem da revista *Nature* (09/08/07). Parece ter plagiado boa parte de seus artigos, e muitas das filiações que alega para si são falsas. O alemão diz que tudo é um mal-entendido, mas não foi convincente. Nem mesmo tinha vínculo com a Universidade de Maastricht. A verdadeira face de Gottinger começou a ser revelada por acaso, quando um estudante percebeu que um dos artigos do economista, de 1993, tinha parágrafos e fórmulas idênticos aos de um trabalho de outro autor, de 1980. O editor da revista resolveu investigar mais a fundo e descobriu outros casos de plágio no currículo do alemão. Agora, várias revistas estão retirando os artigos dele, e associações, como a Associação Mundial para o Desenvolvimento Sustentável (WASD, na sigla em inglês), já trataram de limpá-lo de suas páginas. A CH, por meios indiretos, conseguiu o currículo resumido de Gottinger. Realmente, é impressionante. Mas não se sabe onde termina a realidade e começa a ficção. Além de dezenas de filiações, bem como instituições para as quais deu consultoria, constam lá vários livros. E isso levanta uma questão intrigante (à qual a reportagem da *Nature* não responde): por que um autor com capacidade para escrever tantos livros (basta digitar o nome dele em uma livraria virtual, tipo Amazon, para ter a listagem completa) precisaria apelar para o plágio? Com a palavra, os sociólogos da ciência. Ah, sim, a parte irônica da história, como revela a *Nature*: o editor que passou a investigar os artigos de Gottinger descobriu que um deles, escrito em 2002, pode ter sido plagiado em 2005 por um autor do Zimbábue.

## Cássio Leite Vieira

*Ciência Hoje/RJ*

FONTES: SCIENCE, NATURE, NATURE MEDICINE, NATURE BIOTECHNOLOGY, NATURE GENETICS, NATURE IMMUNOLOGY, NATURE NEUROSCIENCE, NATURE NEWS, NATURE MATERIALS, GENE THERAPY, PHYSICS NEW UPDATE (THE AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS), PHYSICAL REVIEW FOCUS (AMERICAN PHYSICAL SOCIETY), PHYSICS WEB SUMMARIES (INSTITUTE OF PHYSICS), PHYSICAL REVIEW LETTERS, SCIENTIFIC AMERICAN, PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, JOURNAL OF THE AMERICAN MEDICAL ASSOCIATION, EUREKALERT EXPRESS, THE PROCEEDINGS OF THE ROYAL SOCIETY, BBC SCIENCE/NATURE, NEW SCIENTIST, NANOTECHWEB NEWS ALERT, FOLHA DE S. PAULO, AGÊNCIA FAPESP, CELL PRESS, CHANDRA DIGEST, ASTROPHYSICAL JOURNALS, GRAVITY PROBE B UPDATE, INTERACTIONS NEWS WIRE, MEDICAL NEWS TODAY, ALPHAGALILEU, ROYAL SOCIETY LATEST UPDATE, SCIDEV.NET, UNIVERSO FÍSICO, SCIDEV.NET WEEKLY UPDATE, PICKED UP FOR YOU (H. WACHSMUTH / CERN)



# A enxaqueca



*Fortes dores de cabeça acompanhadas de alterações visuais (em especial luzes e brilhos) e às vezes de vômitos já eram descritas quatro séculos antes do calendário cristão pelo médico grego Hipócrates, considerado o 'pai' da medicina. Esses sintomas são característicos de uma doença, a enxaqueca, reconhecida hoje como um sério problema de saúde, que pode afetar centenas de milhões de pessoas em todo o mundo. Há cerca de 60 anos essa doença, que tem origem no cérebro, é estudada pela ciência. Os conhecimentos já acumulados levaram a medicamentos melhores, que reduzem o sofrimento dos pacientes, embora muitos de seus mistérios ainda estejam por ser desvendados.*

**Maurice Borges Vincent**

*Departamento de Clínica Médica,  
Universidade Federal do Rio de Janeiro*



# e seus mistérios

Em 19 de maio de 1643, durante a guerra dos 30 anos, que envolveu algumas nações européias, a cidade francesa de Rocroi foi palco de uma famosa batalha. Nela, o comandante das forças francesas, Louis II de Bourbon-Condé, então o duque d'Enghien, com apenas 22 anos, mesmo em desvantagem numérica, venceu as tropas espanholas chefiadas por Francisco de Mello. Rocroi é uma cidade medieval cercada por muralhas em ziguezague (figura 1), formato que, no século seguinte, seria lembrado para descrever fenômenos relacionados a uma das mais interessantes doenças do sistema nervoso: a enxaqueca.

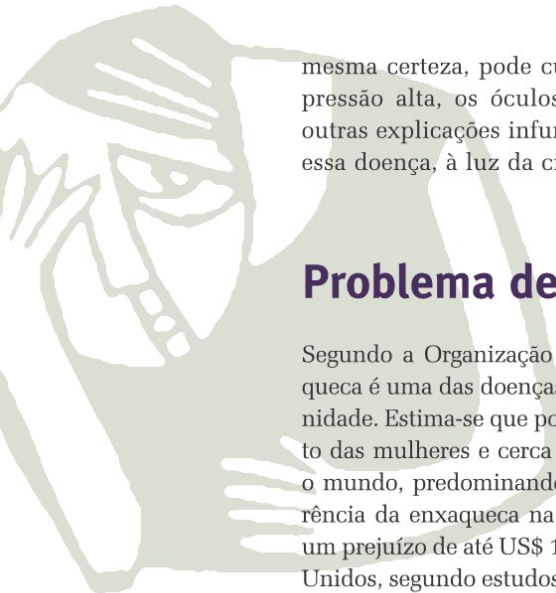
Essa curiosa associação de idéias foi feita pelo médico e naturalista inglês John Fothergill (1712-1780). Entusiasta da respiração boca a boca para “os aparentemente mortos de forma súbita”, Fothergill descreveu a neuralgia do trigêmeo, que provoca dor muito forte e periódica na face (onde se distribuem as terminações desse nervo), e a *angina pectoris*, caracterizada por fortes dores no peito. Mas foram seus estudos sobre a natureza das alterações visuais sofridas por pacientes de enxaqueca que o fizeram cunhar uma expressão usada pelos médicos até hoje. Ele observou que o intenso ziguezague luminoso que alguns enxaquecosos dizem perceber em seu campo visual era similar às muralhas em torno de cidades como Rocroi, e em 1778 chamou esse sintoma de ‘espectro de fortificação’.

A enxaqueca é uma doença com múltiplas facetas. Para os pacientes, é fonte de intenso sofrimento, por conta do prejuízo à qualidade de vida decorrente da grande interferência da doença em suas rotinas. Para alguns médicos, trata-se de uma desordem pouco importante, um ‘exagero’ de doentes com queixas múltiplas. Para empregadores, é às vezes sinônimo de desculpa para ocultar preguiça e faltas ao trabalho. Um amigo logo sugere: “É estresse. Faça análise.” Já um vizinho, com a



Figura 1. Vista aérea da pequena cidade de Rocroi, na França, em torno da qual existem muralhas em forma de ziguezague (no detalhe, o desenho das muralhas)





mesma certeza, pode culpar o fígado, a sinusite, a pressão alta, os óculos mal ajustados – além de outras explicações infundadas. Mas, afinal, o que é essa doença, à luz da ciência?

## Problema de saúde pública

Segundo a Organização Mundial da Saúde, a enxaqueca é uma das doenças mais importantes da humanidade. Estima-se que possa atingir cerca de um quarto das mulheres e cerca de 8% dos homens em todo o mundo, predominando na idade adulta. A interferência da enxaqueca na vida das pessoas determina um prejuízo de até US\$ 17 bilhões anuais nos Estados Unidos, segundo estudos recentes. Essa doença é, claramente, um grave problema de saúde pública.

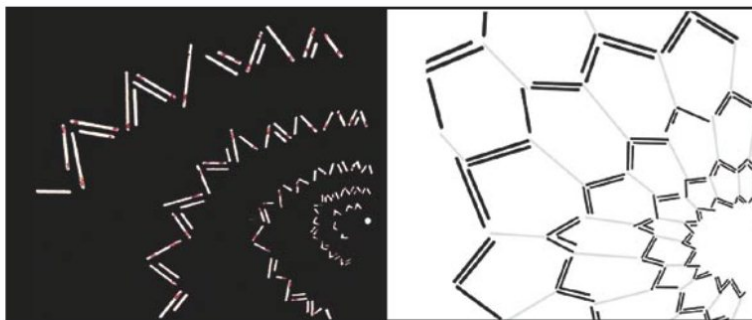
Como ela está classificada entre as dores de cabeça primárias (não decorrentes de doenças subjacentes), é inadequado pensar que seja causada por sinusite ou outra afecção. Os pacientes podem apresentar fenômenos desencadeantes, o que não significa que estes causem a doença. Sabe-se que alguns fatores, em certos momentos e especificamente para alguns doentes, podem facilitar a ocorrência de crises agudas. Tais desencadeantes incluem alimentos (chocolate, queijos, vinho e outros), alterações do ritmo do sono, exercícios físicos e fatores emocionais, entre outros. Desencadear crises, no entanto, não significa ser a causa da doença, tanto que as crises podem ocorrer na ausência desses fatores.

A dor de cabeça é o principal sintoma da enxaqueca, mas não o único. Sofrer dessa doença não é apenas ter dor, é estar permanentemente sujeito a crises, existam ou não os desencadeantes. A dor é intensa, tende a afetar apenas um lado do crânio (na maioria dos pacientes, alterna-se entre os dois lados), tem características latejantes e pode ser acompanhada por náuseas, vômitos e intolerância a estímulos ambientais, em especial luminosidade (fotofobia), ruídos (fonofobia) e odores (osmofobia). As crises duram de quatro a 72 horas e sua frequência é variável. Nas mulheres, tendem a predominar no período menstrual e são menos frequentes durante as gestações. Alguns pacientes podem apresentar sintomas indicativos de disfunção em áreas distintas do córtex cerebral, a parte mais externa do cérebro, onde ficam os neurônios – esse fenômeno é chamado de ‘aura’. Para entender a enxaqueca é preciso, sobretudo, compreender o que é a aura e quais as suas relações com os outros sintomas da doença.

## As pesquisas sobre a aura

O espectro de fortificação identificado por Fothergill é um dos tipos de aura visual. Ele se caracteriza de início por uma cintilação, um ‘brilho’ que surge em alguma região da visão. Ao longo dos minutos seguintes, esse brilho adquire a forma de um ‘C’, com a borda externa em ziguezague (como os muros de Rocroi), e cresce progressivamente (figura 2). De modo surpreendente para o conhecimento da época, o neurologista inglês William R. Gowers (1845-1915) (figura 3), em trabalho de 1906 sobre a fronteira entre a enxaqueca e a epilepsia, imaginou que o desenvolvimento da anormalidade pelo campo visual estaria relacionado a algum fenômeno que se alastrasse pela área do cérebro responsável pela visão, tal como “ondas em uma poça na qual uma pedra só seria descoberto 40 anos depois.

Nas regiões do córtex cerebral relacionadas ao processamento visual, existe uma representação do espaço referente ao campo visual. Assim, cada parte da retina, responsável pela visão de uma região do espaço, envia impulsos nervosos para uma região específica do córtex visual. Há cerca de 60 anos, o norte-americano Karl Spencer Lashley (1890-1958), então professor de neuropsicologia na Universidade Harvard, estudioso do córtex e também vítima de enxaqueca, desenhou sucessivamente o aspecto visual do seu próprio espectro de fortificação e inferiu, com base no tempo necessário para o alastramento do fenômeno visual e o tamanho do córtex visual, que essas visões seriam provocadas por uma



FONTE: RICHARDS, 1971

Figura 2. Estudo de um espectro de fortificação (à direita), feito por Whitman Richards a partir do desenho de uma anomalia visual (aura) observada pela sua mulher (à esquerda)



ORIGEM: SCHOTT, BRAUN, 2007

Figura 3. Ilustração de auras visuais da enxaqueca, feita em 1904 pelo médico inglês William Gowers (1845-1915)



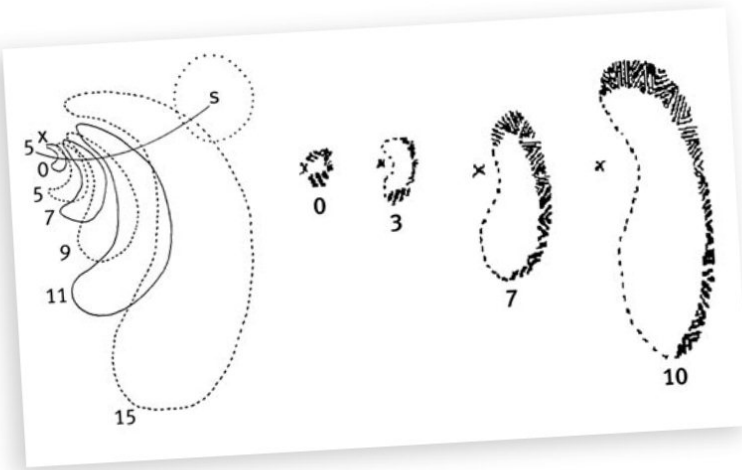


Figura 4. Desenhos feitos por Lashley, em 1941, de suas próprias auras visuais: ele deduziu que elas seriam produzidas por algum fenômeno que se alastrava pelo córtex cerebral a 2-3 mm por minuto

anormalidade que se alastrava pelo cérebro à velocidade de 2 a 3 mm por minuto (figura 4).

Sem conhecer o que Lashley havia dito pouco antes, o neurologista brasileiro Aristides Azevedo Pacheco Leão (1914-1993) (figura 5), que fazia doutorado em Harvard em 1943, estimulava o córtex exposto de um coelho quando percebeu que a amplitude da atividade elétrica, coletada por eletrodos aplicados diretamente no córtex, mostrava-se algumas vezes deprimida. Leão então teve a idéia que o levaria a uma descoberta surpreendente: pôs os eletrodos em fila e verificou que a depressão da atividade cortical ‘caminhava’ de um eletrodo para o seguinte, depois para outro mais distante e assim por diante (figura 6). Em sua tese, publicada no periódico *Journal of Neurophysiology*, em 1944, Leão batizou o fenômeno como ‘depressão alastrante’, que avançava pelo córtex com velocidade semelhante à inferida por Lashley e da forma imaginada por Gowers décadas antes. Mas isso ocorreria no ser humano? E seria essa a fonte de algumas dores de cabeça?

Quando o paciente tem aura, a doença se chama ‘enxaqueca com aura’, em oposição ao tipo ‘sem aura’, no qual ocorre apenas a dor, sem anormalidades aparentes da função cortical. A aura visual do tipo cintilações visuais é a mais comum, mas a enxaqueca não é uma doença que provoca apenas dor e alterações visuais caracterizadas por *flashes* e ziguezagues luminosos. Durante a aura, na chamada ‘síndrome de Alice no país das maravilhas’, por exemplo, os pacientes podem ainda ter sensações visuais complexas, como perceber objetos com tamanhos exageradamente pequenos ou grandes, ou muito mais longe do que realmente estão, ou mesmo ver coisas e pessoas em pequenos cubos ou em mosaico.

O que ocorre no córtex visual e determina a aura visual pode acontecer em outras áreas do cérebro? A resposta é sim. Certos pacientes, durante a aura, sentem formigamentos no braço, perdem o movimento em um lado do corpo por algum tempo e podem até ser incapazes de usar a linguagem momentaneamente. Muitos fenômenos pouco conhecidos podem acontecer durante a aura ou mesmo fora

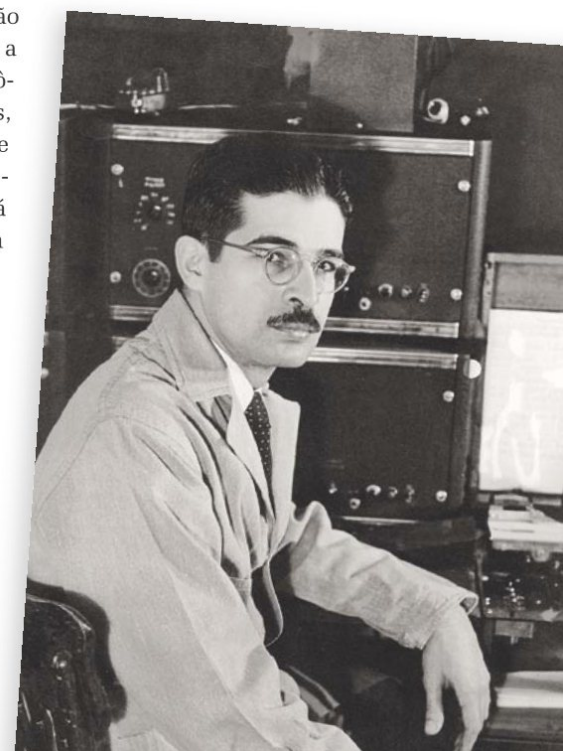
dessa fase. O que imaginamos é que a alteração da função cortical depende de qual área é afetada pela depressão alastrante.

Certos enxaquecosos têm dificuldade de reconhecer rostos humanos (condição chamada de ‘prosopagnosia’), o que provavelmente está relacionado à passagem da depressão alastrante por duas áreas do córtex ligadas à habilidade de reconhecer as faces, a área de face fusiforme (FFA, na sigla em inglês)

(figura 10) e o córtex occipital inferior (IOC, na sigla em inglês). Observamos pacientes que relatam diferenças nas cores, como relativa palidez ou brilho exagerado, e há uma região específica do córtex, chamada V8, ligada à percepção do brilho. Outros pacientes podem ter, raramente, sensações de estranheza em relação ao próprio braço, como se este não lhes pertencesse. Essa condição, chamada de ‘síndrome da mão estrangeira’ ou ‘da mão *alien*’, também pode ocorrer em pacientes com isquemia cerebral. Vimos, em alguns casos de enxaqueca, incapacidade momentânea de se expressar ou de entender o que é dito (afasia), dificuldade de lembrar nomes próprios (afasia anômica) ou de executar atos corriqueiros, como usar uma caneta ou uma escova de dentes (apraxia). Sintomas como afasia, prosopagnosia e apraxia, entre outros, estão associados a áreas especializadas do córtex cerebral.

Alguns pacientes apresentam vários desses sintomas combinados. Quando isso acontece, as anormalidades não surgem ao mesmo tempo, mas se sucedem em cadeia, de acordo com a distribuição espacial das diferentes funções pelas áreas do cérebro. Quando calculamos a velocidade de alastramento da anormalidade no cérebro, com base na duração de cada sintoma durante a aura e a distribuição anatômica das áreas envolvidas, chegamos à velocidade de 2-3 mm por minuto, a mesma que Lashley deduziu há 50 anos e Leão mediu em 1944 para a depressão alastrante em coelhos. ▶

Figura 5. O brasileiro Aristides Azevedo Pacheco Leão (1914-1993), descobridor da depressão alastrante, diante do primeiro eletroencefalógrafo do mundo, nos anos 40, quando estudava em Harvard, nos Estados Unidos









chamada 'inflamação neurogênica', causada nas artérias pela ativação do sistema nervoso. Em 2006, o mesmo grupo demonstrou que muitos medicamentos que hoje previnem a enxaqueca bloqueiam a depressão alastrante em animais de laboratório.

O que acontece então na enxaqueca sem aura? A depressão alastrante pode ser 'silenciosa'? Pensamos que sim. A principal evidência nesse sentido foi obtida pelo pesquisador norte-americano Roger P. Woods e colaboradores, em 1994. Ao examinar uma enxaquecosa com métodos que avaliavam o fluxo sanguíneo cerebral em ação, ele foi surpreendido por uma inesperada crise da paciente. Isso permitiu a Woods demonstrar, nesse caso, o alastramento de alterações sugestivas de depressão alastrante, a partir do pólo occipital do cérebro, região relacionada à visão. No entanto, ela não tinha aura! A experiência revelou que a depressão alastrante pode ocorrer com frequência muito maior do que se imagina, expressando-se ou não como aura. Uma das perguntas que a ciência deverá responder no futuro é: como a depressão alastrante se traduz em sintomas?

Além das alterações de suas funções, é possível que a própria estrutura do cérebro seja diferente na enxaqueca. Usando técnicas sofisticadas de imagem por ressonância magnética como a denominada 'tensor de difusão', Hadjikhani e sua equipe demonstraram, em 2006, não só que algumas regiões do córtex cerebral podem ser mais espessas em enxaquecosos, mas também que isso pode ocorrer em algumas vias relacionadas à transmissão de informações dolorosas dentro do cérebro.

## A influência dos genes na doença

Por que tudo isso ocorre? De onde vem a enxaqueca? Muitos pacientes relatam que alguns familiares sofrem da doença. "Mãe tinha, doutor. Lembro-me dela sofrendo com rodela de batatas na cabeça", dizem. Esses relatos indicavam uma possível influência genética na enxaqueca, o que era reforçado por estudos sobre a incidência da doença em algumas famílias. Entretanto, foi apenas em 1996 que se descobriu o primeiro gene relacionado a uma forma de enxaqueca, a chamada 'enxaqueca hemiplérgica familiar' (EHF), que pode ser herdada pelos descendentes, bastando para isso que recebam apenas uma cópia anormal desse gene, denominado CACNA1A e localizado no cromossomo 19.

O gene CACNA1A é responsável pela síntese de uma proteína que regula a passagem de cálcio pela membrana plasmática de neurônios no córtex cere-

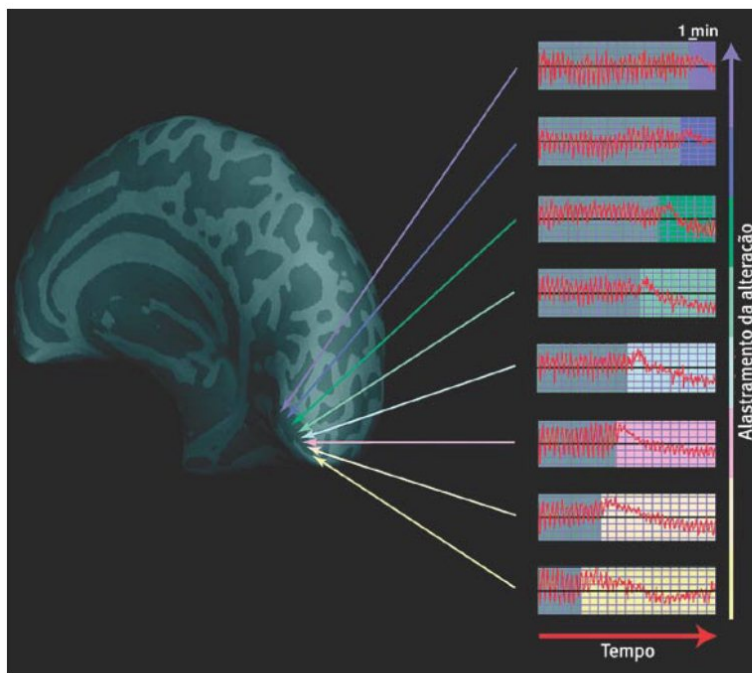


Figura 7. Alastramento de uma alteração (captada por ressonância magnética funcional) a partir da região posterior do cérebro em um paciente durante uma crise de enxaqueca – as setas coloridas indicam os pontos de registro e os gráficos de ondas mostram o momento, em cada ponto, em que ocorre a alteração (essa sequência corresponde provavelmente à passagem da depressão alastrante)

bral. Esse gene, quando alterado, modifica a excitabilidade do neurônio. Camundongos com mutações induzidas nesse gene apresentam sintomas desse tipo de enxaqueca e a depressão alastrante ocorre, em seu cérebro, mais facilmente e com velocidade maior. Outros genes ligados à EHF foram descobertos nos cromossomos 1 e 2, mas as formas mais rotineiras de enxaqueca, a enxaqueca com aura e a sem aura que vemos nos nossos consultórios, ainda não tiveram seus mistérios genéticos totalmente desvendados.

Em conclusão, a enxaqueca é uma doença e não apenas uma dor de cabeça qualquer. Seus mecanismos são complexos e desafiadoramente interessantes. É provável que pessoas com enxaqueca tenham nascido com mutações genéticas que alteram a excitabilidade do córtex cerebral, facilitando a ocorrência da depressão alastrante. Esse fenômeno ativa estruturas nervosas relacionadas à dor e induz a liberação de substâncias que atuam nos vasos sanguíneos, levando à 'inflamação neurogênica'. É possível que alterações discretas da função e da estrutura do cérebro estejam presentes nos pacientes com enxaqueca. Embora o tratamento atual da doença possa ser considerado eficiente, esperamos que, no futuro, terapias mais específicas possam bloquear a expressão desses genes e normalizar as alterações cerebrais, melhorando ainda mais a vida de milhões de enxaquecosos no mundo inteiro. ■

### SUGESTÕES PARA LEITURA

OLESEN, J.; TFEELT-HANSEN, P.; WELCH K. M. A.; GOADSBY, P. J. & RAMADAN, N. M. *The headaches*. Nova York: Lippincott Williams & Wilkins, 2005.  
SPECIALI, J. G. & SILVA, W. F. *Cefaléias*. São Paulo: Lemos Editorial, 2002.



# As estatísticas no



*Estatística, em termos matemáticos, é o resultado da coleta, organização e análise de dados numéricos a respeito de um fenômeno. Toda estatística é também uma convenção social, construída a partir de certo modo de apreender a realidade. No mundo atual, produzir dados estatísticos mais completos e com maior rapidez é um fator estratégico relevante. Essa tarefa geralmente cabe, em cada país, a sistemas estatísticos nacionais, geridos pelo Estado. Entretanto, a aceitação das estatísticas oficiais depende da credibilidade do modelo teórico que as embasa, da reputação da instituição que as produz e da confiança atribuída pelo usuário. Este artigo discute algumas questões referentes à produção de estatísticas oficiais nas sociedades modernas e sugere, à luz dessa discussão, uma atualização da legislação nacional específica.*

**Carmem Aparecida Feijó**

*Departamento de Economia, Universidade Federal Fluminense*

**Elvio Valente**

*Programa de Mestrado em Administração e Desenvolvimento Empresarial, Universidade Estácio de Sá*





# oficiais mundo atual

**Uma característica importante do novo modelo de produção** baseado na revolução da informática e nas telecomunicações é a sua dependência de uma instantânea produção e disseminação de dados, informações, conhecimentos e idéias. Assim, nesse modelo, a construção e a utilização de infra-estruturas de informações – em particular informações estatísticas – são necessidades competitivas para qualquer país.

Em geral, a tarefa de manter os sistemas estatísticos nacionais como um bem público tem sido atribuída aos governos. Um serviço nacional de estatística deve prover políticos e tomadores de decisões com as informações necessárias para os propósitos de política e planejamento. As informações estatísticas permitem ao governo, por exemplo, conhecer a posição da economia e sua tendência, além das características correntes e tendências da situação social. Elas são usadas para decidir sobre o montante dos gastos públicos e para alocar verbas, monitorar a economia, avaliar a eficiência de programas públicos, selecionar entre alternativas de políticas e formar expectativas em relação ao futuro.

ILUSTRAÇÕES MATEU VELASCO

A estatística assume também um importante papel social e educacional, oferecendo informações (positivas ou negativas) sobre vários aspectos da realidade socioeconômica. Assim, cabe ao serviço nacional de estatísticas disseminar essas informações para toda a comunidade, para que a população e as autoridades tenham uma base concreta para tomar suas decisões e para iluminar a discussão dos problemas nacionais.

Apesar da relevância do papel das estatísticas oficiais nas sociedades atuais, sua produção não está apoiada em um modelo teórico firme, como afirmaram, em 2001, o canadense Richard Platek e o sueco Carl-Erik Sarndal, ambos estatísticos. Mesmo assim, o desenvolvimento da capacidade de produzir sistematicamente estatísticas relevantes, atuais, confiáveis, abrangentes e comparáveis é um desafio para todos os países. Portanto, as instituições envolvidas com a produção de estatísticas devem se apoiar em preceitos e procedimentos que legitimem sua atividade. Esse é o sentido dos 10 'princípios fundamentais' estabelecidos pela Conferência Anual de Esta- ▶





tísticas das Nações Unidas em 1994 (e reafirmados em 2004) e que servem de guia para orientar o funcionamento de um sistema nacional de estatística.

Esse sistema pode ser definido como o conjunto de práticas e instituições envolvidas com a produção e disseminação de estatísticas. Para desenvolver um sistema nacional de estatísticas eficiente é necessário que a política geral do governo para as atividades básicas – coleta, compilação, disseminação e interpretação de informações estatísticas, de todas as áreas – esteja regulamentada por lei. No caso do Brasil, a atividade de produção de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), órgão oficial do país para essa produção, é disciplinada pela chamada Lei do Sigilo (Lei nº 5.534, de 1968, regulamentada pelo Decreto-lei nº 73.177, de 1973).

## *Um sistema estatístico*

A criação do IBGE, em 1938, refletiu, de forma significativa, o pensamento de que os levantamentos estatísticos e a pesquisa geográfica poderiam desempenhar papel relevante no que diz respeito à administração do imenso território brasileiro, em vias de integração. Assim, o governo de Getúlio Vargas definiu como prioridade um plano para o território nacional, cabendo ao novo instituto a tarefa de formulá-lo e executá-lo. A atuação do IBGE, respeitando a estrutura administrativa federalizada já vigente no país, mas submetendo-a à orientação central getulista, foi orientada para o levantamento e a sistematização de um conjunto de informações com a finalidade de atender às necessidades da administração pública em seus aspectos jurídico (legislação), tributário (impostos, controle orçamentário), pleitos eleitorais e expansão de riquezas públicas federais (demarcação de terras devolutas pertencentes à União, mensuração das riquezas naturais e construção de equipamentos diversos como estradas, aeroportos, minas e usinas).

A atual Constituição, promulgada em 1988, preservou o espírito da lei (de 1974) que criou o Sistema Estatístico Nacional e definiu o IBGE como órgão central e coordenador desse sistema. Segundo a Constituição, compete à União organizar e manter

os serviços oficiais de estatística de âmbito nacional (artigo 21, item XV) e legislar sobre o sistema estatístico nacional (artigo 22, item XVIII). Isso não impede que os estados possam criar e/ou manter órgãos de produção de estatísticas. Na verdade, o § 1º do artigo 25 reserva aos estados as competências que o texto constitucional não veda a eles, e o parágrafo único do artigo 22 (que define as áreas sobre as quais só a União pode legislar) ainda permite que os estados, desde que autorizados por Lei Complementar, legislem sobre questões “específicas” das matérias ali relacionadas.

Entretanto, não apenas estados e municípios – que teoricamente assumem maiores responsabilidades e recursos – podem desempenhar papéis mais destacados, seja como produtores diretos ou conveniados, seja como usuários de informações estatísticas. Isso é válido também para os órgãos de estatística dos ministérios e para algumas fundações, autarquias, conselhos, empresas públicas etc.

Para evoluirmos no entendimento do papel das estatísticas oficiais no processo de tomada de decisão em economias de mercado, vale fazer algumas reflexões de ordem conceitual e metodológica sobre o que torna uma estatística uma referência capaz de nortear a tomada de decisões públicas e privadas.

## *O que é uma estatística*

Em primeiro lugar, deve-se entender o que faz com que uma observação quantitativa da realidade se torne uma estatística. Dados que representam fatos econômicos e sociais só têm significância – ou seja, só se transformam em informação – se ordenados, sistematizados e encaixados em esquemas de classificação, conceitos teóricos ou outros padrões. Só assim constituem base para o conhecimento, que resulta da submissão de tais dados a processos mais refinados de análise, quando são convertidos em afirmações mais gerais, leis etc. Cabe lembrar que as informações estatísticas são sempre produzidas com base em um modelo conceitual, que filtra a realidade.

As estatísticas são os resultados da observação, sendo esta um processo de definição do objeto. As estatísticas aparecem, assim, como uma aproximação dos diferentes aspectos da realidade. Elas não refletem a realidade, refletem uma certa maneira de





perceber a realidade. No entanto, em uma sociedade que procura quantificar tudo, a força dos números faz com que as estatísticas sejam aceitas como realidade.

Deve-se acrescentar, ainda, que o uso das estatísticas gera efeitos reais. Dados são obtidos, tratados em diferentes níveis e usados para tomar decisões, cujos efeitos alteram os próprios dados. Estimativas incorretas de população, por exemplo, implicam distorções na distribuição de recursos federais aos municípios (Fundo de Participação dos Municípios); índices de preços distorcidos levam a políticas de reajustes salariais equivocadas; dados precários sobre percentual de pobres na população induzem erros na distribuição de verbas públicas e assim por diante.

Esse processo pode ser esquematizado (figura 1) de modo simples: os fatos, uma vez organizados à luz de hipóteses teóricas (sobre relações técnicas e de comportamento que os conectem), permitem a construção dos sistemas de informações estatísticas, as quais, ao alimentar processos de decisão públicos e privados, têm impacto sobre a realidade. Os processos de transformação da realidade social, quando captados pelo sistema de informação, permitem o avanço da teoria e a modificação da forma de perceber os fatos.

Em síntese, a forma como se apreende a realidade por meio da informação estatística permite um contínuo aprendizado que implica mudanças no processo de produção dessa informação. Assim, é importante saber que toda vez que o referencial teórico conceitual ou a norma social muda, ou seja, quando fronteiras bem definidas são substituídas por situações intermediárias, é preciso definir novamente tais fronteiras. Portanto, quando as regras, convenções, ou mesmo apenas os procedimentos (estatísticos ou contábeis) mudam, as condições de registro estatístico também se modificam.

As transformações que ocorrem na realidade econômica e social, portanto, colocam permanentemente em xeque ao menos uma parte das estatísticas produzidas. Hoje, a demanda de informações torna-se cada vez mais urgente e diversificada e seu aten-

dimento, mais difícil. Essa dificuldade deve-se a dois fatores. De um lado, à modificação dos próprios quadros de observação estatística, já que muitas categorias tradicionais se tornam fluidas (profissão, domicílio, estado civil e outras), ou seja, não têm mais estabilidade conceitual. De outro, às exigências das políticas públicas – são exemplos a questão da cor da população para efeito de cotas em universidades, a definição de pobreza ou subnutrição para programas de transferência de renda e outras.

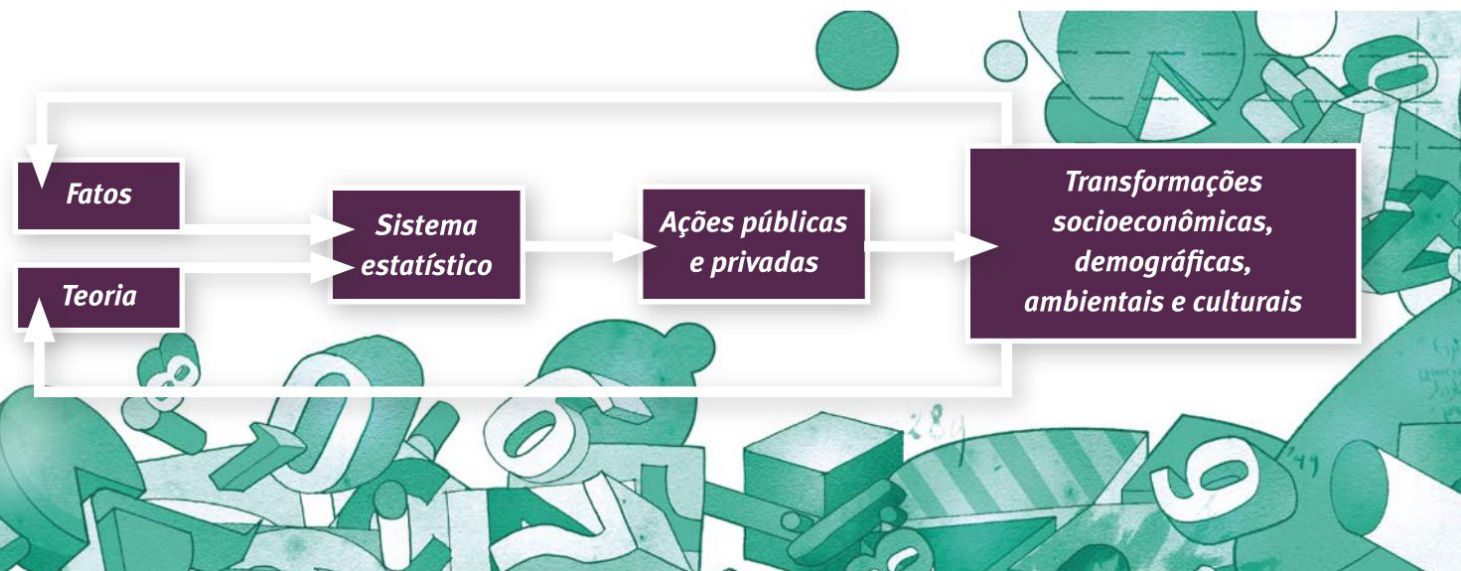
Considerando a dinâmica social e a necessidade de apreendê-la e descrevê-la por meio de estatísticas, o que podemos dizer sobre os requisitos necessários para a sua aceitação?

## Credibilidade e reputação

Um requisito importante para que uma estatística seja aceita como medida de referência na tomada de decisões – ou seja, para sua credibilidade – é a interpretação que se pode extrair dela a partir de um modelo teórico (implícito ou explícito). Isso não significa que toda estatística seja uma tradução ideal de conceitos teóricos abstratos, mas somente que a aceitação de uma estatística é tanto maior quanto mais consolidada a teoria que serve de referência a ela. Assim, os agregados macroeconômicos (números obtidos das contas de um país ou de uma região), por exemplo, são a referência para a descrição do conjunto da economia, e têm como base teórica o modelo de economia proposto pelo inglês John Maynard Keynes (1883-1946). Outro exemplo, tomando por base a teoria microeconômica (que trata do comportamento das unidades da economia, como indivíduos e empresas), são os índices de preço, que têm como referência a teoria do consumidor.

Outro ponto a ser considerado é que a credibilidade das estatísticas oficiais não deve ser vista indepen-

Figura 1. As estatísticas oficiais podem servir como insumo para o conhecimento, pois ações baseadas nesses fatos transformam a realidade, gerando novos fatos e alterando os modelos teóricos em que se apoiava a produção estatística





dentemente da imagem pública de quem as produz. Assim, a credibilidade das estatísticas oficiais diz respeito tanto ao seu conteúdo analítico, derivado dos modelos teóricos aos quais está referida, quanto à reputação da instituição produtora (figura 2).

Essa distinção entre credibilidade e reputação tem várias implicações práticas para os produtores oficiais de estatísticas. A principal é que, ao reconhecê-la, delinea-se mais claramente a sua responsabilidade na busca pela imagem de qualidade. Essa busca deve observar tanto os conceitos teóricos (aspecto da credibilidade) quanto os procedimentos a serem seguidos na produção da informação (o cumprimento das 'boas práticas' que constroem a reputação). Assim, o produtor oficial deve estar em contato com os avanços no âmbito da teoria para saber interpretá-los à luz da produção de informação. Da mesma forma, o produtor, seguindo boas práticas, deve orientar o uso da informação que obtém, ou seja, dar transparência à forma como a estatística é produzida, mas não deve influenciar a decisão sobre o seu uso.

Em suma, a credibilidade de uma estatística não se define no âmbito da produção da estatística, mas no âmbito da discussão teórica. A qualidade da produção, por outro lado, depende das práticas dos produtores de estatística que determinam sua reputação.

estatística e sua realidade pessoal (e também porque pode acreditar que o governo manipula as informações). Muitas críticas às estatísticas provêm de um desconhecimento de sua natureza: as estatísticas, por exemplo, não representam as situações individuais, mas a média dessas situações. É preciso agregar, ou seja, agrupar as informações, para que a informação tenha uma significação, mas a agregação torna a informação inútil e inverificável em nível individual.

Diante do volume e da complexidade das estatísticas divulgadas, e sem compreendê-las adequadamente, o público pode oscilar entre a credulidade e a desconfiança. Assim, o grau de confiança que os usuários atribuem ao produto acaba sendo uma função direta de sua confiança na instituição produtora.

Outra questão a ser considerada é que a inserção dos produtores de estatística nas administrações públicas os expõe às pressões oriundas dos contextos econômico e social. O problema da confiança se agrava com as manipulações, reais ou presumíveis. Assim, é importante que o órgão produtor tenha independência suficiente para resistir a pressões políticas e preservar sua virtude. A preservação da reputação, apoiada na credibilidade das informações produzidas, exige independência e imparcialidade em relação aos contextos políticos. A informação gerada deve ser considerada livre de manipulação. Disso depende, em parte, o sucesso das ações decorrentes das decisões de políticas públicas. Reputação é difícil de conseguir e fácil de perder. Em uma sociedade democrática, o serviço público deve estar a serviço do público e não do poder governante. Os órgãos estatísticos devem desenvolver uma imagem de importância pública e de legitimidade.

Portanto, para ganhar a confiança do usuário, o produtor oficial de estatísticas deve, entre outras coisas, agir com profissionalismo, objetividade e consciência de qualidade; explicitar as metodologias e as limitações da informação; interagir com o meio

Figura 2. Construção da capacidade estatística: a confiança é um atributo conquistado a partir da boa reputação dos produtores de estatísticas e da credibilidade destas

## A confiança nas estatísticas


Como a produção de informações estatísticas é dominada pelas instituições que coletam os dados e os analisam, seus usuários normalmente não têm como verificar diretamente sua qualidade. O homem comum pode ter a impressão de que as cifras são falsas, em parte porque não vê a adequação entre a

*Credibilidade nas referências teóricas que suportam a construção das estatísticas*

*Reputação dos produtores por meio da aplicação de boas práticas de produção e disseminação das informações*

*Confiança no uso das informações*





acadêmico e procurar convencer o público leigo da importância da estatística (criação de uma cultura estatística); cultivar os usuários, atendendo às necessidades para deixá-los mais satisfeitos; e esclarecer os comentaristas que escrevem regularmente sobre problemas econômicos e sociais, refutando os relatos enganadores da mídia, porque é por meio dela que a maioria das pessoas obtém a maior parte de sua informação geral. Assim, um sistema estatístico nacional deve ser capaz de criar uma 'institucionalidade' para as estatísticas oficiais, na qual a interação com o público, para formar a agenda de pesquisa e torná-la crível, é peça-chave.

## Nova agenda para o setor

Como vimos, no novo paradigma econômico-tecnológico, a informação é um fator estratégico, dado o seu papel crucial para o conhecimento. Portanto, a sociedade moderna precisa de informações produzidas no mais curto prazo, devido à velocidade das mudanças na tecnologia e nas estruturas de mercado e à necessidade de tomada de decisões mais rápidas, como resultado do processo de integração econômica regional e internacional (globalização) e da importância da informação para as novas formas de gestão.

Além disso, a mudança do papel do Estado (menor intervenção na economia e maior ênfase nos mecanismos de mercado como alocador de recursos) reforçou a exigência de informações rápidas. A necessidade de informações para planejamento global e definição das políticas públicas somou-se a um aumento da demanda por informações mais específicas (temáticas e setoriais), destinadas a outros usuários (indivíduos, empresas e grupos de interesse), e também disponíveis em prazo curto. Se antes os órgãos centrais de estatística trabalhavam basicamente para o governo, agora (sem prejuízo da função tradicional) eles têm de satisfazer, crescentemente, às necessidades de empresas e indivíduos.

O aumento do poder de computação dos usuários também implicou maior autonomia em termos de acesso às redes de comunicação, maior capacidade de processamento de dados e mais possibilidades de uso de informações selecionadas (variáveis básicas), de interesse específico, diminuindo o poder de monopólio dos órgãos centrais de estatística.

Dados demográficos, projeções populacionais, indicadores sociais (saúde, educação e outros) e

informações econômicas, por exemplo, constituem bens públicos, para usufruto de agentes públicos, privados, universidades e sociedade civil organizada. Tais estatísticas atendem à necessidade coletiva de monitoramento da situação social, econômica e demográfica e contribuem para garantir níveis crescentes de bem-estar da sociedade.

Evidentemente, para reduzir a periodicidade da produção de dados estatísticos, para obter informações mais detalhadas espacialmente e para disponibilizá-los rapidamente e a baixo custo, as agências estatísticas precisam ter garantidos recursos orçamentários suficientes e regulares – recursos que, pela natureza das atividades dessas agências, são predominantemente públicos. Como o Estado tem de propiciar à sociedade esse tipo de informação básica e é seu maior consumidor, ainda cabe a ele um papel importante no orçamento dos órgãos nacionais de estatística. Além de produzir dados socioeconômicos e demográficos essenciais, a instituição central de estatística deve privilegiar ações no sentido de interligar bases de dados, descentralizar a produção com controle de qualidade, coordenar a disseminação de informações estatísticas e agilizar a divulgação de resultados.

Assim, uma questão central que deixamos em aberto neste texto, para futura reflexão, diz respeito à governança do sistema, ou seja, aos mecanismos a serem adotados para a definição da agenda de pesquisas, para garantir a qualidade e a transparência necessárias às estatísticas e para permitir o pleno exercício da cidadania, entre outros aspectos. Nesse sentido, parece oportuna a criação de uma comissão ou conselho estatístico, composta por representantes do governo e da sociedade civil, que atuaria como agência reguladora. Da mesma forma, o estabelecimento de uma lei de responsabilidade estatística (a exemplo da Lei de Responsabilidade Fiscal na área de finanças públicas) propiciaria um instrumento de controle e cobrança da sociedade sobre os assuntos pertinentes às estatísticas públicas. Sugerimos assim que já é chegada a hora de se rediscutir a legislação estatística atual, vigente há mais de 30 anos. ■

### SUGESTÕES PARA LEITURA

- FEIJÓ, C. A.  
"Estatísticas oficiais: credibilidade, reputação e coordenação", in *Economia Aplicada*, FEA-USP/FIPE, out./dez., p. 803, 2002.
- PLATEK, R.; SARNDAL, C-E.  
"Can a statistician deliver", in *Journal of Official Statistics*, v. 17, nº 1, p. 1, 2001.



# Morcegos e frutos

## Interação que gera

*Ao contrário do que a maioria das pessoas pensa, os morcegos não vivem só de sangue – na verdade, só existem três espécies hematófagas. Muitos desses admiráveis mamíferos comem frutos e dispersam sementes de milhares de espécies de plantas. Essa interação tem importantes conseqüências ecológicas, que afetam diretamente a estrutura e a dinâmica das comunidades vegetais das regiões tropicais.*

**Marco Aurélio Ribeiro de Mello**

Departamento de Botânica,  
Universidade Federal de São Carlos (SP)

**Os morcegos não são os animais preferidos do grande público.** Não devemos, no entanto, tentar mudar a imagem equivocada que se têm desses mamíferos voadores apenas por meio de argumentos emocionais, como fazem os ‘eco-chatos’. Mais importante é deixar claro que, embora mal-amados, tais animais prestam ‘serviços ecológicos’ cruciais na natureza. Este artigo mostra como os morcegos são muito mais do que apenas ‘vampiros’ e discute em detalhe suas interações com as plantas, ao buscar frutos para se alimentar e ao dispersar as sementes, e as conseqüências desses hábitos para as comunidades vegetais, em especial as florestas tropicais.

Morcegos são mamíferos (classe Mammalia), como os humanos, e pertencem a uma ordem chamada Chiroptera. É a segunda maior ordem dessa classe, com cerca de 1.100 espécies (perde apenas para os roedores). No Brasil, há 164 espécies de morcegos, o que representa um terço da fauna de mamíferos. As dietas desses morcegos incluem milhares de espécies animais e vegetais. Por causa dessa diversidade de fontes de alimento, a maior entre os mamíferos, os morcegos atuam como importantes predadores, polinizadores e dispersores de sementes.





# florestas

De acordo com sua dieta, as espécies de morcegos formam três categorias principais (divididas em subcategorias). Os fitófagos são consumidores de plantas e incluem frugívoros (comem frutos), nectarívoros (néctar), polinívoros (pólen), folívoros (folhas) e granívoros (comem sementes em forma de grãos, hábito só descoberto recentemente, no estado do Rio de Janeiro). Já os animalívoros são os que se alimentam de outros animais ou partes deles, englobando insetívoros (consomem insetos), carnívoros (aves, répteis e pequenos mamíferos), piscívoros (peixes), ranívoros (rãs, sapos e pererecas) e hematófagos (sangue). Finalmente, existem os onívoros: aqueles que comem tanto plantas quanto animais.

A maioria das espécies de morcegos, no entanto, não se enquadra apenas em uma dessas categorias: todas as espécies folívoras, por exemplo, são também frugívoras, e algumas comem também insetos. Cerca de 70% das espécies alimentam-se basicamente de insetos, o hábito ancestral dos morcegos. Contrariando o senso comum, os hematófagos – chamados popularmente de ‘vampiros’ – são raros: há apenas três espécies, restritas às Américas (0,2% do total mundial). Essas espécies são de fato especialistas, porque se alimentam unicamente de sangue.

## A dieta dos frutos

Este subtítulo não se refere a mais uma moda para o próximo verão, e sim ao fato de que os frutos são muito mais importantes para os morcegos do que se imagina. Na região neotropical, que engloba desde o sul do México até a Patagônia argentina, apenas os morcegos da família Phyllostomidae comem frutos (salvo raríssimas exceções). Nessa família, representada nessa região por cerca de 160 espécies, são observados todos os hábitos alimentares de morcegos. Muitas espécies são frugívoras em diferentes graus, e as mais especializadas pertencem às subfamílias Carollinae e Stenodermatinae. Já os morcegos de outras subfamílias têm hábitos alimentares variados: muitos são onívoros (Phyllostominae), alguns consomem principalmente néctar (Brachyphyllinae, Glossophaginae e Phyllonycterinae) e uma parcela é exclusivamente hematófaga (Desmodontinae).

No mundo, em torno de 26% das espécies de morcegos comem apenas frutos ou estes completam sua dieta. No Brasil, os frugívoros representam cerca de metade das espécies. Entre essas espécies, algumas são oficialmente confirmadas como frugívoras em ▶

Morcego frugívoro da espécie *Platyrrhinus lineatus* comendo um fruto de caqui-do-cerrado (*Dyospiros hispida*). Essa planta é um parente próximo do caqui comercial (*Dyospiros kaki*), de grande valor econômico



diferentes graus, enquanto outras, sobre as quais não se sabe muito, são consideradas potencialmente frugívoras em função de relatos esporádicos ou com base nos hábitos de espécies aparentadas. Poucas espécies de morcegos são exclusivamente frugívoras – muitas das que buscam frutos comem também néctar, insetos e até vertebrados.

Já foi proposto que todas as espécies frugívoras distribuídas pelas subfamílias de filostomídeos compartilhariam um ancestral comum. Além disso, alguns estudos sugerem que, em geral, as dietas dos morcegos dessa família combinam com suas histórias evolutivas e, como resultado, há especialização alimentar em determinadas linhagens (subfamílias, gêneros e tribos) ou até coevolução (envolvendo os morcegos e as plantas que produzem os frutos), como proposto em 1982 pelo biólogo norte-americano E. Raymond Heithaus.

## Ambos saem ganhando

As relações entre morcegos e frutos são muito coesas (há lugares, por exemplo, onde não ocorrem certos morcegos simplesmente porque seus frutos preferidos não estão presentes), mas em sua maioria são difusas, sendo que morcegos generalistas e plantas também generalistas costumam fazer núcleos de interação entre si nas comunidades. Ambas as par-

tes dessa interação se beneficiam e, para os morcegos, há claras vantagens. A partir do momento em que começaram a comer frutos, eles ampliaram em muito suas fontes de alimento, o que provavelmente permitiu que se diversificassem e conquistassem mais ambientes, aumentando sua abundância.

Essa vantagem é especialmente forte nos trópicos, onde os frutos de milhares de espécies estão disponíveis praticamente o ano inteiro, não apenas nas florestas úmidas, mas também em áreas de cerrado e caatinga. Morcegos exclusivamente frugívoros, como *Carollia perspicillata* e *Sturnira lilium*, duas espécies muito comuns no Brasil, podem mudar o tipo de fruta que consomem, os padrões de deslocamento e mesmo o período de reprodução entre as estações do ano, a fim de aproveitar ao máximo os meses de fartura e sobreviver nos meses de escassez de alimento.

É fácil entender que a interação é benéfica para os morcegos, mas a vantagem para as plantas não é tão evidente. De maneira simplificada, podemos indagar: por que gastar energia para produzir frutos atraentes especificamente para morcegos, se é possível gerar frutos atraentes para muitos outros animais, que também podem dispersar as sementes e ajudar a espécie vegetal a se reproduzir?

Para tentar responder a essa pergunta, vamos, em primeiro lugar, discutir como seriam os frutos ‘atraentes para morcegos’. Um modelo teórico criado em 1973 pelo biólogo holandês Leendert Van der Pijl, conhecido como síndrome da quiropterocoria (dispersão de sementes por morcegos), propõe que esses frutos ‘especializados’, em sua maioria, têm um conjunto de características típicas. Considerando também as modificações feitas desde então nesse modelo original, podemos dizer que os frutos quiropterocóricos são em geral carnosos, não mudam de cor da fase verde para a madura, têm substâncias aromáticas atrativas quando maduros e ficam bem expostos nos ramos das plantas.

Os frutos preferidos pelos morcegos são produzidos por numerosas espécies. Muitas são silvestres, não exploradas pela população humana, outras têm alto valor comercial por fornecer (não só nos frutos) alimentos, temperos, remédios e cosméticos, e algu-



Alguns morcegos comedores de frutos são *Carollia perspicillata* (A), um dos principais dispersores de sementes de plantas pioneiras (em especial da família Piperaceae); *Sturnira lilium* (B), que exibe forte interação com plantas da família Solanaceae; *Artibeus lituratus* (C), comum nas cidades (onde costuma se alimentar em amendoeiras e figueiras); e *Pygoderma bilabiatum* (D), mais raro, em geral encontrado em florestas





FOTO DE MARCO A. R. MELLO

mas são empregadas em paisagismo, por sua grande beleza. No Brasil, exemplos típicos de frutos quiropterocóricos são os das famílias Piperaceae (jaboandis, cava-cavas, pimenteiras selvagens, pimenta-do-reino), Solanaceae (vitingas, joás, jurubebas, quinás, tomates, pimentas), Cecropiaceae (imbaúbas) e Moraceae (figueiras). Vale lembrar, porém, que várias espécies dessas famílias se enquadram em outras síndromes, podendo ter suas sementes dispersas por aves ou outros agentes. Existem ainda frutos que não são vistos tradicionalmente como quiropterocóricos, mas são dispersos por morcegos, como o anjelim (gênero *Andira*, família Guttiferae), o chapéu-de-praia (*Terminalia*, Combretaceae), a manga (*Mangifera*, Anacardiaceae) e o guanandi (*Calophyllum*, Clusiaceae), entre outros.

As flores contam com diversos meios de restringir o acesso de visitantes ao seu interior (existe, portanto, uma seleção direta destes), mas em geral isso não acontece com os frutos. Por isso, vários mamíferos de grupos diferentes, como gambás (gênero *Didelphis*), cuícas (*Marmosops* e *Micoureus*), bugios (*Alouatta*) e outros, além de diversas aves, também comem os 'frutos de morcegos'. A quiropterocoria, assim, é considerada uma síndrome mais 'fraca', se comparada à quiropterofilia (relacionada à busca de néctar, que auxilia a polinização), já que apresenta muitas exceções.

A evolução, porém, forneceu a muitas plantas (quiropterocóricas ou não) uma forma de 'driblar' esse problema, assegurando a seleção de dispersores confiáveis. Em tais plantas, as estratégias de produção de frutos que rendem parcerias mais fortes com animais são aquelas que as tornam fontes confiáveis de alimento para os frugívoros especialistas e, ao mesmo tempo, não incentivam os oportunistas. Assim, as 'plantas de morcegos' tendem a produzir os frutos aos poucos e durante vários meses, com alto grau de sincronia, na frutificação, entre os indivíduos da mesma população (estratégia 'estado-estável'), como se observa na família da pimenta-do-reino. No entanto, há também plantas que produzem todos os frutos de uma vez, em curto intervalo de

tempo e sem sincronia entre os indivíduos de uma mesma população (estratégia 'grande explosão'), como as figueiras. Mesmo não havendo sincronia, como no primeiro caso, em todas as épocas do ano sempre há uma figueira de alguma espécie frutificando e, portanto, fornecendo alimento para morcegos. Em geral, as estratégias intermediárias não são encontradas nas plantas quiropterocóricas.

## Menos esforço, mais ganho

Pensando pelo lado da nutrição, quais critérios são mais interessantes para que os morcegos encontrem frutos suficientes e se satisfaçam a cada noite? Em sua busca por alimento, um morcego não pode simplesmente gastar toda a sua energia em cada uma das atividades que precisa realizar. É necessário aplicar determinada quantidade de energia para cada atividade, sendo que a seleção natural tende a favorecer os indivíduos que maximizam a diferença entre a energia que gastam e a que ganham (as que têm maior ganho líquido). Essa alocação otimizada de energia é crucial, pois algumas espécies não podem ficar sequer duas noites seguidas sem comer. Assim, um gasto malfeito pode levar o indivíduo a produzir menos filhotes ou mesmo a morrer.

Seguindo essa linha de pensamento, já foram observadas algumas evidências de que os morcegos tendem a maximizar essa diferença entre gasto e ganho de energia. Isso parece estar de acordo com a 'teoria do forrageio ótimo', proposta em 1966 pelos biólogos norte-americanos Robert H. MacArthur (1930-1972), Eric R. Pianka e John Merritt Emlen. A teoria diz justamente que essa otimização aumenta a aptidão e favorece o indivíduo na seleção natural.

Essa idéia do forrageio ótimo pode ser estendida para outros níveis da atividade de alimentação. Já vencida a etapa de escolher a espécie de planta, ao encontrar diversas plantas da mesma espécie os

A pimenteira *Piper gaudichaudianum* (A), da mesma família da pimenta-do-reino (*P. nigrum*); a palmeira jerivá (*Syagrus romanzoffiana*) (B), comum em áreas de mata atlântica (no detalhe, sendo visitada pelo morcego *Artibeus lituratus*); e a figueira-branca (*Ficus luschnatiana*) (C) são alguns dos vegetais que fornecem alimento a diferentes espécies de morcegos



O morcego *Sturnira lilium* apresenta interação com plantas solanáceas – na imagem, porém, devora um figo (não identificado), fruto de plantas da família das moráceas



FOTO DE SÁVIO W. DRUMMOND

## PROJETO MORCEGOS E FRUTOS

O autor tem estudado as interações entre morcegos e frutos há alguns anos. Em sua pesquisa de mestrado, feita na Universidade do Estado do Rio de Janeiro, investigou as relações entre morcegos da espécie *Carollia perspicillata* e seu principal alimento, as plantas do gênero *Piper* (família Piperaceae) (ver ‘Morcegos gostam de pimentas’, em CH nº 189). Pôde então observar que há uma relação muito forte entre esses dois grupos, e que as plantas, juntamente com as variações climáticas, têm importante papel na determinação das estações reprodutivas dos morcegos. É interessante notar que *C. perspicillata* continua habitando a mesma área mesmo quando seus frutos preferidos não estão disponíveis, podendo nesse caso mudar sua dieta e usar mais néctar e insetos. Isso indica que têm alta plasticidade ecológica, apesar da forte interação com as piperáceas.

Já em sua tese de doutorado, feita na Universidade Estadual de Campinas e na Universidade Ulm (Alemanha), o autor observou um padrão diferente na interação entre o morcego *Sturnira lilium* e as plantas da família Solanaceae. Embora apresente uma dieta ainda mais frugívora que *C. perspicillata*, a espécie *S. lilium* parece estar mais ligada às variações do clima do que à disponibilidade de frutos, além de ser um dispersor legítimo e efetivo das solanáceas estudadas.

Atualmente, o autor coordena uma pesquisa ampla sobre essas interações de frugivoria e dispersão de sementes, batizada de ‘Projeto Morcegos e Frutos’ e realizada no Departamento de Botânica da Universidade Federal de São Carlos (SP), com o apoio do Programa Jovens Pesquisadores, da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp).

Esse projeto conta com a colaboração de pesquisadores de diferentes universidades, além de alunos de graduação e pós-graduação. O objetivo principal é entender a fundo a ecologia e a evolução das interações de frugivoria e dispersão de sementes entre morcegos e plantas, visando responder três perguntas básicas: (1) Que critérios os morcegos usam para selecionar frutos?; (2) Que consequências a dispersão por morcegos pode ter para as plantas? e (3) Como estão organizadas essas interações e que processos as estruturam?

No momento, as quatro linhas de pesquisa principais são: (1) estrutura e dinâmica das redes ecológicas formadas por morcegos e plantas e suas consequências sobre a estabilidade das comunidades; (2) mosaico geográfico na coevolução entre morcegos e frutos, que aborda as diferenças nas interações de uma mesma espécie em cada localidade; (3) efeitos do tamanho, da qualidade e da quantidade de frutos sobre a seleção por morcegos; e (4) papel dos morcegos na ‘dispersão direcionada’, onde grande parte das sementes é levada de preferência para locais adequados à germinação. Informações sobre esse trabalho estão disponíveis na página Casa dos Morcegos ([www.casadosmorcegos.org](http://www.casadosmorcegos.org)).

morcegos devem decidir em quais indivíduos ir preferencialmente. Algumas respostas para essa questão já foram propostas, e pode-se dizer que os morcegos costumam preferir plantas com maior número de frutos, com maior tamanho médio de frutos e com maior proporção de frutos maduros. Além disso, são preferidas plantas que integram agregações mais densas da mesma espécie (onde é possível achar mais indivíduos e, portanto, mais frutos).

Finalmente, o nível mais básico de seleção – e o menos estudado – se dá entre frutos de uma mesma planta individual. De acordo com o pouco que se sabe, ao escolher entre os frutos (dezenas ou às vezes centenas) de uma mesma planta, os morcegos pegam primeiro os maduros, aqueles com maior proporção de massa de polpa em relação à massa de sementes e os de mais fácil acesso. Parece mesmo que eles se guiam pela ‘lei’ da melhor relação custo-benefício (otimização).

## Comer frutos, semear florestas

Tão importante quanto falar sobre a seleção de frutos é falar sobre o que ocorre após essa etapa. Muitos morcegos coletam os frutos em uma determinada planta e, em vez de comê-los ali mesmo, levam-nos a outras plantas. Esse comportamento faz com que as sementes contidas nesses frutos sejam, em sua maioria, descartadas ou defecadas nos ‘abrigos de alimentação’, gerando – em uma escala espacial menor, que envolve as proximidades da árvore frutífera – um padrão agregado na ‘chuva’ de sementes. Entretanto, como os morcegos voam grandes distâncias, em alta velocidade, em uma mesma noite, em uma escala maior o padrão da chuva de sementes costuma ser aleatório, o que aumenta a probabilidade de cada semente encontrar um local adequado para germinar. Além disso, a dispersão de sementes por longas distâncias favorece (após o crescimento das novas plantas) o cruzamento entre indivíduos de populações diferentes, que aumenta a variabilidade genética e as chances de persistência de populações locais desses vegetais.

Como se não bastassem essas vantagens, o transporte para longe das plantas-mães pode ainda permitir que sementes e plântulas es-



capem da mortalidade desproporcionalmente maior perto dos adultos da mesma espécie, onde ocorrem mais ataques de herbívoros (roedores e insetos) e patógenos (fungos e bactérias). A dispersão por morcegos pode até alterar o balanço da competição por espaço entre diferentes espécies de plantas, o que tem grandes implicações para os padrões de diversidade das comunidades vegetais tropicais.

Outro processo importante influenciado pelos morcegos é a sucessão ecológica (a regeneração de um sistema natural com a chegada, estabelecimento e substituição gradual de espécies) após perturbações como fogo e desmatamento ou decorrentes de causa natural. Morcegos são protagonistas nesse processo, já que as plantas que eles comem são, em sua maioria, pioneiras, ou seja, são as que chegam primeiro a locais perturbados, ‘colonizando’ a área e alterando aos poucos suas características físicas e biológicas, até que outras plantas possam se estabelecer.

Em uma floresta recentemente destruída, por causas naturais ou ação humana, os morcegos e aves, juntos, são os principais responsáveis pelo retorno de muitas espécies de arbustos, que aos poucos facilitam o crescimento de arvoretas e árvores, além de atrair diferentes animais, desencadeando a regeneração do ambiente. Em 1994, os biólogos ingleses Robert J. Whittaker e Stephen H. Jones propuseram que a regeneração vegetal na ilha de Krakatau (Cracatoa), na Indonésia, devastada por uma erupção vulcânica em agosto de 1883, deveu-se principalmente à atuação de morcegos e aves. Esses dois grupos de animais chegam a responder por cerca de 80% da chuva de sementes em algumas áreas neotropicais. Conhecendo as plantas preferidas por morcegos e aves e suas características ecológicas, teoricamente seria possível mesmo acelerar a regeneração ou mudar seus rumos em uma comunidade vegetal perturbada.

## Conhecer para respeitar

As evidências científicas disponíveis permitem concluir que os morcegos frugívoros, esses ilustres desconhecidos, são animais extremamente importantes. Se imaginarmos uma floresta como um sistema formado por muitas espécies e também pelas interações entre elas, alguns morcegos frugívoros estabelecem relações com centenas de plantas, tendo diferentes papéis na sua reprodução e manu-



Estudos científicos mostraram que os morcegos seguem vários critérios ao procurar e selecionar frutos para se alimentar, escolhendo entre espécies de plantas, entre indivíduos da mesma espécie e entre frutos do mesmo indivíduo

tenção. Vale lembrar também que somente entre morcegos há espécies que podem ser efetivas ao mesmo tempo nos processos de dispersão de sementes e de polinização. Trocando em miúdos, sua extinção interromperia determinadas interações e, em consequência, atrapalharia processos ecológicos cruciais, como os dois citados. O resultado poderia ser uma alteração na composição de espécies e um impacto no funcionamento do sistema ecológico, que possivelmente levariam à perda de biodiversidade e a outros efeitos.

No Brasil, segundo a lista de espécies ameaçadas da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN – [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)), existem 14 espécies de morcegos classificadas como “vulneráveis à extinção”, especialmente devido à perda de habitat. Esse número, no entanto, pode ser muito maior, já que até o momento são raros os estudos verdadeiramente ecológicos ou conservacionistas que envolvem a fauna de morcegos do país (ver ‘Projeto Morcegos e Frutos’).

Se por um lado os morcegos, como outros animais silvestres, podem causar problemas em cidades, por outro eles são elementos fundamentais nos sistemas naturais. Assim, ao ver um morcego, seja onde for, as pessoas devem pensar duas vezes antes de matá-lo ou expulsá-lo. Além de evitar problemas com a Justiça, já que matar animais silvestres é crime previsto na Lei de Proteção à Fauna (Lei nº 5.197, de 3 de janeiro de 1967), essa atitude é sensata, porque um morcego pode ser muito mais importante do que se imagina. ■

### SUGESTÕES PARA LEITURA

- DUMONT, E. ‘Bats and fruits: an ecomorphological approach’, in Kunz, T. H. & Fenton, M. B. (eds.), *Bat Ecology*, Chicago, The University of Chicago Press, 2003.
- HEITHAUS, E. R. ‘Coevolution between bats and plants’, in Kunz (ed.), *Ecology of bats*, Nova York, Plenum Press, 1982.
- MELLO, M. A. R. & PASSOS, F. C. ‘Frugivoria em morcegos brasileiros’, in Pacheco, S. M.; Marques, R. V. & Esberard, C. E. L. (eds.), *Morcegos do Brasil: biologia, sistemática, ecologia e conservação*, Porto Alegre (no prelo).
- VAN DER PIJL, L. *Principles of dispersion in higher plants*. Nova York, Springer Verlag, 1972.
- Na internet  
Casa dos Morcegos (<http://www.casadosmorcegos.org>)



A RICA POLÊMICA SOBRE O

# urânio empobrecido



*O urânio empobrecido é um subproduto do processo do enriquecimento da forma natural desse elemento químico. Pelo fato de esse metal ser extremamente denso, resistente e inflamável, ele vem sendo amplamente empregado na área civil e militar. Seu uso crescente vem aumentando a dispersão de partículas de urânio empobrecido na natureza, expondo principalmente as populações civis a potenciais riscos cujo real impacto para a saúde humana e o meio ambiente ainda é obscuro e polêmico.*

*Há ainda a suspeita de que seu emprego em armamentos militares possa ser um modo silencioso de os países com altos estoques desse metal eliminarem resíduos tóxicos de seus territórios, depositando-os em locais atingidos por guerras, principalmente nos últimos 15 anos*

**Marcus Fernandes de Oliveira**

*Instituto de Bioquímica Médica, Universidade Federal do Rio de Janeiro*

**A utilização do urânio em sua forma natural** data de 79 a.C., quando artesãos aplicavam esse metal na superfície de vidros e de cerâmicas, como um corante amarelo. Sua descoberta foi creditada ao químico alemão Martin Heinrich Klaproth (1743-1817), que o batizou urânio, em 1789, em homenagem à descoberta do planeta Urano, ocorrida oito anos antes. Posteriormente, o físico francês Antoine Becquerel (1852-1908) identificou as propriedades radioativas desse elemento.

Na década de 1940, as iniciativas do governo norte-americano visando ao desenvolvimento da primeira bomba atômica, por meio do Projeto Manhattan, inauguraram a era nuclear, em 15 de julho de 1945, no teste *Trinity*. Em 6 de agosto daquele ano, uma bomba de quatro toneladas, contendo cerca de 60 kg de urânio e batizada de *Little Boy* (Rapazinho), foi lançada sobre Hiroshima (Japão). Três dias mais tarde, uma segunda bomba atômica caiu sobre Nagasáki. Essas explosões causaram a morte – instantânea ou nas décadas seguintes, pelos efeitos nocivos da radiação no organismo – de aproximadamente 200 mil pessoas. Desde então, o urânio passou a ser um elemento de importância estratégica no cenário político mundial, tanto sob o ponto de vista energético quanto militar.

## SOBRA EMPOBRECIDA

O urânio é o elemento mais denso que ocorre na natureza. Sua concentração estimada na crosta terrestre está em torno de 4 miligramas por quilograma (mg/kg), podendo ser encontrado em vários tipos de solo. Apesar de sua alta densidade, o urânio não é raro, sendo mais abundante até que tungstênio, mercúrio ou chumbo.

Vista parcial, em 1999, dos cerca de 37 mil cilindros contendo urânio empobrecido acumulados na Usina de Difusão Gasosa de Paducah (Estados Unidos) desde que ela passou a funcionar em 1952

FOTO: BILLY SURATT/GETTY IMAGES





Vista aérea de uma mina de urânio no lago McClean (Canadá)

Embora considerado pouco radioativo, o urânio é um metal pesado com potencial quimiotóxico. Todos os seus isótopos (no caso, átomos de urânio que se diferenciam apenas pelo número de nêutrons no núcleo) emitem partículas alfa, formadas por dois prótons e dois nêutrons. Devido ao grande tamanho, as partículas alfa perdem rapidamente energia cinética, o que reduz seu poder de penetração. Assim, são incapazes de penetrar até as camadas superficiais da pele humana. Portanto, acredita-se que o urânio só ofereça risco à saúde humana se for absorvido por inalação e ingestão ou se penetrar nos tecidos.

O urânio natural, encontrado em minérios como uraninita, euxenita e outros, é composto por uma mistura de três isótopos distintos: o urânio 235 ( $^{235}\text{U}$ ), o urânio 234 ( $^{234}\text{U}$ ) e o urânio 238 ( $^{238}\text{U}$ ). O isótopo mais abundante é o  $^{238}\text{U}$  (99,28% de todo o urânio natural), seguido pelo  $^{235}\text{U}$  (0,71%) e pelo  $^{234}\text{U}$  (0,0055%). Devido à radioatividade, a quantidade de urânio em uma amostra diminui gradativamente ao longo do tempo, mas sua meia-vida (tempo necessário para a quantidade de urânio se reduzir à metade) é extremamente longa: cerca de 4,5 bilhões de anos para o  $^{238}\text{U}$ .

Desses isótopos, apenas o  $^{235}\text{U}$  é utilizado como combustível nos reatores de usinas nucleares, bem como na produção de energia e em armas nucleares, por ser o único capaz de sofrer fissão nuclear (fragmentação do núcleo atômico) provocada por nêutrons lentos (pouco energéticos).

Como a proporção do  $^{235}\text{U}$  é muito baixa no urânio natural, é preciso grandes quantidades deste último para se obter frações mínimas do primeiro. O urânio natural que sobra nesse processo de produção fica com um percentual de aproximadamente 0,3% de  $^{235}\text{U}$  e passa a ser chamado urânio empobrecido.

FOTO DAVID BOUY/AP/GETTY IMAGES

## INFLAMÁVEL, PENETRANTE E BARATO

No início da década de 1970, o exército norte-americano iniciou pesquisas para o uso de metais de alta densidade em projéteis para perfurar blindagens. Metais como o tungstênio e o urânio empobrecido foram testados, e os resultados mostraram que o desempenho de ambos foi muito superior ao de outros metais. Uma das vantagens dos projéteis contendo urânio empobrecido é que eles se inflamavam quando atingiam uma superfície dura (rochas, blindagens de aço etc.), devido às altas temperaturas geradas pelo impacto e ao relativamente baixo ponto de fusão do urânio (1.132°C). Assim, esses projéteis tornam-se mais finos à medida que derretem, fazendo com que penetrem blindagens mais resistentes.

Por não ser inflamável e ter um alto ponto de fusão (3.410°C), o tungstênio não se mostrou tão



adequado para uso em projéteis de perfuração de blindagens. Além disso, esse elemento foi menos efetivo que o urânio empobrecido quando empregado como blindagem em tanques.

Portanto, o urânio empobrecido, também em função de sua ampla disponibilidade e baixo custo, acabou sendo escolhido para uso maciço em projéteis de alta penetração e em blindagens de veículos de combate. Isso resolvia, em parte, outro problema: a estocagem do urânio empobrecido gerado em grandes quantidades pelas usinas de enriquecimento, reciclando-o para outra finalidade. Com relação às forças armadas brasileiras, segundo uma publicação especializada (*Âncoras e Fuzis*, ano III/nº 10 – 1º de maio de 2001), tanto a Marinha Brasileira quanto o Corpo de Fuzileiros Navais não utilizam munição de urânio empobrecido, mas sim à base de tungstênio. No entanto, contatos feitos pelo autor deste artigo com órgãos federais brasileiros (Ministério da Defesa, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares e Centro de Tecnologia da Marinha em São Paulo), questionando-os sobre o uso ou não do urânio empobrecido para fins militares, foram infrutíferos até agora.

## GOLFO, BÓSNIA E KOSOVO

Para exemplificar o poder de munições que empregam urânio empobrecido, os projéteis de 30 mm usados pela força aérea norte-americana na Primeira Guerra do Golfo, em 1991, foram capazes de atravessar blindagens de aço com até 9 cm de espessura. Quando atingiam o solo de argila, os projéteis penetravam até 3 m.

FOTO STAN HONDA/APP/GETTY IMAGES

As inúmeras vantagens do urânio empobrecido levaram ao desenvolvimento maciço desses armamentos, principalmente nos Estados Unidos, onde estimativas indicam que cerca de 600 mil toneladas de urânio empobrecido tenham sido produzidas, sendo parte estocada sob a forma de hexafluoreto de urânio em cilindros enormes. Cerca de 320 toneladas foram empregadas no Iraque e no Kuwait nos conflitos decorrentes da Primeira Guerra do Golfo, e posteriormente outras 15 toneladas foram usadas na Bósnia (1995) e em Kosovo (1999).

Devido ao sucesso nessas campanhas militares, é provável que as forças norte-americanas e britânicas tenham feito uso dessas armas nos conflitos do Afeganistão (2001) e da Segunda Guerra do Golfo (2003). Esses armamentos também podem ser lançados por tanques, caças-bombardeiros, helicópteros e navios.

## ALGO FICA NO AR

Quando um projétil contendo urânio empobrecido atinge uma superfície resistente (por exemplo, a blindagem de um tanque), forma-se pelo impacto uma poeira que se dispersa pela atmosfera. Estimativas indicam que cerca de 35% do urânio empobrecido das munições se tornam partículas de aerossóis no impacto ou quando esse metal se inflama. Essas partículas mantêm-se suspensas na atmosfera por um longo tempo, facilitando sua dispersão.

O maior risco de projéteis e fragmentos contendo urânio empobrecido sobre o meio ambiente é o de contaminação do solo e/ou dos lençóis freáticos. Após um ataque com esse tipo de munição, os fragmentos de projéteis parcialmente oxidados são de-

▶ Munição 25mm contendo urânio empobrecido do exército norte-americano em 2004 em Tikrit, ao norte de Bagdá (Iraque)





positados em superfícies e no solo. Investigações conduzidas em locais de teste nos Estados Unidos mostraram que a maior parte da poeira de urânio empobrecido é depositada em um raio de 100 m do ponto de impacto. Mas outros estudos sugerem que essa distância pode chegar a 40 km.

## ACIDENTES AÉREOS

O urânio empobrecido já foi utilizado como aditivo fluorescente em porcelanas dentárias. Atualmente, ainda é empregado em proteções contra os raios X; como contrapesos de *flaps* e lemes de aviões comerciais; em quilhas de veleiros; e em carros de Fórmula 1. Uma das principais aplicações civis do urânio empobrecido é em lastros de aviões cargueiros. Um Boeing 747, por exemplo, pode empregar entre 400 kg e 1,5 mil kg desse metal como lastro. O motivo é sua alta densidade: um volume diminuto desse metal tem uma massa muito grande (ou seja, ‘pesa’ muito).

Mas seu uso civil tem sido bastante discutido, e, aos poucos, esse metal vem sendo substituído pelo tungstênio, devido aos possíveis efeitos à saúde humana e ao meio ambiente. Duas das maiores empresas fabricantes de aviões civis norte-americanas, desde a década de 1980, não empregam mais o urânio empobrecido em seus aviões. Mas um grande número de aeronaves fabricadas até então ainda continua em operação.

Acidentes com aeronaves que transportavam urânio empobrecido como lastro já ocorreram em, pelo menos, três ocasiões. A primeira foi na ilha de Tenerife (Espanha), em 1977, em um dos maiores desastres aéreos da história da aviação, com 563 mortos, quando dois Boeing 747 colidiram na pista de decolagem. O incêndio subsequente à colisão consumiu cerca de três toneladas de urânio empobrecido. Aparentemente, não há relatos sobre o impacto da liberação de uma quantidade tão grande desse metal na população da ilha ou nos ecossistemas locais.

Em outubro de 1992, poucos minutos após a decolagem, no aeroporto de Amsterdã (Holanda), um Boeing 747 perdeu dois de seus motores e atingiu dois prédios residenciais, causando um grande incêndio e a morte imediata de 43 pessoas. As autoridades locais declararam que o cargueiro empregava como lastro cerca de 280 kg de urânio empobrecido, sendo que, dessa quantidade, cerca de

Munição contendo urânio empobrecido em Hadzici (Bósnia), em 2001, local que foi alvo de ataques aéreos por tropas da Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN) seis anos antes





150 kg nunca foram encontrados, levantando a hipótese de que tenha sido queimada no incêndio e liberada na atmosfera na forma de partículas.

Nos anos seguintes ao acidente, foram registrados vários casos de pessoas com problemas físicos e mentais na área vizinha ao acidente. Inicialmente, esses quadros foram atribuídos aos produtos de queima de substâncias perigosas à saúde humana transportadas pelo avião, especialmente o urânio empobrecido. Mas um estudo de 2000 demonstrou que o risco daquela população exposta aos aerossóis e aos produtos de queima do avião foi muito baixo e que os casos descritos não tinham relação com o acidente.

Em um terceiro acidente, próximo ao aeroporto de Stanstead (Inglaterra), outro Boeing 747 carregando urânio empobrecido caiu minutos antes do pouso, espalhando seus destroços por uma grande área.

## PROBLEMAS NOS RINS

Segundo a Organização Mundial da Saúde, o principal risco que o urânio empobrecido oferece à saúde humana não é decorrente de sua radioatividade, mas sim de sua toxicidade química, sendo o rim o principal órgão afetado. O urânio empobrecido é 40% menos radioativo que o urânio natural, e a sua radioatividade nem mesmo penetra a pele. Assim, o risco da exposição externa à radiação do urânio empobrecido é mínimo. Mas efeitos adversos podem ocorrer devido à inalação ou à ingestão de partículas ou aerossóis produzidos pela ignição desse metal. Uma vez dentro do corpo humano, a radioatividade pode alterar o material genético das células, levando-as a se tornarem cancerosas.

Devido à sua ampla distribuição no ambiente, o urânio – além das reservas minerais – pode ser encontrado também em plantas e animais. O corpo humano contém cerca de 75 mg de urânio, obtido principalmente pela ingestão de alimentos, como cereais e sal de cozinha.

Após a entrada na corrente sanguínea, parte do urânio empobrecido é depositada nas superfícies dos ossos, juntamente com o cálcio, onde pode ser retida por vários anos. Aproximadamente 56% do urânio encontram-se depositados nos ossos; 19% nos músculos, 16% no fígado, 8% nos rins e 16% estão distribuídos em outros tecidos. Na realidade, apenas uma pequena quantidade do urânio empobrecido é retida nos ossos, pois cerca de 90% são excretados na urina 24 horas após a ingestão.

A absorção de grandes quantidades de urânio empobrecido (de 70 mg/kg a 100 mg/kg de massa corporal) resulta em um acúmulo extremamente

tóxico de urânio nos rins, o que leva a um dano nos túbulos proximais renais (principais estruturas envolvidas na filtração do sangue).

## MODELOS DE LABORATÓRIO

Estudos feitos nos Estados Unidos mostram que, nos locais onde armamentos contendo urânio empobrecido foram empregados de modo mais sistemático, o contato de seres humanos com esse metal ocorreu, basicamente, de dois modos: i) exposição aguda por inalação ou ingestão de aerossóis, vapores ou poeiras; ii) exposição crônica devido à presença de fragmentos de projéteis inseridos em tecidos do corpo humano.

As informações disponíveis sobre os efeitos biológicos do urânio empobrecido são escassas, e a disponibilidade destas é muito limitada, o que dificulta a determinação precisa dos potenciais riscos da exposição a esse metal. Efeitos carcinogênicos e mutagênicos (respectivamente, que causam câncer ou mutações no código genético de um organismo) induzidos por fragmentos de projéteis retidos no corpo ou em partículas inaladas já foram descritos em modelos de laboratório.

Relatos sobre o aumento da incidência de várias condições patológicas têm sido descritos. Um caso bem ilustrativo ocorreu na guerra do Kosovo, em 1999. Pelo fato de as tropas aliadas terem utilizado armas contendo urânio empobrecido naquela região, levantou-se a possibilidade de soldados de várias nacionalidades terem sido expostos a partículas desse metal, o que teria sido a causa de leucemia nesses combatentes. No entanto, estudos recentes do Programa Ambiental das Nações Unidas (Unep) afirmam que não há evidências que apóiem essa correlação nas tropas que serviram nos Bálcãs.

## DIETA OU EXPOSIÇÃO?

Com relação ao Iraque, os dados são bem mais escassos, mas se sabe que o número total de casos de câncer na cidade de Mosul, nos biênios 1989-1990 (antes da Primeira Guerra do Golfo) e 1997-1998 (depois da guerra), foi de 200 e 894, respectivamente. Houve um aumento do número de casos de câncer de pulmão de 5,2% em homens e de 1% em mulheres após o fim dos conflitos. Mas os dados para leucemia mostraram uma tendência contrária, ocorrendo uma redução de 0,4% desses casos depois ▶



FOTO DAMIR SAGOU/REUTERS





Garoto albanês brinca em local bombardeado por tropas da Otan e que apresenta níveis anormais de radiação como resultado do uso de projéteis de artilharia feitos com urânio empobrecido

do fim da guerra. Segundo os dados publicados, esses índices não podem ser creditados à exposição ao urânio empobrecido, pois poderia ser resultado da dieta extremamente pobre da população, após anos de embargo internacional àquele país. Porém, os levantamentos indicam que os casos de leucemia triplicaram nas províncias do sul do Iraque, locais onde ocorreram as principais batalhas durante a Primeira Guerra do Golfo, em 1991.

Os estudos mais abrangentes realizados até hoje sobre distribuição, metabolismo e efeitos biológicos do urânio empobrecido foram publicados em uma edição especial da revista *Journal of Environmental Radioactivity*, que dedicou um volume inteiro (janeiro de 2003) a trabalhos de pesquisa na área de urânio empobrecido. Um desses estudos relata o acompanhamento médico de 33 sobreviventes da Primeira Guerra do Golfo feridos com projéteis contendo urânio empobrecido vindos de armas aliadas. Não foi relatado qualquer tipo de anormalidade nesses indivíduos devido à toxicidade química do urânio (como falência renal) ou à radiotoxicidade (por exemplo, leucemia ou osteosarcomas), embora os níveis de urânio na urina desses pacientes estivessem acima do normal. Há, no entanto, certo consenso na literatura de que estudos dessa

natureza estão longe de serem conclusivos, uma vez que não levam em consideração os efeitos em longo prazo da exposição ao urânio empobrecido.

## FORMAÇÃO DE TUMORES

Um estudo pioneiro, conduzido no Instituto de Pesquisas Radiobiológicas das Forças Armadas, em Bethesda (Estados Unidos), demonstrou a transformação das características (fenótipo) normais de células ósseas humanas em tumores, quando estas foram incubadas na presença de urânio empobrecido. Alterações morfológicas e moleculares empregadas para identificar células tumorais foram encontradas após a exposição ao urânio empobrecido. Além disso, células incubadas com urânio empobrecido e injetadas em camundongos foram capazes de promover a formação de tumores. Outros estudos reforçaram essas observações, demonstrando essas alterações em células ósseas humanas na presença de frações solúveis e insolúveis de urânio empobrecido. Esses resultados indicaram que a exposição por longo prazo ao urânio empobrecido pode ser crítica para o desenvolvimento de câncer em humanos.



Um estudo publicado em 2002 por um grupo chinês mostra que células do epitélio bronquial humano se transformam em cancerígenas na presença de frações sólidas de urânio empobrecido. As células incubadas na presença de óxido de urânio empobrecido ( $UO_2$ ) se multiplicavam com uma taxa muito aumentada em relação a células-controle. A partir da 15ª geração, as células transformadas pelo urânio empobrecido foram também capazes de induzir a formação de tumores em camundongos.

## RESULTADOS CONTRADITÓRIOS

Altos níveis de urânio na urina de veteranos da Primeira Guerra do Golfo foram detectados mesmo 10 anos após a exposição aos fragmentos ou aos vapores de urânio empobrecido. Experimentos em ratos mostram que há uma forte correlação entre o acúmulo de urânio empobrecido nos testículos, ossos, rins e no cérebro e o aparecimento de mutações em células. Implantes de fragmentos de urânio empobrecido em ratos foram também capazes de induzir a formação de tumores malignos (sarcomas) nos músculos desses animais, ou seja, uma proliferação exacerbada de células adjacentes ao implante.

Por outro lado, estudos alegam a falta de provas que indiquem uma associação entre a exposição ao urânio empobrecido e i) a taxa total de mortalidade; ii) efeitos adversos no sistema nervoso central; iii) lesões hepáticas; iv) alterações no sistema imune; v) desordens hematológicas. Porém, um acompanhamento de sete anos realizado entre veteranos da Primeira Guerra do Golfo expostos ao urânio empobrecido demonstrou alterações significativas

### INTERESSE SURTIU HÁ 5 ANOS

O interesse do autor sobre o urânio empobrecido começou há cinco anos, logo após a conclusão de seu doutorado em Química Biológica na UFRJ. O autor utilizou radioisótopos (enxofre-35 e fosfato-32) durante anos em pesquisas sobre o metabolismo celular. Assim, desde 2002, ele vem realizando uma busca minuciosa sobre o assunto, incluindo inúmeros artigos científicos de revistas especializadas, bem como relatórios das Nações Unidas e Otan sobre o impacto do urânio empobrecido nos locais onde ele foi utilizado de maneira mais intensiva.

nos níveis de urânio no sêmen. Segundo um grupo italiano, a exposição média das populações residentes em áreas bombardeadas com armas à base de urânio empobrecido pode causar lesões devido à toxicidade desse metal. O estudo ainda afirma que a dose-limite anual para essa população pode ser excedida poucos anos após a dispersão do urânio empobrecido, e a recomendação desse trabalho é a completa limpeza das áreas, para evitar exposições ocasionais à população.

## CONDENADO OU ABSOLVIDO?

Enquanto a mídia e a pesquisa científica mantêm o foco nos possíveis efeitos do urânio empobrecido sobre os soldados da Otan, bem como nos veteranos de guerras dos últimos 15 anos, muito pouca atenção tem sido dada às populações civis altamente expostas a esse metal, como é o caso daquelas no Iraque, nos Bálcãs e no Afeganistão. Os soldados da Otan, bem como famílias deles, não estarão expostos ao urânio empobrecido ao longo da vida, diferentemente dos civis desses países, que foram ou são forçados a conviver com crateras produzidas por bombas ou mísseis e, portanto, estão expostos continuamente ao ar, à água ou ao solo contaminados ao redor deles.

Embora grande parte das informações indique que o urânio empobrecido não ofereça risco radiológico, devemos pensar sobre os riscos da exposição dos civis em longo prazo. A leucemia, induzida por radioterapia, por exemplo, desenvolve-se normalmente após um período de latência de dois a três anos, embora nesse caso se trate de uma exposição aguda e em altas doses. Evidências obtidas da população de Hiroshima mostraram que o período de latência média para o desenvolvimento dessa doença é de 10 a 15 anos – mas, novamente, se trata de uma exposição aguda em doses altíssimas.

O urânio empobrecido emite radiação em baixas doses e por tempos extremamente longos. Assim, não é possível ainda afirmar categoricamente que ele não ofereça qualquer risco biológico. Somente pesquisas de acompanhamento das populações expostas por longo prazo poderão absolver ou condenar o uso desse metal.

Finalmente, resta ainda a hipótese de o uso militar desse metal ser uma forma silenciosa de eliminação dos resíduos tóxicos em países que têm altos estoques de urânio empobrecido e que passaria despercebida pelas populações e pelos governos atingidos pelas guerras dos últimos 15 anos. ■

### SUGESTÕES PARA LEITURA

- KANASHIRO, M.  
'Guerras perturbam o meio ambiente'.  
*Comciênica*  
(Especial *Terra Viva*, n. 71, novembro de 2005).  
Disponível em [www.comciencia.br/reportagens/2005/11/07.shtml](http://www.comciencia.br/reportagens/2005/11/07.shtml)
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. 'Urânio empobrecido'.  
*Ficha descritiva*, n. 257, janeiro de 2001.  
Disponível (em espanhol) em [www.un.org/spanish/ua.htm](http://www.un.org/spanish/ua.htm)
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. 'Depleted uranium: sources, exposure and health effects'.  
Geneva: Department of the Protection of the Human Environment, 2001.  
Disponível em (em inglês) [www.who.int/ionizing\\_radiation/env/du/en/index.html](http://www.who.int/ionizing_radiation/env/du/en/index.html)
- THE ROYAL SOCIETY.  
*The health hazards of depleted uranium munitions (Part I/Part II)*.  
London: The Royal Society, 2001 e 2002, respectivamente.  
Disponível em [www.royalsoc.ac.uk/document.asp?tip=1&id=1431](http://www.royalsoc.ac.uk/document.asp?tip=1&id=1431)





**FÍSICA** Acelerador é o maior projeto científico do Reino Unido nos últimos 40 anos

## O novo diamante da coroa britânica

**24** de abril de 1947. Um feixe estreito e tênue de luz branca, levemente azulada, verte pelo vidro de uma das peças de um equipamento complexo para a época. Local: Laboratório de Pesquisas da General Electric, em Schenectady, Nova York (Estados Unidos). Testemunhas: quatro pesquisadores. Muda a cena. Data: setembro de 2007. Local: condado de Oxfordshire (Inglaterra). O mesmo tipo de máquina, porém de proporções desconumais, abre suas portas para recepcionar cientistas de várias localidades e na-

cionalidades. Maior projeto científico do Reino Unido nos últimos 40 anos, o Diamond, uma fonte especial de luz, é a nova jóia da coroa britânica.

Banhado em respeitáveis 220 milhões de libras (cerca de R\$ 850 milhões), o Diamond, abrigado em um prédio metálico cuja área equivale à de cinco campos de futebol (figura 1), guarda poucas semelhanças com aquele primo sexagenário. Mas o objetivo de ambos é o mesmo: acelerar elétrons, fazê-los viajar em um anel cilíndrico com velocidades próximas à da

luz (300 mil km/s) e aproveitar a radiação emitida por essas partículas em uma jornada frenética de milhões de voltas por segundo. Com essa luz (denominada, por vezes, luz síncrotron, que vai do infravermelho aos raios X, passando pelo visível e ultravioleta), os cientistas podem ‘enxergar’ a estrutura da matéria.

### Cooperação parasítica

Posto de modo simples, a radiação síncrotron surge toda vez que partículas carregadas eletricamente (elétrons, prótons, íons etc.) são

Figura 1. O Diamond ocupa uma estrutura metálica cuja área equivale à de cinco campos de futebol



curvadas pela ação de um campo magnético. O conceito de radiação síncrotron pode ser remetido a físicos como o dinamarquês Ludwig Lorenz (1829-1891) e o francês Alfred Lienard (1869-1958), mas o amadurecimento teórico do fenômeno aconteceu em 1949, com um artigo ('Sobre a radiação clássica de elétrons acelerados') do norte-americano Julian Schwinger (1918-1994), Nobel de Física de 1965.

Foi no final da Segunda Guerra que as máquinas síncrotron ganharam impulso. O físico canadense John Blewett (1910-2000), depois de ler um artigo dos soviéticos Dimitri Ivanenko (1904-1994) e Isaak Pomeranchuk (1913-1966), mostrou que a perda de energia das partículas a cada volta nesses aceleradores circulares seria um obstáculo para a construção desses equipamentos. Assim, a luz síncrotron, que era um problema para os físicos de aceleradores de partículas, tornou-se uma ferramenta útil para os colegas que estudavam a matéria em estado sólido. Por anos, essas duas comunidades desenvolveram um tipo de cooperação que já foi denominada 'parasítica'.

O primeiro acelerador síncrotron foi também uma máquina da General Electric adaptada para essa função, em Malvern (Reino Unido), mas, por azar de seus operadores, a peça pela qual deveria verter a luz síncrotron não era transparente.

### Fiat lux

Em um acelerador circular, os elétrons são constantemente obrigados a fazer curvas, graças à ação sobre eles de campos magnéticos intensos. Para acelerá-los, são usadas ondas eletromagnéticas na frequência de rádio (radiofrequência). Ins-

tantaneamente, essas partículas devolvem ao meio, na forma de luz, a energia que absorveram do campo magnético. Essa radiação é ejetada tangencialmente ao anel circular, seguindo para as estações de trabalho (ou linhas de luz), onde são aplicadas sobre os materiais. Cada estação é um laboratório em si, com equipamentos sofisticados. No Diamond, sete linhas de luz estão em funcionamento desde fevereiro deste ano. Na fase II, outros 120 milhões de libras financiarão a construção de quatro a cinco linhas por ano, até 2011, quando totalizarão 21. Capacidade total: 40 linhas.

Antes de chegarem ao anel de armazenamento (no caso do Diamond, com 561,6 m de circunferência), os elétrons iniciam sua vida e trajetória em um canhão de partículas semelhante (porém, cerca de três vezes mais potente) que os dos aparelhos de TV convencionais. Disparados em 'enxames' de bilhões, os elétrons são acelerados por pulsos de radiofrequência em um acelerador linear (ou Linac, como preferem os físicos).

Até aqui, os elétrons estão só 'aquecendo'. Saídos do Linac, vão para o anel injetor, dessa vez (quase) circular. Aí, ganham mais energia e são curvados por várias configurações de ímãs, cujos campos são cerca de 100 vezes mais potentes que o de um ímã de geladeira. Milhões de vezes mais energéticos, os elétrons são despejados no anel de armazenamento (figura 2), onde circularão por mais de uma dezena de horas, formando uma corrente elétrica de algumas centenas de miliampères, da mesma ordem de grandeza da que percorre o circuito eletrônico de um telefone celular. Estão a impressionantes 99,999999% da velocidade da luz, no limite imposto pela natureza (em 1905, Einstein mostrou que nada com massa pode atingir a velocidade da luz).

Centenas de milhões de dólares, mais o supra-sumo da tecnologia e da ciência básica, para um objetivo simples: fazer as partículas responsáveis pela eletricidade emitir luz com propriedades especiais (figura 3).

*Fiat lux.* Eis a essência dessas máquinas.

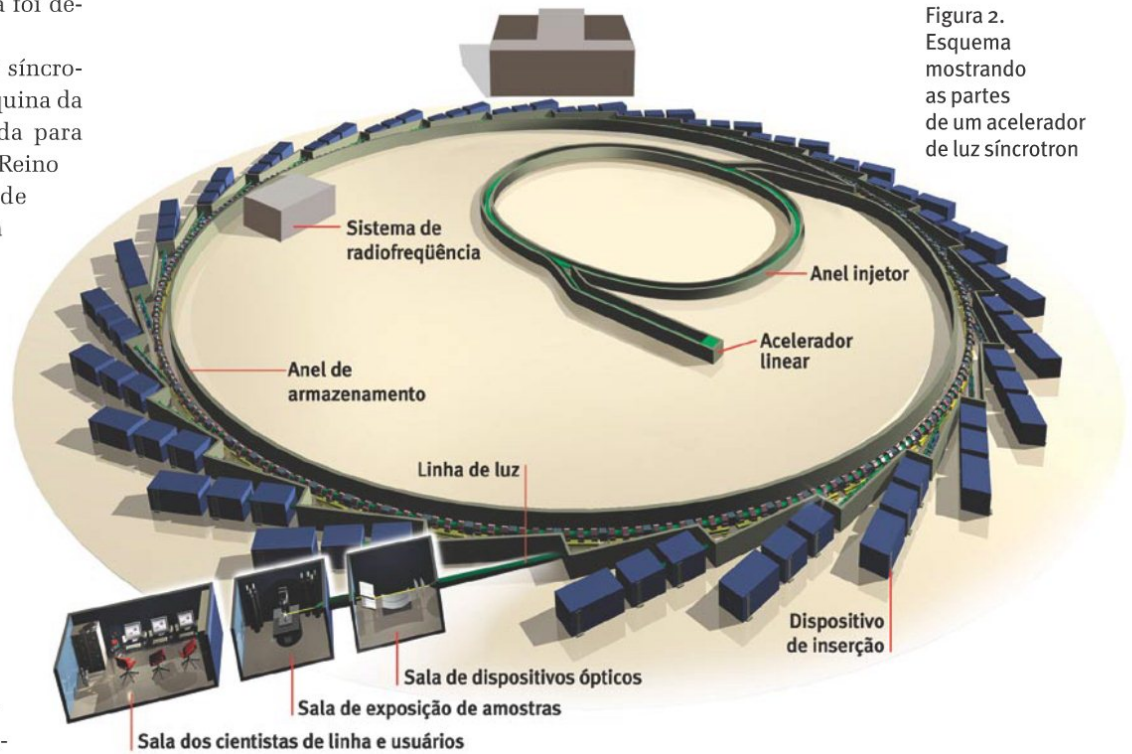


Figura 2. Esquema mostrando as partes de um acelerador de luz síncrotron



Figura 3. Parte do anel injetor (A) e do anel de armazenamento (B)



DIAMOND LIGHT SOURCE LTD

### Requebra e ondula

O coração da tecnologia de aceleradores síncrotron de terceira geração (a mais avançada no momento, à qual pertence o Diamond) palpita nos chamados dispositivos de inserção. No *wiggler* ('requebrador', em uma tradução tosca), formado por uma rede de ímãs dispostos de modo peculiar, os elétrons são forçados a descrever uma trajetória sinuosa e, com isso, gerar raios X mais intensos. Já nos onduladores, a disposição do conjunto de ímãs leva os elétrons a percorrer uma trajetória tipo montanha-russa, o que tam-

bém dá ao feixe de luz propriedades especiais.

No Diamond, cada uma das sete linhas de luz em funcionamento tem pelo menos um dispositivo de inserção. Uma delas terá um laboratório com nível de biossegurança 3, que poderá lidar com vírus patogênicos, como o da febre aftosa. "Será a única desse tipo no mundo", diz Dominic Semple, assistente executivo e coordenador de programas do Diamond.

### Mais brilhante que bilhões de sóis

A luz síncrotron tem propriedades especiais. Além de ser pulsante e polarizada (oscilar em um só plano), ela também tem o poder de se manter 'focada', como a luz *laser*. O fato de poder ser sintonizada com extrema precisão torna-a ideal para estudar a matéria orgânica. Outra peculiaridade: o brilho, ou seja, o número de fótons (partículas de luz) por área. No

caso do Diamond, ele é cerca de 10 bilhões de vezes mais intenso que o do Sol, o que faz dessa máquina uma das mais brilhantes do mundo – a Fonte de Fótons Avançada (APS, na sigla, em inglês), nos Estados Unidos, se intitula o mais brilhante do mundo.

O brilho da luz do Diamond supera em 10 mil vezes a da Fonte de Radiação Síncrotron (SRS, na sigla em inglês), em Daresbury, no condado de Cheshire, então o maior acelerador de luz síncrotron do Reino Unido.

Quando um feixe de luz síncrotron incide sobre uma amostra, ele em geral arranca dela elétrons ou fótons (figura 4). Com base no que foi ejetado, os cientistas aprendem sobre a estrutura e o comportamento do material estudado, em uma resolução (da ordem de  $10^{-10}$  m) que permite 'ver' átomos e moléculas. Aceleradores síncrotrons são, portanto, supermicroscópicos, precisos e poderosos.

A tendência da instrumentação científica moderna é que equipamentos científicos sejam extremamente dedicados, ou seja, executem uma ou poucas tarefas com extrema precisão. No caso dos aceleradores de luz síncrotron, deu-se o inverso: a cada ano, mais e mais utilidades são atribuídas a essas máquinas. Exemplos: explorar a propriedade dos materiais;

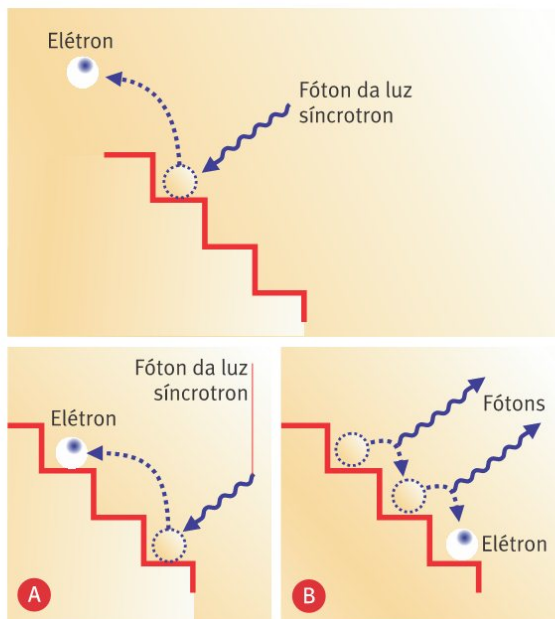


Figura 4. Acima, fóton da luz síncrotron incide sobre a amostra e arranca elétrons dela. Abaixo, fóton da luz síncrotron faz o elétron 'saltar' para uma órbita mais energética (A). Ao voltar à sua órbita, o elétron devolve a energia absorvida na forma de fótons (B)

ADVANCED LIGHT SOURCE/LEBL



analisar pequenas quantidades de elementos em amostras; estudar a estrutura de átomos e moléculas, bem como de espécimes biológicos; acompanhar reações químicas em tempo real; construir artefatos microscópicos; estudo de materiais magnéticos usados em memórias de computador etc. Algumas áreas: química, física, informática, meteorologia, biologia, arqueologia, medicina, ecologia, geologia...

Em resumo: é mais fácil perguntar o que uma fonte de luz síncrotron não faz. Aqui, o '1001 utilidades' – atributo até agora apenas do cinto do Batman e de palhas de aço – talvez não seja hiperbólico.

A indústria é cliente de longa data; o ramo farmacêutico, talvez o mais assíduo, por sua constante necessidade de examinar a estrutura de moléculas promissoras para a cura ou o tratamento de doenças. “No Diamond, nossa intenção é atrair outros setores, como o alimentício”, exemplifica Semple. O setor privado poderá usar até 10% do tempo da máquina, ao preço de 3 mil libras por período de oito horas.

O Diamond tem 86% de participação do governo britânico e 14% do Wellcome Trust (um dos maiores fundos privados de financiamento de ciência do mundo).

### Brasil na linha

No último mês de janeiro, o Diamond tornou disponíveis as primeiras linhas de luz para os cientistas britânicos. Das 127 propostas de pesquisa, quatro projetos foram aprovados, com temas que vão de materiais magnéticos e amostras de meteoritos a proteínas ligadas ao câncer.

Esses projetos ajudarão também os cientistas do Diamond a fazer um tipo de sintonia fina no feixe do acelerador. O físico brasileiro José Brandão, pós-graduado pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), é um dos

chamados cientistas de linha do Diamond. Função: obter os melhores resultados possíveis da estação de trabalho. “Isso vai desde a operação mais básica até a colaboração com usuários no planejamento do experimento e na interpretação dos dados”, explica ele.

### Salas para o chá

Não só o anel e as estações de trabalho impressionam no Diamond (por sinal, as estruturas nesse laboratório empregam cimento escocês, que é 1,8 vez mais denso que o comum, para evitar o vazamento de radiação). O acelerador está apoiado em 1.520 pilares de concreto, para garantir que não haja tremores que desviem o feixe da amostra (esta, em muitos casos, com proporções na casa dos milésimos de milímetro). Um colchão (por vezes, com 12 m de espessura) de concreto garante a estabilidade do conjunto (figura 5). Tudo encaixado minuciosamente, com folga de apenas 1 mm, segundo o projeto de engenharia. Uma rede de sensores com cerca de 100 pontos monitora a todo instante a vibração do prédio. Isso garante que feixes de radiação (com área dezenas de milhares de vezes menor que a de uma cabeça de alfi-

nete) não se desviem do alvo que devem atingir. Tecnologia do melhor *pedigree*.

As instalações periféricas são atrativos à parte. São 150 salas para visitantes. Semple enfatiza que o Diamond tem 11 salas para se preparar um chá (obviamente, quente e inglês) no clima frio e chuvizquento da Inglaterra. E, com um incontido tom de orgulho, acrescenta: “Dizem que na Instalação Européia de Radiação Síncrotron [ERSF, na sigla em inglês], em Grenoble [França], há só uma sala dessas.”

### Soberano do Sul

O Diamond está mergulhado em tecnologia estrangeira. Em suas peças, lê-se algumas procedências: Dinamarca, Rússia, França etc. Inaugurado em 1987, o Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS), em Campinas (SP), foi montado com basicamente 100% de tecnologia desenvolvida no Brasil (figura 6). Um esforço tecnológico e acadêmico impressionante para os padrões do hemisfério Sul. E que se vê reconhecido nas palavras de Semple. “Nosso diretor geral [Gerd Materlik] tem a maior admiração pelo síncrotron brasileiro [LNLS], que foi ▶



Figura 5. Pilares e colchão de concreto da estrutura do Diamond em novembro de 2003



construído a partir do nada.” Depoimento que vale um currículo.

Em julho passado, Materlik, diretor geral do Diamond, e José Antônio Brum, diretor geral do LNLS, firmaram, em nome de suas instituições, um memorando de entendimento, um dos vários neste ‘Ano Reino Unido-Brasil de Ciência e Inovação’. No caso, o documento formalizou a intenção dos dois laboratórios em fazer intercâmbios de tecnologia e recursos humanos.

Quando começou a funcionar, há exatos 10 anos (depois de uma década de construção), o LNLS inaugurou no Brasil a idéia do laboratório nacional multiusuário. Ano passado, cerca de mil pesquisadores (15% deles da Europa e dos Estados Unidos) passaram por lá, realizando quase 700 projetos (cerca de três vezes mais do que há cinco anos). Em julho passado, o LNLS inaugurou mais duas linhas de luz, voltadas para pesquisas ambientais e com proteínas.

Por enquanto, o LNLS reina solitário e soberano no hemisfério Sul. Em breve, terá de dividir a coroa e o cetro com um gigante de 216 m de diâmetro a ser inaugu-

rado na Austrália (ver ‘Nova luz sobre a matéria’ em CH 191).

### De 10 a 1,3 mil

Os quatro pioneiros descritos na abertura deste texto – Frank Elder, Anatole Gurewitsch, Robert Langmuir e Herb Pollock – relataram o feito em modestos quatro parágrafos (curtos) em maio daquele ano para uma revista científica, descrevendo detalhes da máquina cujo anel tinha meros 29,3 cm de raio. Passados 60 anos, o planeta conta com cerca de 70 dessas máquinas, em pouco mais de 20 países, cujos diâmetros dos anéis de armazenamento vão de 10 m a gigantescos 1.300 m (lista completa em <http://lightsources.org/cms/?pid=1000098>). O LNLS tem 30 m de diâmetro; o Diamond, 235 m. São máquinas robustas, feitas para durar 30 anos ou mais.

Para qualquer país que pretenda fazer ciência de ponta, ter esse tipo de máquina faz-tudo é essencial. Eis aí o motivo para que o chamado Relatório Wolfson, de 1993, confirmasse que era tempo de se ter um síncrotron de maior envergadura no Reino Unido. Estava lançada a semente do Diamond.

## Chocolate e tocador de MP3

Diamond é a consagração de uma década de apoio à ciência dado pelo governo trabalhista do ex-primeiro-ministro Tony Blair, que abriu mão recentemente de seu cargo em um momento de baixa popularidade, muito em função do estrago político causado pelo envolvimento do Reino Unido na guerra do Iraque. Porém, entre a comunidade científica, Blair saiu aplaudido até por adversários. Razões: deu mais *status* aos cientistas; fez coalizões; passou a tomar decisões políticas com base no aconselhamento da academia; botou os ‘ecoterroristas’ (ditos defensores dos direitos animais) na cadeia. Esse relacionamento, ironicamente, se estreitou depois da crise de 2000 causada pelo contágio do rebanho britânico com a febre aftosa (cujo vírus, por sinal, teve a estrutura desvendada pela luz do SRS). Ouviu os cientistas e surpreendeu-se com os resultados. Blair declarou seu governo despudoradamente pró-pesquisa. O Diamond é o filho dileto dessa política.

Na simpática estação de trem Didcot Parkway, a mais próxima ao Diamond, há uma máquina de doces na qual, com 50 centavos de libra, se compra o chocolate ‘favorito da nação’, cuja estrutura do melhor cacau foi determinada pela radiação síncrotron. A garota que está prestes a depositar a moeda na máquina talvez não saiba que o sabor de sua guloseima, bem como a tecnologia por trás do aparelho que leva aos seus ouvidos música (seria uma faixa do último CD dos *Editors?*), foram aprimoradas nessas máquinas de fabricar luz.

**Cássio Leite Vieira**  
*Ciência Hoje/RJ*

\* Cássio Leite Vieira viajou à Inglaterra a convite do Consulado Britânico de São Paulo.



Figura 6.  
Em primeiro plano, anel de armazenamento do LNLS



**BOTÂNICA** Pesquisa multidisciplinar desenvolve substância fitoterápica

# Extrato de picão tem efeito anticancerígeno

Um extrato fitoterápico obtido da planta *Bidens alba*, encontrada no litoral paulista e popularmente conhecida como picão, revelou, em estudos *in vitro*, eficiência para tratamento de três tipos de câncer e cinco tipos de leucemia. A planta, estudada pela botânica Maria Tereza Grombone Guaratini, vem sendo pesquisada por médicos, químicos e farmacêuticos do Centro Integrado de Pesquisas Onco-hematológicas da Infância (Cipoi), da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).

Em seu pós-doutoramento para o Programa de Pesquisas em Caracterização, Conservação e Uso Sustentável da Biodiversidade do Estado de São Paulo (Biota), financiado pela Fapesp, Grombone pesquisou a variabilidade genética de outra espécie da família Asteraceae, a *Bidens pilosa* (picão-preto), praga da soja conhecida por suas propriedades antimicrobianas e antiulcerogênicas. Nesse estudo, ela identificou, por meio de técnicas moleculares, a *Bidens alba*, originária do México e possivelmente trazida para o litoral paulista através do porto de Santos, percebendo que a composição química dessa espécie ainda não havia sido descrita. Amostras do extrato de *Bidens alba* foram enviadas ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista (Unesp), em Botucatu, onde foi observado que, aplicado em camundongos com úlcera gástrica, o líquido da planta formava uma proteção da mucosa estomacal. O processo de obtenção da composição teve sua patente interna-

cional depositada em 2006.

Para descobrir se o extrato fitoterápico apresentava também efeitos anticancerígenos, Grombone passou a trabalhar juntamente com o médico Alexandre Eduardo Nowill, o farmacêutico Gilberto Carlos Franchi Júnior, ambos do Cipoi, e com a química Carmen Lucia Queiroga, do Centro Pluridisciplinar de Pesquisas Químicas, Biológicas e Agrícolas (CPQ-BA), também da Unicamp, que separou quimicamente o extrato. Em seguida, Franchi começou uma série de testes para checar a eficácia do extrato e de grupos químicos sobre neoplasias *in vitro*. “Fizemos testes *in vitro* para cinco tipos de leucemia e para três tipos de adenocarcinoma (câncer): de próstata, de ovário e de mama. Em todas as investigações, as frações selecionadas se mostraram eficazes, inibindo o crescimento das células cancerígenas”, diz o farmacêutico.

Atualmente, novos testes *in vitro* estão sendo realizados. A próxima etapa incluirá testes *in vivo*, ou seja, com animais que apresentem tumores e leucemias. Franchi alerta para

a responsabilidade de se lançar um novo fármaco no mercado: “Muitos quimioterápicos utilizados em diversas neoplasias são derivados de plantas. Substâncias químicas produzidas a partir desses vegetais são habilmente separadas e nomeadas por químicos e encontram-se nas prateleiras de todos os hospitais que tratam o câncer. As perspectivas para o desenvolvimento de fármacos à base do extrato de *Bidens alba* são muito boas. O caminho da pesquisa na busca de um novo fármaco deve ser pavimentado com paciência e muita responsabilidade até que se chegue a um composto final”, conclui.

Planta originária do México e encontrada no litoral paulista, o picão (*Bidens alba*) (A) mostrou-se eficaz, após a separação química do extrato (B), na inibição do crescimento de células cancerígenas





# Colméias vazias

**A**piários de São Paulo e Minas Gerais têm registrado perda de produtividade devido à diminuição das populações de abelhas. A causa do fenômeno ainda não está clara, mas os cientistas já apontam as principais possibilidades: viroses, contaminação por um protozoário, por um ácaro e/ou inseticidas. Agora uma equipe trabalha para elucidar a questão e propor ações que diminuam os danos econômicos.

O biólogo especializado em sanidade apícola Dejar Message, da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Minas Gerais, coordena o projeto de investigação sobre a morte das abelhas, com a

colaboração do biólogo norte-americano David De Jong, também especialista em sanidade apícola, da Universidade de São Paulo (USP) de Ribeirão Preto (SP). Message explica que a abelha africanizada (*Apis mellifera*), a mais usada nos apiários brasileiros, é comumente parasitada pelo ácaro *Varroa destructor*. Esse ácaro – que, além de enfraquecer as abelhas, pode transmitir vírus para elas – até recentemente não causava danos econômicos no Brasil. No entanto, análises recentes em apiários de Altinópolis

(SP) e do Triângulo Mineiro (MG) mostram aumento de sua virulência e grande frequência de sintomas anômalos nas crias atacadas (possivelmente devido às viroses transmitidas pelo ácaro), levando a quedas na produção. A zootecnóloga Érica Teixeira, da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, de Pindamonhangaba (SP), está realizando análises de abelhas de Altinópolis no Departamento Norte-americano de Agricultura (USDA, na sigla em inglês), nos Estados Unidos, e encontrou vírus em suas amostras. “Mas parece que o mesmo não ocorre em outras regiões”, afirma Message.

Outra possível causa é a presença do protozoário *Nosema ceranae*. Este microrganismo é conhecido por parasitar abelhas de países asiáticos (*Apis cerana*), mas foi encontrado no Brasil pela equipe de Message (em colaboração com o grupo do biólogo Robert Paxton, da Queen's University, no Reino Unido) parasitando abelhas da espécie *Apis mellifera*. “Esse protozoário é muito virulento e vem causando sérios danos à apicultura de vários países da Europa, Ásia e do continente americano. Ele pode ser uma das causas do desaparecimento de abelhas em várias partes do mundo”, afirma. O microrganismo, que é o principal alvo da pesquisa, além de matar as abelhas adultas, parece estar provocando desorientação das mesmas durante o vôo em busca de alimento. “Cerca de



Para a coleta de abelhas adultas, os pesquisadores adaptaram um aspirador de pó de carro a um sistema de canos e tubos de PVC. No detalhe, crias de abelhas recolhidas de colméias infestadas pelo ácaro *Varroa*



1.200 colméias já foram avaliadas. Todas continham o protozoário e também o ácaro *Varroa* com uma taxa de infestação mais alta do que a observada anteriormente, principalmente nas crias”, afirma.

Uma terceira causa cogitada pelos pesquisadores é a contaminação por inseticidas. Segundo o biólogo, as abelhas, na falta de seu alimento preferencial (o néctar das flores), buscam outras fontes energéticas, como o líquido da cana. Um dos inseticidas mais usados nesse cultivo tem como base o fipronil e bastam de 6 a 8 nanogramas do composto para matar as abelhas. Além disso, muitos agricultores usam o inseticida de maneira ilegal em outras culturas. “A cana é muito cultivada em Altinópolis e as abelhas podem estar sendo contaminadas pelo inseticida usado nas plantações.”

Para amenizar o problema do desaparecimento das abelhas, os pesquisadores – que contam com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) – selecionaram cerca de 150 colméias menos infectadas com o protozoário e, dentre elas, escolherão aquelas com maior capacidade de produção de mel, menor infestação pelo *Varroa* e comportamento higiênico mais eficiente (habilidade de identificar anomalias nas crias e excluí-las do grupo). As abelhas dessas colméias serão usadas para criar rainhas que serão introduzidas nos apiários no próximo ano, tentando assim evitar o uso de produtos químicos de controle que podem contaminar o mel. Além disso, eles têm informado os apicultores sobre os riscos do inseticida e vêm estimulando-os a transmitir esse conhecimento aos agricultores para que eles não façam um uso inadequado do mesmo.

**Mariana Ferraz**  
Ciência Hoje/RJ

## FARMACOLOGIA

**PLANTA NATIVA É EFICAZ CONTRA HIPERTENSÃO**

Pacientes com pressão arterial alta poderão futuramente contar com mais um aliado no combate à doença. Trata-se da planta *Echinodorus grandiflorus*, mais conhecida como chapéu-de-couro, que vem demonstrando ser um eficaz vasodilatador, de acordo com estudo realizado pela equipe do farmacologista Eduardo Tibiriçá, do Laboratório de Farmacologia Neurocardiovascular do Instituto Oswaldo Cruz, no Rio de Janeiro.

Por meio de experimentos realizados em aortas de coelhos previamente contraídas com noradrenalina (substância capaz de causar aumento da pressão arterial), e depois em ratos espontaneamente hipertensos, constatou-se que os efeitos gerados pelo extrato do chapéu-de-couro são semelhantes aos produzidos pelos medicamentos utilizados atualmente para o tratamento de pacientes com elevada pressão arterial. “O chapéu-de-couro – nativo do Brasil e en-

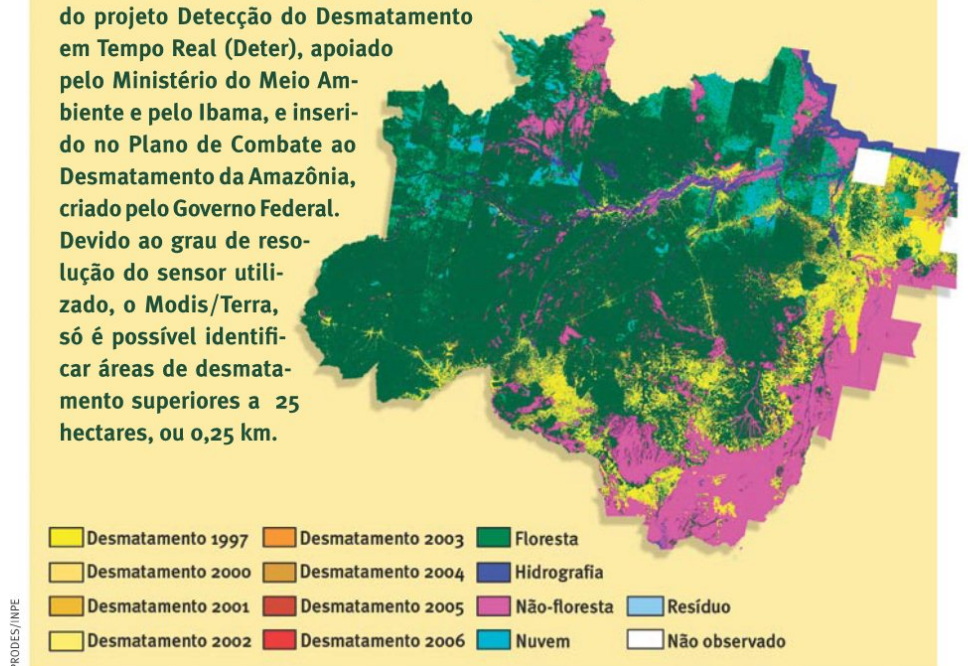
contrado sobretudo de Minas Gerais e São Paulo ao Rio Grande do Sul – é um poderoso vasodilatador por conter substâncias em seu extrato que ativam mecanismos estimuladores da atividade do endotélio (camada interna dos vasos sanguíneos)”, explica Tibiriçá.

Após a experimentação em animais, a próxima etapa é a análise toxicológica do extrato, que avaliará a possibilidade de efeitos adversos e determinará a dose ideal para compor um medicamento. Em seguida, serão realizados estudos clínicos de análise e segurança em humanos. O objetivo da pesquisa é desenvolver, a partir do extrato da planta, medicamentos fitoterápicos que tenham a mesma eficácia e sejam mais baratos do que os convencionais.



**MENOS DESMATAMENTOS NA AMAZÔNIA** • Dados obtidos pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), entre os meses de agosto de 2006 e julho de 2007, confirmam a diminuição de desmatamentos na Amazônia. Os números apontam uma área de 4.820 km desmatada no período, enquanto, entre agosto de 2005 e julho de 2006, esse índice foi de 14.040 km. Tais informações foram geradas por satélites que fazem parte do projeto Detecção do Desmatamento em Tempo Real (Deter), apoiado pelo Ministério do Meio Ambiente e pelo Ibama, e inserido no Plano de Combate ao Desmatamento da Amazônia, criado pelo Governo Federal. Devido ao grau de resolução do sensor utilizado, o Modis/Terra, só é possível identificar áreas de desmatamento superiores a 25 hectares, ou 0,25 km.

O mapa mostra a área desmatada entre 1997 e 2006 na Amazônia legal





# Exame de sangue para fibrose hepática

**A** fibrose hepática decorrente da existência de duas infecções – hepatite C e esquistossomose – acaba de ganhar um aliado no diagnóstico. Pesquisadores do Departamento de Imunologia do Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães (CPqAM), da Fundação Oswaldo Cruz, em Pernambuco, desenvolveram um exame simples para o acompanhamento da evolução dessas infecções, feito geralmente por meio de biópsia hepática (para a hepatite C) e de ultra-sonografia (para esquistossomose). A partir de um exame de sangue comum, é possível medir a concentração de marcadores biológicos para cada uma das doenças separadamente e também associadas.

Dados da Organização Mundial de Saúde apontam, no mundo, 170 milhões de pessoas infectadas pelo vírus da hepatite C e 200 milhões pelo helminto *Schistosoma mansoni*, causador da esquistossomose. No Brasil, as duas doenças coexistem cada vez mais. Só em Pernambuco, a esquistossomose é endêmica em 79 dos 167 municípios do estado. Tanto a hepatite C quanto a esquistossomose são doenças crônicas e levam a uma resposta imunológica do organismo que gera a fibrose hepática – o acúmulo de colágeno e outras proteínas que são sinais de inflamação no fígado.

“Indivíduos infectados com as duas doenças exibem um padrão clínico, virológico e histológico único, que progride para uma doença hepática mais grave, como a cirrose, em um período de tem-

po menor quando comparado com o da infecção apenas pelo vírus da hepatite C”, explica a imunologista Clarice Neuenschwander, do CPqAM da Fiocruz.

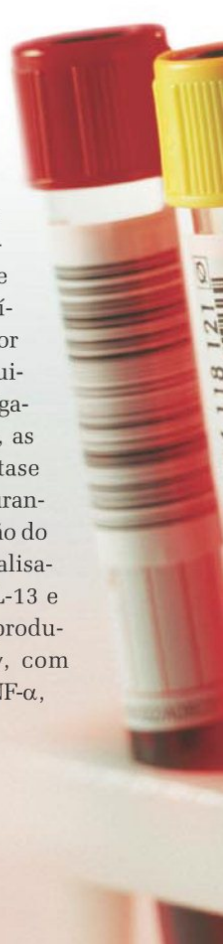
A fibrose é uma reação típica a uma lesão crônica como as infecções virais e helmínticas (como as causadas pela esquistossomose), caracterizada por um acúmulo excessivo de proteínas da matriz extracelular, como colágeno, ácido hialurônico e fibronectina, entre outras, e pela diminuição da degradação dessas proteínas pelas células hepáticas. A biópsia hepática é considerada o método padrão-ouro para diagnosticar o estágio da fibrose. No entanto, esse procedimento é invasivo e traz complicações. “Devido a essas limitações, alguns pesquisadores buscaram novos métodos para essa avaliação, mas se detinham à hepatite C ou à esquistossomose separadamente. O nosso estudo usou marcadores biológicos para fibrose na hepatite C, na esquistossomose e também na associação das duas patologias”, esclarece Neuenschwander.

“Um simples exame de sangue permitirá medir a concentração de marcadores biológicos nos pacientes co-infectados, ajudando a identificar o estágio da inflamação e de fibrose no fígado”, explica a pesquisadora. “Durante o processo fibrogênico, ocorre tanto o aumento de síntese das proteínas de matriz extracelular quanto o de enzimas hepáticas, ambas atingindo a circulação sanguínea. Assim, as enzimas podem ser detectadas em exames de sangue comuns, feitos

por laboratórios de rotina.”

A descoberta pode reduzir os riscos para os pacientes. Segundo Neuenschwander, os doentes que se submetem à biópsia hepática devem ser internados no hospital, receber anestesia local para fazer uma punção percutânea com uma agulha específica. Durante o processo podem ocorrer complicações como dor (30%), sangramentos (0,3%) e até morte em alguns casos. Além disso, o exame implica custos altos e possíveis erros de amostragem, gerando variação na interpretação do grau de fibrose, já que uma amostra coletada pela biópsia hepática representa apenas a análise de uma pequena parte do órgão.

Em seu estudo, a equipe da Fiocruz selecionou 37 pacientes com hepatite C, 23 somente com esquistossomose e 19 infectados com as duas doenças, além de um grupo sadio de controle. Para a identificação de quais marcadores bioquímicos reconheciam melhor a fibrose, foi preciso pesquisar algumas enzimas do fígado, como as bilirrubinas, as transaminases e a fosfatase alcalina, que se elevam durante o processo de inflamação do órgão. Foram também analisadas quatro citocinas: a IL-13 e TGF- $\beta$ , que estimulam a produção do colágeno, IFN- $\gamma$ , com papel antifibrótico; e TNF- $\alpha$ , cuja ação é inflamatória. “As citocinas IFN- $\gamma$ , TGF- $\beta$ , TNF- $\alpha$





e IL-13 foram dosadas no soro e as citocinas IL-13 e IFN- $\gamma$  foram detectadas nas biópsias hepáticas pela quantificação relativa do RNA mensageiro codificando essas citocinas”, especifica a pesquisadora.

Durante o estudo, alguns marcadores analisados puderam ser associados como possíveis candidatos para a detecção da gravidade de fibrose hepática e atividade inflamatória na esquistossomose, na hepatite C e na co-infecção. Os primeiros testes foram realizados no CPqAM da Fiocruz, em colaboração com o Ambulatório de Gastroenterologia do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Para Neuenschwander, o estudo poderá contribuir para um maior entendimento dos mecanismos imunológicos e para a melhoria da saúde pública no país, facilitando o sistema de identificação, prognóstico e tratamento dessas doenças.

**Fabíola Bezerra**  
Ciência Hoje/RJ

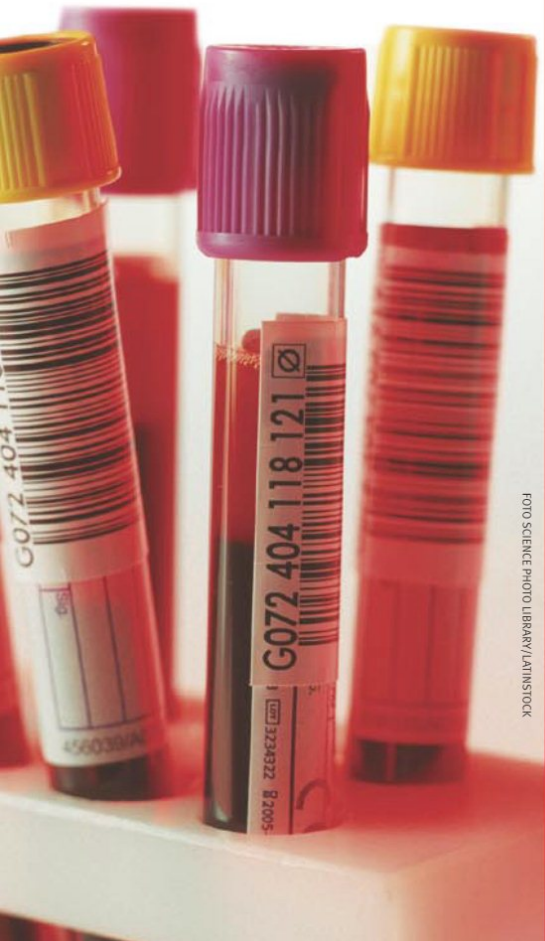


FOTO: SCIENCE PHOTO LIBRARY/LATINSTOCK

## PALEONTOLOGIA

### NOVA CAPIVARA GAÚCHA?

Um fóssil encontrado em um afloramento de rocha no arroio Touro Passo, a 30 km de Uruguaiana (RS), pode ser de uma nova espécie de capivara, com idade estimada entre 30 e 40 mil anos. É o que supõe o autor do achado, o paleontólogo Édison Vicente Oliveira, da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS). “Trata-se do crânio de um mamífero muito semelhante ao da capivara atual [*Hydrochoerus hydrochaeris*],

conta Oliveira. Mas, segundo ele, o tamanho e os detalhes morfológicos dos dentes molares diferenciam o espécime fóssil dos animais atuais. A série dentária superior é maior, assim como a largura do segundo molar; o terceiro molar tem um número maior de prismas (listras nos dentes planos que facilitam a mastigação de ervas, brotos e folhas).

A hipótese do pesquisador poderá se confirmar a partir da comparação das características do crânio encontrado com as do crânio de fósseis desse grupo animal que estão no acervo do Departamento de Paleontologia de Vertebrados da Fundação Miguel Lillo, em Tucumán, Argentina. A literatura reporta como válidas atualmente duas espécies fósseis de *Hydrochoerus*, uma da Argentina e outra de Granada, nas Antilhas.

Segundo Oliveira, os estudos estão atrasados porque o excesso de carbonato de cálcio no fóssil dificulta uma limpeza minuciosa, essencial para um veredito conclusivo. Com o apoio da PUC-RS e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Rio Grande do Sul, a equipe de Oliveira deve terminar os estudos em aproximadamente um ano.

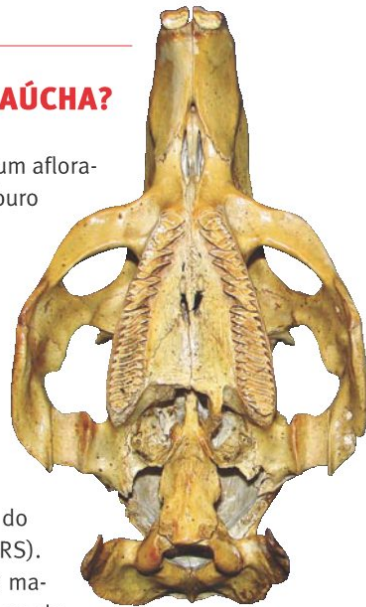


FOTO: EDISON V. OLIVEIRA (PUC-RS)

**Fóssil de capivara encontrado em Uruguaiana (à direita) e crânio de uma capivara atual. A escala no fóssil equivale a 2 cm**

**ATLAS SOBRE CLIMA DO PIAUÍ** • A grande demanda feita à Embrapa Meio-Norte sobre as condições climáticas do estado resultou na produção de um atlas digital, que traz informações detalhadas e precisas sobre a evapotranspiração de referência, evaporação, insolação, nebulosidade, precipitação, radiação solar, temperaturas máxima, média e mínima do ar e umidade relativa do ar, além da classificação climática do Piauí, segundo a metodologia dos meteorologistas ingleses Charles W. Thornthwaite (1899-1963) e John R. Mather (1923-2003). Desenvolvido ao longo de um ano, com um custo de R\$ 10 mil, o CD-Rom que reúne esses dados será distribuído a universidades, escolas, prefeituras, cooperativas e associações de produtores. As consultas podem ser feitas por município, mesorregião e microrregião, escolhendo-se o elemento climático por mês ou anual. Futuramente, o atlas também poderá ser consultado pela internet.



# Magnetoglobus desafia classificações

**C**andidatus *Magnetoglobus multicellularis*. É esta a proposta de nomeação do organismo multicelular magnetotático (MMO), que vem sendo estudado desde o início dos anos 80, quando foi encontrado um exemplar na lagoa Rodrigo de Freitas, no Rio de Janeiro (RJ). Em trabalho conjunto, pesquisadores da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF) e da Universidade de São Paulo (USP) concluíram a taxonomia, a caracterização da atividade magnética, a descrição matemática do comportamento e a análise do material genético do MMO. A pesquisa mereceu a capa da edição de junho último do *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, publicado pela Sociedade de Microbiologia Geral do Reino Unido.

Na atual etapa, para que sua nomeação seja aceita e o MMO deixe de ser *Candidatus*, os pesquisadores precisam completar a descrição do seu metabolismo e conseguir produzi-lo em meio de cultura. Confirmar a existência do

*Magnetoglobus* com uma nomeação científica pode ser um importante passo para entender a história e a evolução da vida na Terra e a relação dos seres vivos com o magnetismo (ver 'Pista viva da evolução', em CH 208).

## Procarionte multicelular

Um dos principais achados do estudo – conduzido por Fernanda Abreu, Juliana Lopes, Carolina Keim e Ulysses Lins, do Instituto de Microbiologia da UFRJ, Henrique Lins de Barros, do CBPF, e Frederico Gueiros Filho, do Departamento de Bioquímica da USP – é a verificação de que os procariontes (organismos sem membrana nuclear) podem ser multicelulares. Essa conclusão contraria a classificação científica usual, que descreve os procariontes como seres exclusivamente unicelulares. O estudo detalhado do *Magnetoglobus multicellularis* revelou que ele é formado por um conjunto de células procariontes, ou seja, trata-se de um procarionte multicelular.

A hipótese de que poderia ser uma colônia de células procariontes agindo em cooperação foi descartada pelos pesquisadores devido à extrema organização e interdependência das células. “Estudando as propriedades físicas desse organismo, chegamos à conclusão de que ele não pode ser um agregado de células trabalhando sozinhas, pois se tiramos uma parte do conjunto, ele morre, suas células não podem ser separadas”, afirma o físico Henrique Lins de Barros.

A derrubada de postulados científicos está na gênese desse misterioso organismo. Quando ele foi encontrado – a primeira menção ocorreu em um artigo de 1983 –, alguns físicos do CBPF estudavam a influência do campo magnético em seres vivos, uma área então obscura, para grande parte da comunidade científica. A observação de uma amostra de água em microscópio revelou que o MMO reagia imediatamente às alterações do campo magnético. Estudos posteriores dedicaram-se a entender o funcionamento do organismo, seu metabolismo e sua relação com o magnetismo.

Formado por cerca de 20 células e sem diferenciação, o MMO tem o diâmetro de um centésimo da espessura de um fio de cabelo e uma forma de reprodução única. Normalmente, um organismo se desenvolve a partir de uma célula que dá origem às outras células. No caso do *Magnetoglobus*, ele já nasce adulto. Cada uma das células aumenta seu volume em quase duas vezes e todas se dividem simultaneamente, dando origem a dois organismos, cada um com cerca de 20 células.

## Magnetismo

As pesquisas em laboratório revelaram que o *Magnetoglobus multicellularis* segue a direção de um campo magnético aplicado sobre ele devido à presença em sua estrutura de cristais de magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) ou greigita ( $\text{Fe}_3\text{S}_4$ ), ambos minerais constituídos de ferro e que, portanto, sofrem a ação de uma força na presença desse cam-

Imagem do *Magnetoglobus multicellularis*, organismo multicelular magnetotático, obtida em microscopia óptica





po. Entretanto, ele não está completamente sujeito ao campo. “Se o mantemos preso pela ação do campo por um determinado tempo, ele escapa. Assim, pode ser que, em seu meio, o *Magnetoglobus* use o campo magnético da Terra para se deslocar e buscar alimento em outros lugares”, explica Lins de Barros.

Essa hipótese gerou uma série de outros estudos relacionados com a interação de seres vivos mais evoluídos que microrganismos com o campo magnético da Terra. “Aí pode estar um caminho para responder questões sobre a migração das aves ou sobre como as abelhas conseguem localizar a colméia, mesmo estando até seis quilômetros distantes dela”, acrescenta o físico.

Cientistas da Agência Espacial Norte-americana (Nasa, na sigla em inglês) estão usando os estudos sobre o *Magnetoglobus* para pesquisar a possibilidade de vida em Marte. Eles encontraram cristais magnéticos semelhantes aos sintetizados pelo *M. multicellularis* no meteorito que veio do planeta vermelho há 13 mil anos e foi descoberto nos anos 70 na Antártida. A coexistência de cristais de sulfeto de ferro e de óxido de ferro é indício de atividade biológica, uma vez que, em meio inorgânico, isso não aconteceria.

Outra linha de pesquisa poderá ser desenvolvida a partir da compreensão de como o *M. multicellularis* sintetiza os cristais de magnetita ou greigita. O domínio desse processo poderá servir à produção de cristais magnéticos puros, homogêneos e de excelente qualidade, que, entre outras aplicações, poderão ser utilizados nas futuras gerações de computadores.

**Felipe Caruso**  
Ciência Hoje/RJ

## ANÁLISE DO MEL APONTA USO EXCESSIVO DE PESTICIDAS

O mel produzido por abelhas que habitam áreas de cultivo agrícola contém níveis significativos de substâncias nocivas, como pesticidas, de acordo com estudo realizado em parceria pela Universidade de São Paulo (USP) e a Universidade Estadual Paulista (Unesp), de Bauru. A descoberta desses compostos no mel mostrou que o emprego de abelhas domésticas (*Apis mellifera*) pode ser uma alternativa para monitorar a qualidade do ambiente e detectar o uso excessivo de poluentes na agricultura, o que pode prejudicar a saúde dos consumidores.

Abelhas operárias, ao recolher néctar, água e pólen das flores, acabam retendo microrganismos, produtos químicos e partículas suspensas no ar em seu aparelho respiratório ou então nos pêlos de seu corpo. Os cientistas observaram, durante seis anos, o mel produzido na Reserva Campo Novo Vargem Limpa, em Bauru (São Paulo). “Neste trabalho, aproveitamos a atividade natural das abelhas como um bioindicador da existência de produtos tóxicos no cultivo agrícola, sem grandes custos de análise”, explica o biólogo Marcos Vinícius de Almeida, do Centro de Biotecnologia Agrícola da Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz, da USP de Piracicaba.



As amostras coletadas revelaram concentrações altas de até 48 tipos de pesticidas e organoclorados, substâncias que podem ser cancerígenas, além de Malation, inseticida usado no combate ao mosquito da dengue. No entanto, de acordo com Almeida, os resultados não devem preocupar os consumidores, uma vez que o mel obtido para monitoramento ambiental não se destina à comercialização. Mas ele ressalta: “A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) deveria ampliar a busca por contaminantes no mel comercializado e investigar a presença de outros possíveis pesticidas.”

**SORO CONTRA VENENO DE SERPENTES AFRICANAS** • As serpentes africanas bitis e naja são conhecidas por seu veneno de atuação rápida e letal e por fazerem milhares de vítimas todos os anos. O médico veterinário Wilmar Dias da Silva, da Universidade Estadual do Norte-Fluminense (RJ), em parceria com o Instituto Butantã (SP) e o programa ProÁfrica, desenvolveu uma técnica mais acessível e barata de produção do antiveneno, que será levada a Moçambique. Ele criou o soro a partir de anticorpos gerados em equinos, para o tratamento de seres humanos, e de anticorpos criados em galinhas, para o tratamento de animais. O projeto ainda inclui a implantação de um serpentário na Universidade Eduardo Mondlane (Maputo, Moçambique) para a produção de soro, além de treinamento adequado do pessoal no atendimento aos acidentados. O ProÁfrica foi criado, em 2004, pelo Ministério da Ciência e Tecnologia do Brasil, com o objetivo de auxiliar o desenvolvimento científico e tecnológico dos países africanos, por meio do intercâmbio com pesquisadores brasileiros atuantes em áreas consideradas estratégicas.



# Melhor em pé que deitado

**A** excepcional qualidade da madeira da araucária (*Araucaria angustifolia*), também conhecida como pinheiro-do-paraná, levou à derrubada de milhares de quilômetros quadrados de florestas da espécie ao longo do século 20. Dessa corrida predatória, sobrou apenas 1% das matas nativas do sul do Brasil, formando manchas distantes umas das outras. Mas a árvore viva pode ser mais rentável como fornecedora de frutos, além de proteger nascentes e margens de rios e ajudar a evitar o aquecimento global.

“Só se pensou na araucária como madeira; ninguém se preocupou em selecionar frutos (pinhas) maiores e melhores, capazes de produzir sementes (pinhões) em maior quantidade e de melhor qualidade”, diz o agrônomo Flávio

Zanette, do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná (UFPR), líder de um grupo de pesquisa que realiza cruzamentos dirigidos de araucária, visando aproveitá-la melhor, sem precisar derrubá-la. Segundo Zanette, a espécie deve ser vista como árvore frutífera e não só como fonte de madeira.

Estudioso da reprodução da araucária há mais de 20 anos, o agrônomo da UFPR elaborou em 2001 um plano de polinização dirigida da espécie, com o objetivo de tornar possíveis combinações genéticas que a natureza não pode realizar sozinha, possibilitando a recomposição das matas de araucária, hoje ameaçadas de extinção. Em 2003 surgiram os

primeiros pinhões produzidos por uma árvore clonada e, em 2005, foi feito o primeiro cruzamento dirigido entre dois clones. Em maio passado foram colhidos os primeiros pinhões resultantes desse cruzamento.

Os resultados positivos da polinização dirigida apareceram logo após os primeiros experimentos, de que resultaram pinhas mais robustas e pinhões saudáveis. Enquanto as pinhas comuns pesam em média 3,5 kg, com a polinização dirigida poderão pesar até 8 kg. A equipe passou então a selecionar os melhores ‘pais’ do ponto de vista genético, direcionando cruzamentos entre as melhores plantas-mãe com as melhores plantas-pai, muitas vezes separadas umas das outras por muitos quilômetros de distância.

FOTOS FLÁVIO ZANETTE





Vale lembrar que os pinhões colhidos recentemente pelos pesquisadores resultaram de um cruzamento de plantas-pai de Lages (Santa Catarina) e Guarapuava (Paraná) com planta-mãe de Curitiba. “Essa ferramenta permitirá recuperar genótipos isolados pela fragmentação da floresta de araucária”, prevê Zanette. “O que está isolado, nós sabemos, está condenado à extinção”, sentencia.

A equipe tem feito também propagação *in vitro* da espécie, com o método da estaquia, em que brotos são tratados com reguladores de crescimento até criar raízes, quando então as mudas crescem protegidas em uma estufa. Outro método empregado é o da microenxertia, em que se enxerta o ápice de uma araucária adulta nas mudas, para acelerar seu crescimento. Dessa forma, as novas árvores atingem a maioridade aos oito anos. Em condições normais, a espécie leva 18 anos para se tornar adulta.

### Mudança de foco

Na opinião de Zanette, se mudamos o ângulo de observação da araucária, paramos de pensar apenas na qualidade de sua madeira e passamos a valorizar seu potencial como árvore frutífera. “O pinhão é um ótimo alimento, já que possui 55% de amido e de 5% a 8% de proteínas.” Para enfatizar a importância econômica da araucária viva, ele aponta outro produto de valor propiciado pela espécie: a grimpá, ou sapé – restos de galhos secos que, depois de moídos, podem ser utilizados co-



O processo de estaquia permite o crescimento de raízes fortes e saudáveis da araucária

mo adubo orgânico ou combustível. “Atualmente muitos pecuaristas queimam a grimpá em vez de lhe dar destino nobre.”

Além de destacar essas novas virtudes econômicas da espécie, o agrônomo da UFPR salienta sua importância ecológica: “Em pé, a araucária protege nascentes e margens de rios, além de retirar carbono da atmosfera, o principal gás de efeito estufa, responsável pelo aquecimento global.”

Por ocasião da coleta de pinhões resultantes de cruzamentos artificiais, feita no *campus* de Ciências Agrárias da UFPR, em maio passado, a equipe de Zanette, juntamente com a Embrapa Florestas, lançou a idéia de cria-

ção do Dia Nacional da Floresta de Araucária, com o objetivo de conscientizar a população sobre a importância da espécie e ampliar meios de protegê-la. Em plena safra de pinhões, o grupo distribuiu aos participantes da cerimônia o folheto didático ‘Como se forma o pinhão’. O evento foi realizado debaixo de um exemplar raro de uma araucária hermafrodita.

**André Marques**

Especial para a *Ciência Hoje*/PR



As três fases da pinha: o broto (A), a pinha em estágio de crescimento (B) e a pinha madura, cercada de pinhões (C)



ENGENHARIA OCEÂNICA Recifes artificiais criados com tubos petrolíferos podem elevar pesca artesanal

## Plataforma de vida marinha

O uso de tubos descartados da atividade petrolífera permite criar recifes artificiais que atraem diversas espécies de vida marinha

**C**riar possibilidades de aumento da pesca artesanal na baía de Campos (RJ) e testar o uso de tubos descartados da produção petrolífera na formação de recifes artificiais são os objetivos do projeto que vem sendo realizado no litoral do município de Rio das Ostras (RJ), desde 2003, pelo Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia (Coppe) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). A Coppe instalou, em colaboração com o Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira (IEAPM) e a Petrobras, financiadora do projeto, 27 habitats de aço de variados tamanhos e formatos e 41 de concreto no fundo do oceano, a 30 m de profundidade e a 6 km da costa. A área de 20 mil m<sup>2</sup> serviu como base para a incrustação de moluscos e corais, que, com o tempo, acabam atraindo outras formas de vida marinha, criando um ambiente propício para a pesca.

Desde a instalação do projeto, as populações de alguns peixes, como o cherne (*Epinephelus ni-*

*veatus*), estão aumentando, demonstrando o sucesso da iniciativa, que é também uma maneira viável de reaproveitamento de materiais da indústria petrolífera, bem como de outros produtos descartáveis.

Embora no exterior a criação de recifes artificiais esteja mais ligada à desativação de plataformas petrolíferas – no lado britânico do mar do Norte, cerca de 300 serão tiradas de circulação nos próximos 20 anos –, no Brasil o foco é outro. “O país tem poucas instalações desse tipo a serem desativadas em breve. No entanto, os tubos usados na produção do petróleo têm de ser substituídos regularmente e podem ser aproveitados”, explica o engenheiro Segen Estefen, diretor de tecnologia e inovação da Coppe.

O projeto começou em 2002, mas a instalação dos habitats só ocorreu em 2003. Originalmente, a Coppe considerou utilizar também a área de Cabo Frio (RJ), onde o mar apresenta características distintas do de Rio das Ostras,

como, por exemplo, maior transparência. O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), responsável pela aprovação do teste, contudo, liberou a instalação, na primeira fase, apenas em Rio das Ostras. O Centro de Pesquisa e Gestão de Recursos Pesqueiros do Litoral Sudeste e Sul (Cepsul) do Ibama tem acompanhado a evolução do projeto desde o início. “Como os resultados estão sendo positivos, há a possibilidade de expandir a iniciativa para outras áreas”, conta Estefen.

### Geometria submarina

Os 27 habitats de aço foram construídos com tubos descartados da atividade petrolífera nos mais diversos formatos (cubos, pirâmides, prismas etc.) e tamanhos, sendo o maior deles um cubo de 9 m de lado. “Essa variedade permite que diferentes espécies se estabeleçam no local, procurando seus recantos preferidos, o que não aconteceria se as estruturas fossem idênticas”, afirma o engen-



nheiro. Os habitats contam ainda com telas, que servem como substrato adicional para a incrustação de moluscos e corais. Na montagem, os pesquisadores evitaram o uso de soldas, a fim de diminuir custos e emissões poluentes, optando por fazer a conexão dos tubos por encaixes, com braçadeiras especialmente projetadas e fabricadas para esse fim.

Os habitats são monitorados de seis em seis meses pelos pesquisadores, que avaliam sua evolução, similaridade e impacto ambiental, comparando-os ao recife natural de Pedras Altas, localizado em área próxima, que serve de parâmetro ao projeto. Segundo Estefen, os resultados mostram um aumento constante da quantidade de peixes, mas ela ainda não é suficiente para manter uma atividade pesqueira. Além disso, a colônia de pescadores de Rio das Ostras realiza um censo diário das espécies capturadas e já observou o reaparecimento de algumas que não eram mais encontradas na região. “Vamos agora incorporar novas técnicas de monitoramento, que indicarão quais peixes migram para os recifes e quais nascem lá, os que permanecem e os que abandonam a área”, conta o engenheiro.

A expectativa é que os recifes artificiais se tornem estáveis por volta de 2010. O sucesso obtido até agora tem feito com que outras colônias de pescadores do litoral fluminense solicitassem a extensão da iniciativa até suas regiões. Os resultados apontam ainda para a possibilidade de uso, no futuro, de segmentos de plataformas fixas desativadas. Mas os pesquisadores não querem se limitar à desativação dessas estruturas como base para os recifes artificiais. “Pretendemos testar outros materiais, principalmente os descartáveis da produção de petróleo e gás”, conclui Estefen.

**Fred Furtado**  
Ciência Hoje/RJ

FÍSICA

## NATA GEOMÉTRICA

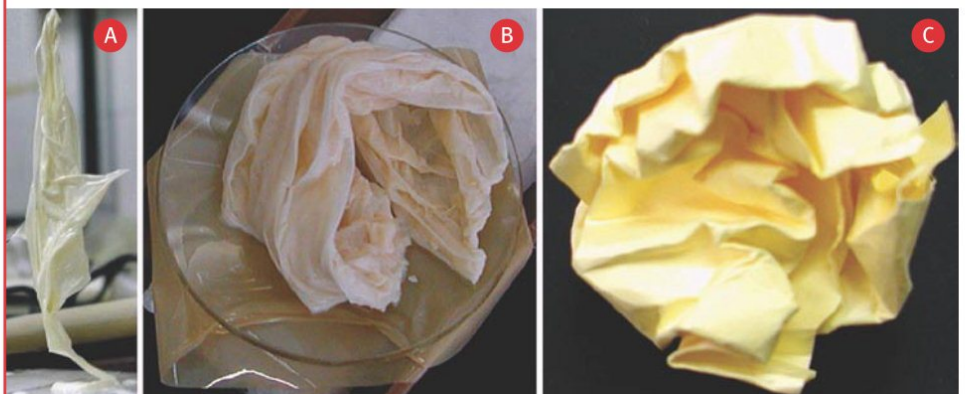
Para quem associa a nata do leite apenas às suas propriedades alimentícias, não será pequena a surpresa ao ver a complexidade geométrica apresentada pela película. Estudar a geometria da nata após a sua formação no leite e posterior depósito em uma superfície diferente foi o objetivo do físico Marcelo Andrade de F. Gomes, da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), que teve sua pesquisa publicada no *Journal of Physics*, de junho último, e destacada em coluna da revista *Science*, do dia 22 do mesmo mês. “É um material extremamente complexo, heterogêneo, contendo milhares de espécies moleculares diferentes. Além disso, a nata é uma membrana, um tipo de objeto que aparece em muitas áreas da física, tanto de baixa quanto de alta energia”, explica o pesquisador.

Para estudar a nova forma enrugada ou amassada adquirida pela nata, foram utilizados desde métodos simples, como “régua e compasso”, até imagens obtidas por meio da ressonância magnética nuclear. A nata do leite, assim como uma folha de papel, se comporta como um sistema bidimensional. No entanto, a principal diferença entre os dois elementos é que, enquanto a folha de papel precisa de uma pres-

ção externa para modificar sua forma e atingir o estado amassado, a nata do leite passa para esse estado espontaneamente através do seu próprio peso. Um material em estado amassado tem comportamento bastante distinto dos que são usualmente encontrados na natureza, como o sólido, o líquido e o gasoso. “Uma peculiaridade do estado amassado é que ele não é sólido e não se desmancha no ar. Essa dualidade é interessante: a estrutura amassada da nata parece tênue, mas, na verdade, possui propriedades geométricas muito robustas”, observa.

Na natureza, um estado de dobramento semelhante ocorre de forma incipiente, não totalmente desenvolvida, tanto em ambientes geofísicos, quanto biológicos. No primeiro caso, nas camadas plásticas da superfície topográfica, aquelas que apresentam elevado grau de fluidez e maleabilidade, como a astenosfera, localizada abaixo da litosfera e composta, basicamente, por rochas em permanente estado de fusão. Na biologia, ocorre na morfogênese do cérebro humano, quando a placa neural, precursora de nosso sistema nervoso, começa a crescer e a se dobrar, formando as características convoluções cerebrais.

FOTOS RICARDO EMMANUEL DE SOUZA



A nata do leite, assim como uma folha de papel, se comporta como um sistema bidimensional. Em (A), é possível ver o início do processo de deposição da nata, já com algumas dobras. Em (B), a nata em sua conformação final, amassada. Em (C), papel amassado, para efeito de comparação



## BRASIL: 1,6 MILHÃO DE GAGOS

Dados da Associação Brasileira de Gagueira revelam que esse distúrbio da fala afeta cerca de 1% da população mundial e 1,6 milhão de pessoas no Brasil. Tais números, por sua relevância, têm atraído cada vez mais o interesse de especialistas em entender melhor o problema e em tratá-lo adequadamente. Hoje, os especialistas encaram a gagueira como uma desordem causada por diferentes fatores, de natureza ambiental, psicológica, genética e orgânica e, por isso, o ideal é combinar várias terapias.

“Hoje a gagueira é tratada como uma desordem multidimensional da fluência da fala, com impactos emocionais e sociais significativos”, disse a fonoaudióloga Tânia Chaves, da Faculdade de Estudos Superiores de Minas Gerais, em Belo Horizonte. Segundo ela, nem sempre se tratou a gagueira considerando-se suas várias causas. “Em alguns momentos, privile-

giou-se o olhar biológico; em outros, o enfoque foi psicológico e social.”

Um ambiente muito agitado – em que as pessoas falam demasiadamente rápido ou em um grau de complexidade lingüística maior que o adequado para a criança – pode desencadear o distúrbio. “Se o indivíduo tem predisposição genética e, além disso, o ambiente é desfavorável, ele tem grande chance de desenvolver gagueira crônica”, explicou Chaves. Uma causa orgânica para o problema é, por exemplo, a diminuição da oxigenação do cérebro do bebê em decorrência de um parto muito demorado.

O tratamento da gagueira se concentra em duas linhas atualmente: a fonoaudiológica, que envolve o domínio de técnicas a serem usadas durante a fala, e a psicológica, focada nos aspectos emocionais que interferem na fala do indivíduo.



FOTO JANDUARI SIMÕES/FOLHA IMAGEM

## BOTÂNICA

### BROMÉLIAS REABILITADAS

Uma avaliação das bromélias do Jardim Botânico do Rio de Janeiro (JBRJ) mostrou que elas são muito raramente focos de reprodução para o mosquito da dengue. No entanto, pesquisas rotineiras que investigaram depósitos em residências a menos de 200 m do jardim verificaram altas taxas de infestação.

Os resultados são de uma pesquisa que analisou 156 bromélias de 10 espécies diferentes durante o período de um ano, todas cultivadas em canteiros do Jardim Botânico, em local entre a mata e residências. Nessas plantas foram encontradas principalmente larvas de mosquitos de espécies que não picam o ser humano, como algumas do gênero *Culex*. Apenas um pequeno número de mosquitos *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* (dois e cinco indivíduos, respectivamente) foi encontrado. Essas duas espécies são transmissoras do vírus da dengue, mas, segundo o entomólogo Ricardo Lourenço, do Instituto Oswaldo Cruz (IOC), o baixo número de indivíduos achado nas bromélias sugere que essas plantas não constituem um real problema epidemiológico.

Lourenço pretende agora avaliar bromélias cultivadas em ambientes modificados intensamente, como residências, prédios e condomínios. “Essas plantas podem apresentar taxa de infestação mais elevada que as registradas pelo estudo, uma vez que se localizam em ambiente totalmente diferente do natural. Ainda assim, elas são muito menos importantes para a propagação do vetor da dengue do que caixas d’água, cisternas, tonéis, ralos e outros recipientes e depósitos permanentes, destampados ou mal tampados”. Segundo ele, em residências, as bromélias devem ser regadas com cautela e os espaços que acumulam água na base das folhas podem ser preenchidos com serragem, evitando a proliferação de mosquitos.

A pesquisa com as bromélias do JBRJ foi realizada como parte do trabalho de iniciação científica do biólogo Márcio Mocelin, sob orientação de Lourenço.



# Leitura e escrita em ciências

Rogério G. Nigro

Grupo de Estudo e Pesquisa em Ensino de Ciências



O início de nossa vida escolar é marcado pela alfabetização na área de línguas. Tanto que acaba sendo comum associarmos a idéia de alfabetização com aprendizagem de leitura e escrita. Mas o termo pode ser usado para ensino-aprendizagem de diferentes áreas do conhecimento, inclusive a de ciências da natureza.

De modo geral, alfabetização científica se relaciona com ensino-aprendizagem no que diz respeito àquilo que o grande público deve saber sobre ciências. Cabe daí a questão: o que deve ser ensinado-aprendido para se atingir esse objetivo? Parece bem aceita a tese de que nos cursos de ciências que visam promover a alfabetização científica se deve ensinar-aprender mais que conceitos específicos. Entre outros temas, deve ser discutida a questão da natureza da ciência como atividade humana e a questão das habilidades e processos relacionados com a atividade científica.

Quanto às habilidades e aos processos ligados à atividade científica a serem ensinados-aprendidos na escola, pressupõe-se que alguns seriam equivalentes àqueles requeridos no dia-a-dia dos profissionais dedicados à ciência, como tomar medidas, fazer observações, levantar hipóteses. Mais recentemente, porém, alguns autores têm destacado a maneira como os processos de comunicação estão presentes no cotidiano do cientista. Estariam aí incluídas a leitura e a escrita em ciências.

A importância da leitura e escrita para o profissional que faz ciência tem relevância nos debates sobre o conceito de alfabetização científica no contexto educacional. Afinal, pode-se argumentar que a leitura e a escrita são tão constitutivas das ciências que deveriam ser encaradas não como elementos complementares, mas como componentes essenciais da alfabetização nessa disciplina escolar. Será essa

idéia de alfabetização científica em seu sentido mais fundamental que exploraremos neste ensaio.

## Ferramenta importante

Inicialmente, podemos atribuir o destaque dado à leitura e escrita em ciências a duas idéias-chave: a concepção de que a linguagem pode ser entendida como ferramenta que permite abordar intelectualmente diferentes problemas e a percepção de que tanto o processo de leitura-escrita do cientista quanto os textos em ciência (de cientistas que trabalham na fronteira do conhecimento ou utilizados no contexto educacional) são muito peculiares.

Para entender melhor a primeira idéia, é possível comparar a linguagem com as ferramentas usadas, por exemplo, por um artesão. Assim como esses instrumentos agem fisicamente, permitindo que ele produza suas criações, as pessoas usam a linguagem como uma ferramenta psicológica, que lhes permite agir intelectualmente.

No caso do cientista, parece claro que a leitura e a escrita são uma ferramenta importante na sua atividade profissional. Isso foi particularmente evidenciado pelo grupo da pesquisadora canadense Marilyn Florence, ao analisar o processo de co-autoria de artigos científicos entre cientistas experientes e novatos. Eles verificaram que, no processo de entrada na comunidade de cientistas experientes, jovens cientistas deixavam entrever que a escrita, releitura, edição e

**A importância da leitura e escrita para o profissional que faz ciência tem relevância nos debates sobre o conceito de alfabetização científica no contexto educacional**



revisão dos trabalhos que produziam influíam significativamente na qualidade da ciência que faziam. Os detalhes dessa pesquisa podem ser lidos na publicação *Journal of Research in Science Teaching* (v. 41, n. 6, 2004).

Quanto à peculiaridade dos textos de ciência, podemos enumerar várias de suas propriedades, destacadas pela equipe do pesquisador canadense Larry Yore no periódico *International Journal of Science Education* (v. 25, n. 6, 2003) e pelos pesquisadores australianos Michael A. K. Halliday e James R. Martin na obra *Writing science literacy and discursive power (Domínio da escrita científica e poder discursivo)*, publicada pela editora da Universidade de Pittsburgh em 1993. Esses autores salientam, entre outros detalhes, que os textos de ciência são essencialmente expositivos e marcados por um excesso de termos do meio cultural das ciências e de referências a trabalhos de outros cientistas, além de conter peculiaridades lingüísticas como uso excessivo da voz passiva, ambigüidade sintática, descon-tinuidade semântica etc.

Podemos também citar o fato de Yore e de seus colaboradores terem observado, a partir de entrevistas, que os profissionais de ciência têm hábitos de leitura e escrita típicos. Ao avaliar as respostas para a pergunta ‘Que tipo de coisa você escreve e com que frequência?’, verificaram que eles se interessavam pouco por outro tipo de escrita, tendo como hábito mais freqüente escrever artigos científicos e tomar notas em conferências.

Já ao apreciar respostas à questão ‘Você tem um propósito claro quando começa a escrever?’, constataram que os cientistas usavam a escrita predominantemente para persuadir outros cientistas sobre a validade de seus trabalhos. Os detalhes dessa avaliação estão nas publicações *Science Education* (v. 86, n. 5, 2002) e *Journal of Research in Science Teaching* (v. 41, n. 4, 2004).

Nessas investigações, a equipe de Yore quis saber como seus entrevistados haviam aprendido a escrever como cientistas. Alguns disseram achar que o processo é cumulativo, sugerindo que a aprendizagem da escrita em ciência se deu pela prática dessa atividade ao longo do tempo. Mas obtiveram também outras respostas: “Minha escrita resulta da leitura de artigos de outros autores e da observação da abordagem utilizada por eles”; “Observo como organizam introdução, resultados...”; “Aprendi lendo. Há pesquisadores que escrevem artigos muito bem e sempre os tomo como modelo.”

Respostas como essas revelam um aspecto curioso ligado à conexão entre leitura e escrita de textos

científicos: os cientistas modelam sua escrita a partir do que lêem. O impacto que uma revelação como essa pode ter na educação em ciência deve ser objeto de reflexão mais profunda no futuro.

### Questão cultural

O que foi apresentado ilustra algumas peculiaridades dos textos de ciências e da leitura e escrita deles. Cabe agora indagar por que isso ocorre. Uma explicação possível é que tais peculiaridades são manifestações do meio cultural dessa área de conhecimento. Assim, podemos considerar que tanto leitores não proficientes na leitura de textos narrativos e expositivos ou proficientes mas distantes do meio científico têm dificuldade para lidar com esses textos.

Algumas evidências empíricas reforçam essa idéia, como a apresentada pela pesquisadora britânica Mary Ratcliffe no periódico *International Journal of Science Education* (v. 21, n. 10, 1999). Ela pediu a estudantes universitários da área de ciências e a alunos na faixa dos 17 anos com boas notas em disciplinas dessa área que lessem um texto jornalístico sobre uma novidade científica antes de responder às suas indagações. O artigo relatava experimentos que evidenciavam a liberação de substâncias potencialmente tóxicas para o fígado por mordedores usados por bebês.

Após a leitura, Ratcliffe pediu aos estudantes que fizessem uma lista de questões e comentários que lhes viessem à mente. Ela verificou que as observações que indicavam avaliação de evidências eram feitas por mais de 2/3 dos estudantes universitários, mas por apenas 10% dos demais alunos.

Um modo de interpretar a questão é que, entre os mais novos, há potencial para avaliar evidências a partir da leitura de textos científicos. Mas esse potencial se manifesta mais claramente em estudantes mais velhos, que estão mais próximos do universo da ciência por cursar disciplinas científicas. Entre os mais jovens, faltaria algo básico, relacionado com o desenvolvimento de processos de leitura de textos sobre ciências, para que eles, mesmo dominando conceitos de disciplinas científicas, pudessem ler criticamente reportagens apresentadas na mídia.

Aponta-se aqui uma questão relevante para a educação em ciências: o que falta para que essas pessoas estejam habilitadas a lidar de forma segura com o conhecimento produzido pelos cientistas, presente no seu dia-a-dia mediante os meios de comunicação?

### Processo estratégico

Considerando que a atividade científica não pode ser exercida sem o suporte da leitura e escrita, os pesquisadores canadenses Stephen Norris e Linda Phillips declararam explicitamente que o ensino-

Muitos professores de ciências não estão familiarizados com atividades didáticas já conhecidas para o ensino de leitura



aprendizagem da leitura-escrita deve ser o elemento essencial da alfabetização científica (*Science Education*, v. 87, n. 2, 2003).

Para reforçar essa idéia, apresentam vários argumentos. O mais crucial talvez seja que, tradicionalmente, a leitura-escrita tenha sido relegada a segundo plano no ensino de ciências, em razão do entendimento equivocado de que leitura é um processo simples e automático, que envolve unicamente decodificação de palavras e localização de informações no texto. No fundo, Norris e Phillips querem dizer que entre educadores de ciências ainda não se solidificou a idéia de que a leitura é um processo estratégico.

O conceito de leitura como processo estratégico implica que o significado de um texto não está apenas na palavra escrita. Ler estrategicamente quer dizer que o leitor, no ato da leitura, procura inferir o significado a partir do texto, integrando informação textual com conhecimento preexistente. Surge, daí, a interpretação do texto.

Isso está de acordo com a idéia de que textos de ciência devem ser ativamente interpretados por quem os lê. Segundo Norris e Phillips, essa leitura depende de conhecimentos preexistentes do leitor, isto é, do domínio de significados que estão fora do texto, de decisões relacionadas com o seu mundo e que envolvem a construção ativa de novos significados. “Compreender, interpretar, analisar e criticar textos: é isso que o sentido fundamental da alfabetização engloba.” Diante disso, cabe perguntar como a leitura tem sido abordada no ensino de ciências.

### Leitura e educação em ciências

No final da década de 1980, o pesquisador norte-americano James Wandersee, preocupado com o problema da leitura na educação científica, analisou hábitos de leitura de 133 universitários entre 18 e 22 anos, a partir de respostas a um questionário preparado por sua equipe. O resultado desse trabalho foi publicado no *Journal of Research in Science Teaching* (v. 25, n. 1, 1988).

Wandersee verificou que, para a questão ‘Você costuma construir quadros, esquemas e diagramas enquanto lê?’, menos da metade dos entrevistados declarou usar alguma ferramenta organizacional ao ler. Já para a questão ‘Quando lê um capítulo novo de um livro-texto, que questão-chave você tenta responder?’, só 6% declararam que se esforçavam para ligar conceitos novos presentes no texto com seu conhecimento anterior. Esses percentuais evidenciam o predomínio de um modo de ler não estratégico. Tão inquietante quanto isso é a constatação de que muitos professores de ciências não estão familiarizados com atividades didáticas já conhecidas para o ensino de leitura.

### PARA OTIMIZAR A LEITURA DE TEXTOS DE CIÊNCIA

A adoção das estratégias de leitura de textos científicos apontadas abaixo pode contribuir significativamente para o ensino-aprendizagem de ciências. Além de favorecer a adequada compreensão do conteúdo da disciplina, estimula o desenvolvimento de aspectos fundamentais da alfabetização científica.

**Seqüência de atividades 1:** Passe os olhos pelo texto, usando títulos e subtítulos como guias de conteúdo; formule questões sobre o conteúdo do texto; leia, usando essas questões como guias; relacione as informações contidas no texto com o conhecimento prévio; responda às questões feitas, relacionando as respostas com os títulos e subtítulos; organize as informações do texto, relendo as passagens consideradas mais difíceis.

**Seqüência de atividades 2:** Crie um cronograma para estudo de um texto; identifique conteúdos difíceis e importantes; imagine uma nova interpretação para as idéias do texto e mapeie as mais importantes; identifique idéias relevantes e idéias confusas; pergunte-se como a informação do texto pode ser aplicada; analise erros nos textos e modifique procedimentos de estudo.

**Seqüência de atividades 3:** Resuma a idéia central de um parágrafo; faça uma pergunta que o resuma; tente entender passagens confusas; prenuncie que informação aparecerá no parágrafo seguinte.

[Adaptado de GLYNN, S.M. e MUTH, K.D. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 31, n. 9, 1994.]

Essa constatação foi feita pela equipe do pesquisador norte-americano James Shymansky, que analisou respostas de 522 professores de ciências a um questionário elaborado para avaliar a percepção que tinham em relação à leitura de textos científicos e ao uso de livros-texto de ciências. O resultado dessa investigação está no *Journal of Research in Science Teaching* (v. 28, n. 5, 1991). O estudo mostrou que a maioria dos entrevistados não reconhecia peculiaridades em textos científicos. Além disso, consideravam que o papel do docente nas atividades de leitura era unicamente propor boas questões aos estudantes, para que eles procurassem, analisassem e explicassem idéias presentes no texto. Tais informações sugerem que pouca importância tem sido dada ao tema leitura-escrita nos cursos preparatórios de professores de ciências, indicando que eles precisam aprender novas estratégias para ensinar ciências e leitura simultaneamente.

Assim, quem lida hoje com ensino-aprendizagem de ciências e se preocupa com a promoção da alfabetização científica tem diante de si mais um desafio: encarar a leitura e a escrita não só como um objetivo extraordinário e opcional – ligado ao ensino de línguas –, mas como meta fundamental do ensino de ciências. Considerando que somos neófitos nesse tema (e nos limitando apenas à questão da leitura), apresentamos algumas atividades que comprovadamente melhoram a compreensão de textos científicos (ver ‘Para otimizar a leitura de textos de ciência’). ■



HÁ 50 ANOS ERA CRIADO MÉTODO QUE PERMITIU ENTENDER A REPLICAÇÃO DA MOLÉCULA DE DNA

# Um passo essencial

A determinação da estrutura do DNA por James Watson e Francis Crick (1916-2004) em 1953 foi um feito singular, que abriu caminho para a realização de trabalhos marcantes na área de biologia molecular. Entre outros, destaca-se o desenvolvimento, em 1957, do método que permitiu que se compreendesse melhor o processo de replicação do DNA. A nova técnica, criada pelos geneticistas norte-americanos Matthew Meselson e Franklin Stahl, baseia-se na separação de macromoléculas em gradiente de densidade. Graças a esse trabalho, no ano seguinte eles demonstraram que a molécula da hereditariedade se replica mantendo uma de suas fitas e formando uma fita nova.

Figura 1. Estrutura da dupla hélice do DNA



Em 1953, Watson e Crick propuseram que o DNA, polímero formado por duas cadeias de nucleotídeos associadas, se estrutura em uma dupla hélice. Como mostra a figura 1, esse arranjo se mantém graças às ligações de hidrogênio entre as bases nitrogenadas dos nucleotídeos: a adenina (A) com a timina (T), e a guanina (G) com a citosina (C).

Tais características sugeriram um possível mecanismo de duplicação do DNA, processo essencial à divisão celular e, portanto, à vida; na década anterior o DNA havia sido considerado a molécula da hereditariedade pelo grupo do bioquímico canadense Oswald Avery (1887-1955).

Esse mecanismo envolve a quebra das ligações de hidrogênio e a conseqüente dissociação das duas cadeias de nucleotídeos (fitas), que serviriam de moldes para a formação de novas cadeias, complementares a elas. Em outras palavras, Watson e Crick propuseram que a replicação do DNA era semiconservativa: o DNA replicado seria formado pela fita original que serviu de molde e pela fita nova complementar. Tal proposição era similar à feita em 1940 pelo químico norte-americano Linus Pauling (1901-1994) e pelo biólogo alemão Max Delbrück (1906-1981), que trabalhavam juntos no Instituto de Tecnologia da Califórnia (Caltech) em Pasadena, Estados Unidos.

Até 1954, havia ainda dois outros modelos para explicar a replicação do DNA: o conservativo, segundo o qual o DNA replicado apresentaria duas fitas novas, e o dispersivo, segundo o qual o DNA replicado apresentaria segmentos da fita original e segmentos da fita nova. Os três modelos estão representados na figura 2. Naquele ano Delbrück defendeu o modelo semiconservativo e tentou explicar

IMAGEM EXTRAÍDA DE [HTTP://WWW.LAKEMICHIGANCOLLEGE.EDU/DEPT/ARTS-SCIENCES/BIO/BIO10312/5312\\_FRAME.HTML](http://WWW.LAKEMICHIGANCOLLEGE.EDU/DEPT/ARTS-SCIENCES/BIO/BIO10312/5312_FRAME.HTML)

Há 50 anos



como ocorria o processo ao longo das duas fitas que compunham o DNA original. Em seguida, alguns físicos interessados em biologia investigaram o problema de forma teórica; outros cientistas incorporaram isótopos radioativos ao DNA de bactérias e de seus vírus, na esperança de detectar radioatividade no DNA replicado. Mas essas tentativas não foram bem-sucedidas.

Em 1957, a equipe do biólogo norte-americano J. Herbert Taylor (1916-1998) incorporou trítio (um elemento radioativo) a sementes em germinação e observou que os cromossomos das células em divisão recebiam uma cromátide radioativa e outra não radioativa. Embora tenha sido a primeira demonstração experimental de que a replicação do DNA era semiconservativa, esses pesquisadores não conseguiram explicá-la em nível molecular. Nesse mesmo ano Meselson e Stahl apresentaram a metodologia de separação de macromoléculas em gradiente de densidade, que levou à elucidação do modo de replicação do DNA. No ano seguinte, esse método lhes permitiu demonstrar molecularmente que o DNA se replica de forma semiconservativa.

### Parceria frutífera

Nascido nos Estados Unidos em 1930, Meselson interessou-se pela química ainda muito jovem. Em 1950, após se graduar em filosofia na Universidade de Chicago, foi para o Caltech em Pasadena para trabalhar com Linus Pauling. Em 1953, Pauling convidou-o a permanecer ali para se pós-graduar. Também norte-americano, Stahl, nascido em 1929, graduou-se em ciências biológicas na Universidade de Harvard. Após o doutorado na Universidade de Rochester, foi para Pasadena trabalhar no grupo de Delbrück.

Em 1954, Meselson atuou como assistente de James Watson em um curso no Laboratório Biológico de Woods Hole, onde conheceu Stahl, que, por recomendação de um de seus orientadores, ali fazia outro curso. Durante a discussão de seus trabalhos surgiram idéias para a realização de projetos em conjunto. Esse foi o início de uma parceria que pouco depois, no Caltech, resolveria o problema da replicação do DNA.

Dois eventos estimularam Meselson a pensar na necessidade de conceber o método de separação, por meio de centrifugação, de

macromoléculas em gradiente de densidade. O primeiro foi uma palestra do bioquímico francês Jacques Monod (1910-1976) sobre enzimas que presenciou no Caltech. Como os resultados apresentados não o satisfizeram, pensou em usar um marcador de densidade (a massa de uma amostra de substância química dividida por seu volume).

O segundo evento está relacionado com a disciplina 'A natureza das ligações químicas', ministrada por Pauling no Caltech. Ao cursá-la, Meselson passou a refletir sobre a importância das ligações de hidrogênio para a vida e teve a idéia de cultivar organismos em água deuterada ( $D_2O$ ), mais densa que a água normal ( $H_2O$ ). Tendo lido descrições sobre algas cultivadas em  $D_2O$ , pensou em cultivar bactérias em  $H_2O$ , transferi-las para um meio contendo  $D_2O$  e posteriormente rompê-las para liberar proteínas mais velhas contendo hidrogênio (mais leves) e proteínas mais novas contendo deutério (mais pesadas). Essas duas espécies de proteína poderiam ser separadas por diferença de densidade via centrifugação em uma solução de sacarose, de densidade conhecida. Curiosamente, ele não realizou o experimento.

### O método

Meselson e Stahl escolheram o DNA do bacteriófago T4, vírus de bactérias muito estudado no Caltech, para tentar demonstrar que a replicação do DNA era semiconservativa. Na ocasião, pensaram em usar deutério para marcar o DNA, mas acabaram empregando um derivado da base nitrogenada uracila (U), a 5-bromouracila (5-BrU), uma vez que havia sido descrito que ela podia substituir a timina nesse tipo de DNA. Além disso, a presença de bromo poderia criar maior diferença de densidade entre o DNA original e o replicado (este último conteria 5-BrU). Como as primeiras experiências não foram bem-sucedidas, Meselson e Stahl passaram a empregar uma

ESQUEMA PREPARADO PELOS AUTORES

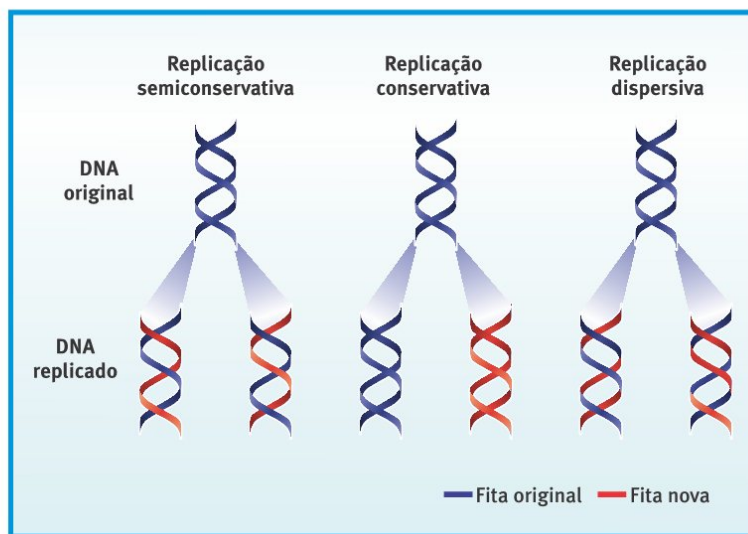


Figura 2. Modelos de replicação do DNA



centrífuga que permitia fotografar os tubos durante a centrifugação.

Encontrar um meio com a densidade apropriada também foi difícil. Eles testaram várias soluções, e a de cloreto de cério (CsCl) ofereceu os melhores resultados. Por outro lado, as fotos dos tubos obtidas durante a centrifugação mostraram que o processo criava nas soluções um gradiente de densidade que permitia a sedimentação do DNA na forma de bandas (ver 'Centrifugação em gradiente de densidade').

Boa parte dos resultados alcançados até então foi publicada em 1957 com o título 'Sedimentação de equilíbrio de macromoléculas em gradientes de densidade'. A centrifugação em gradiente de densidade surgiu então como novo método para estudo da massa molecular e do volume específico parcial de macromoléculas e vírus.

Posteriormente, Meselson e Stahl substituíram o DNA de bacteriófago pelo da bactéria *Escherichia coli*, e a 5-BrU por um isótopo pesado ( $^{15}\text{N}$ ) do nitrogênio (N) natural das biomoléculas ( $^{14}\text{N}$ ). Em outras palavras, eles colocaram *E. coli* em um meio cuja única fonte de nitrogênio era o cloreto de amônio ( $^{15}\text{NH}_4\text{Cl}$ ), contendo  $^{15}\text{N}$ . O  $^{15}\text{N}$  foi, portanto, se incorporando às bases nitrogenadas (A, T, C, G) das moléculas de DNA das bactérias à medida que novas gerações eram produzidas.

As bactérias com todo o DNA marcado com  $^{15}\text{N}$  – denominadas de 'geração 0' – foram colocadas em um meio rico em cloreto de amônio não marcado ( $^{14}\text{NH}_4\text{Cl}$ ) como única fonte de nitrogênio disponível. Estas foram chamadas de '1ª geração' e suas descendentes, '2ª geração'. Representantes das gerações subsequentes tiveram suas membranas rompidas, e

## CENTRIFUGAÇÃO EM GRADIENTE DE DENSIDADE

Esse método baseia-se na separação de macromoléculas por sedimentação em uma solução que contenha uma variação gradual (gradiente) de densidade pré-formada ou gerada durante a centrifugação. Há dois tipos de centrifugação em gradiente de densidade (figura 3). A 'centrifugação de equilíbrio' é a que foi concebida por Meselson e Stahl. A amostra com os componentes a serem separados é dissolvida em uma solução de concentração e densidade conhecidas, e a mistura resultante é ultracentrifugada. As macromoléculas se movimentam na solução de acordo com suas densidades, até parar em regiões nas quais suas densidades estão em equilíbrio com a do ambiente em suas proximidades. Esse ponto é chamado de isodenso ou isopínico.

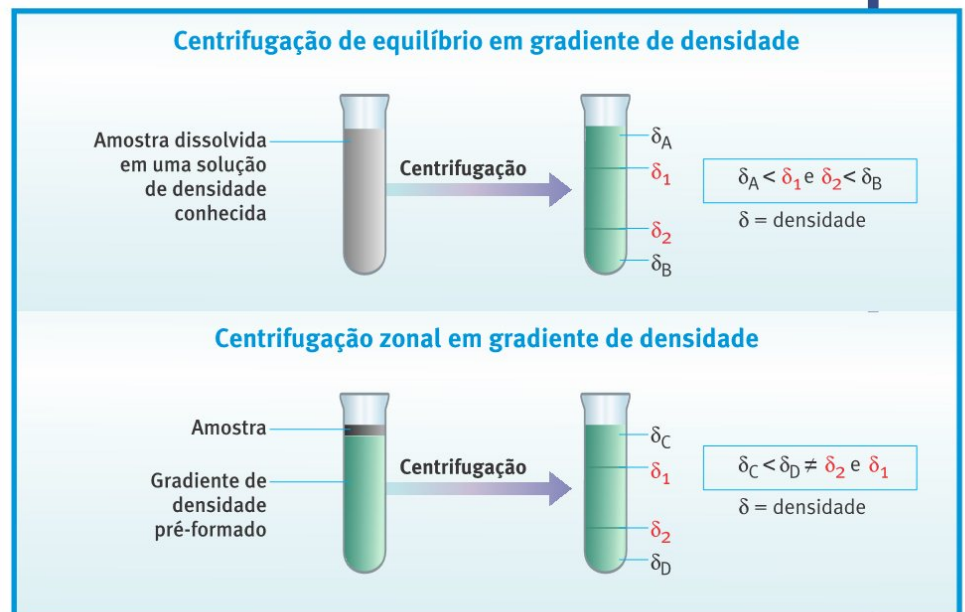
Freqüentemente se emprega uma solução de cloreto de cério (CsCl), sulfato de cério, trifluoroacetato de cério ou de alguns sais de rubídio em água. Compacto, o íon cério ( $\text{Cs}^+$ ), por exemplo, sedimenta lentamente em altos campos

gravitacionais, distribuindo-se em concentrações gradativamente maiores do topo para o fundo do recipiente com a solução de CsCl. Os gradientes obtidos permitem separar moléculas cujas densidades diferem em até 0,02 g/ml.

Na 'centrifugação zonal', a amostra é aplicada em uma solução contendo um gradiente de densidade pré-formado. A separação dos componentes não se dá em função de suas densidades. Durante

a centrifugação, as moléculas se movem através do gradiente com diferentes velocidades, que dependem das massas moleculares. As migrações são influenciadas por seu tamanho e forma, pela força centrífuga aplicada e pela densidade e viscosidade do meio. A sacarose é comumente usada na preparação da solução que contém o gradiente, podendo-se usar também glicerol, ficol ou percol.

Figura 3. Esquema dos dois tipos de centrifugação em gradiente de densidade. O método se baseia na separação de macromoléculas por sedimentação





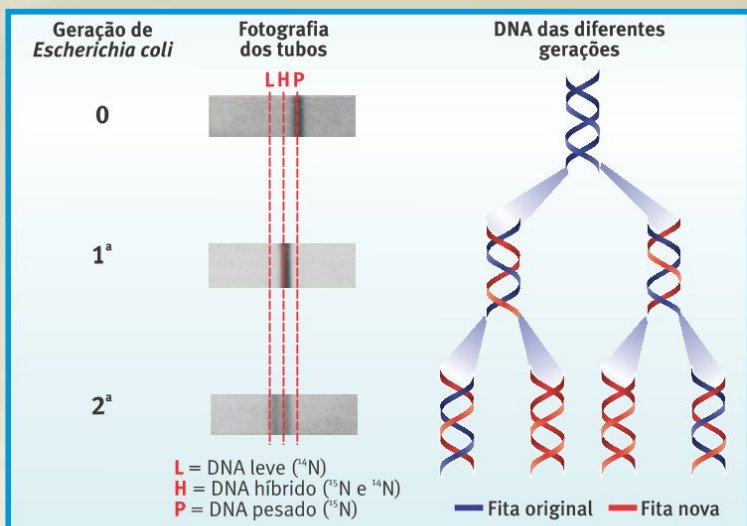


Figura 4. O experimento de Meselson e Stahl

fitas contendo  $^{15}\text{N}$ , o da 1ª geração era híbrido – formado por uma fita contendo  $^{15}\text{N}$  (fita original) e outra  $^{14}\text{N}$  (fita nova) – e o da 2ª geração continha DNA híbrido e DNA formado por duas fitas só com  $^{14}\text{N}$  (figura 4).

Esse foi o primeiro experimento a demonstrar, em escala molecular, que a replicação do DNA é semiconservativa, como Watson e Crick haviam proposto. O trabalho, que possibilitou a aceitação geral do modelo estrutural do DNA em dupla hélice,

foi publicado em 1958 com o título 'A replicação do DNA em *Escherichia coli*'.

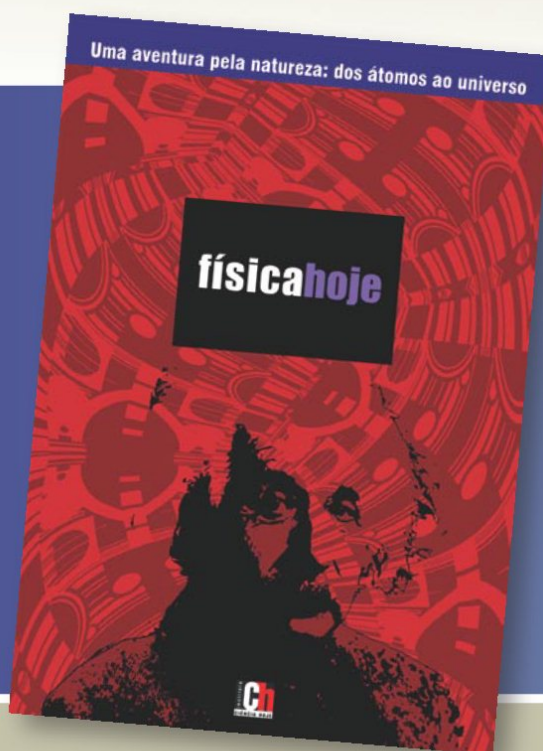
foi publicado em 1958 com o título 'A replicação do DNA em *Escherichia coli*'.

**M. Terêsa M. Miranda e César Remuzgo**

Departamento de Bioquímica,  
Instituto de Química, Universidade de São Paulo

**USINAS NUCLEARES,  
IMAGENS DE TOMOGRAFIA,  
CIRURGIAS A LASER,  
TELAS DE CRISTAL LÍQUIDO...**

**SAIBA NESTE LIVRO COMO  
A FÍSICA MUDOU A SUA VIDA**



**PEÇA JÁ SEU EXEMPLAR**

LIGUE **0800 727 8999** OU VISITE **www.cienciahoje.org.br**



# As cidades e suas perdas

## Crônica de duas cidades: Belém e Manaus

**Benedito Nunes e Milton Hatoum**

Belém, Secult, 70 p., R\$ 40



“Cada escritor elege seu paraíso, sabendo que se trata de um paraíso perdido.” A frase do escritor Milton Hatoum sintetiza muito do que há neste belo livro, cuja autoria divide com o filósofo Benedito Nunes. Com efeito, dois dos principais intelectuais brasileiros contemporâneos reúnem-se para dar seu testemunho a respeito da história – que viveram e sobre a qual muito leram e ouviram falar – de suas duas cidades de nascimento: Manaus e Belém, respectivamente.

Benedito Nunes é um dos principais filósofos brasileiros, com vasta obra – cuja ênfase central pode ser localizada nas conexões entre filosofia e arte – além de professor emérito da Universidade Federal do Pará. Milton Hatoum é uma das figuras mais importantes e criativas da literatura contemporânea brasileira – autor dos romances *Um certo Oriente*, *Dois irmãos* e *Cinzas do Norte* – e

foi professor de literatura na Universidade Federal do Amazonas e na Universidade de Berkeley (Estados Unidos).

Mais do que mero registro de perdas e de memórias pessoais, os dois ensaios históricos sobre as duas cidades revelam com clareza os percursos de implantação das duas metrópoles no cenário amazônico. Um processo de mais de três séculos, marcado por experiências de acréscimos e de perdas. Em outros termos, o leitor desses ensaios encontrará neles tanto os sinais de construção de futuros quanto os fatores de destruição do passado. As cidades reveladas por Benedito Nunes e Milton Hatoum não são experimentos cumulativos marcados por um processo de evolução por acréscimos. Há que falar, portanto, das dizimações: humanas, ambientais, culturais, arquitetônicas. Todas elas incrustadas nas histórias de Belém e Manaus. Dizimações que já no século 17, segundo registro feito

pelo padre Antônio Vieira, incluíram o extermínio de cerca de 2 milhões de indígenas.

O livro que Nunes e Hatoum dividem é singular. Trata-se, por certo, de uma obra de desvio de suas preocupações intelectuais tradicionais. No entanto, os relatos que desenvolvem sobre as suas respectivas cidades nada ficam a dever aos melhores hábitos da observação histórica. Os registros da memória dão passagem à consideração de múltiplos aspectos: economia, demografia, urbanização, cultura, vida política e intelectual. O resultado é um excelente painel de apresentação das histórias das duas cidades, acompanhado de rica e cuidadosa iconografia.

Benedito Nunes, no primeiro dos ensaios, diz escrever movido pela necessidade de pagar “velha dívida” com Belém e com a geração “daqueles que puderam vivê-la entre 1940 e 1960 (...), quando ainda era uma cidade amável”. Em sua narrativa, parte do evento de fundação do forte do Presépio – o núcleo inicial de Belém –, em 1616, e acompanha as transformações que acabaram por produzir a metrópole com mais de 1,3 milhão de habitantes, no início do presente século. No trajeto, Benedito Nunes descreve com minúcias o





processo de modernização da cidade, os efeitos do chamado 'ciclo da borracha', sua internacionalização e seus dilemas. O maior de todos, a precipitação em um modelo de modernidade que acaba por tornar a cidade esquecida de sua "identidade histórica e cultural".

O ensaio de Milton Hatoum parte, da mesma forma, das origens de Manaus – com a fundação do forte São José do Rio Negro, em 1669 – e concentra-se no processo de mudança sofrido pela cidade a partir do ciclo da borracha. O texto apresenta uma caracterização vívida da vida de Manaus nas últimas décadas do século 19 e nas primeiras do século seguinte. Tal como no ensaio anterior, são apresentadas as transformações sociais, assim como as alterações no plano urbano, cultural e intelectual. A perspectiva de Milton Hatoum é clara: trata-se de uma modernização "efêmera e para poucos".

Ambos os ensaios são marcados por uma perspectiva de perda e de estranhamento. Ainda que o passado neles seja apresentado de forma crítica, não há qualquer sinal de crença nas virtudes supostamente regeneradoras da modernidade. As cidades cresceram e mudaram, assim como acabaram por agravar dramas sociais. A evocação do passado sabe, portanto, à observação de uma ruína, ao mesmo tempo incapaz de revelar a plenitude de seu próprio tempo e de indicar ao futuro qualquer mapa ou orientação. Nesse sentido, a formulação de Milton Hatoum resume a questão: "a cidade de ontem é hoje quase irreconhecível".

**Renato Lessa**

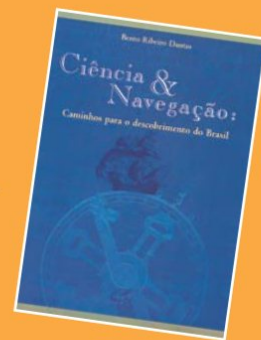
*Instituto Universitário de Pesquisas do Rio de Janeiro, Universidade Candido Mendes, e Departamento de Ciência Política, Universidade Federal Fluminense*

**Ciência & navegação – Caminhos para o descobrimento do Brasil**

**Bento Ribeiro Dantas**

*Rio de Janeiro, Andrea Jakobsson estúdio editorial, 116 p., R\$ 29,80*

Redescobrir os caminhos que trouxeram Pedro Álvares Cabral ao Brasil é o objetivo deste livro. Para o autor, construtor naval e velejador, é preciso entender o período em que se deu o advento das grandes navegações portuguesas, cerca de 90 anos antes de 1500, como também a história que não foi contada nos livros didáticos. Ele mostra o pioneirismo de Portugal, cujos empreendimentos marítimos demandaram inteligência e avanço tecnológico, refletidos na construção das embarcações, na precisão das informações geográficas, na cartografia, na observação astronômica e nos instrumentos náuticos. Com base em pesquisa histórica, Ribeiro Dantas cita os antecedentes do "achamento" do Brasil, como a visita, antes de Cabral, de expedição capitaneada por um nobre que acabou se desentendendo com dom Manoel, então rei de Portugal.

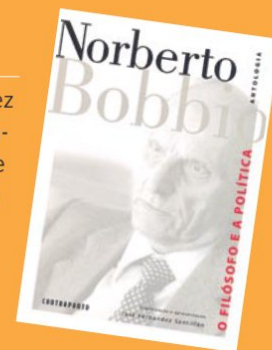


**O filósofo e a política**

**Norberto Bobbio**

*Rio de Janeiro, Contraponto, 532 p., R\$ 60*

Nesta antologia, organizada e apresentada por José Fernández Santillán, discípulo de Norberto Bobbio (1909-2004), reúnem-se ensaios deste importante pensador do século 20 que se encontravam dispersos em revistas. Com uma obra de cerca de 200 livros, em que se destacam *A teoria da ciência jurídica* (1950) e *O positivismo jurídico* (1961), Bobbio mantém um diálogo permanente com clássicos como Hobbes, Kant, Hegel, Marx, Weber e Kelsen. Neste volume, ele aborda temas que sempre lhe foram caros – como as relações entre ética e política e política e cultura, a função dos intelectuais, a dicotomia entre sociedade civil e Estado, a formação do Estado moderno e os processos de mudança política. Assim, o volume serve como uma ótima apresentação à produção intelectual desse incansável ativista da democracia e dos direitos humanos.

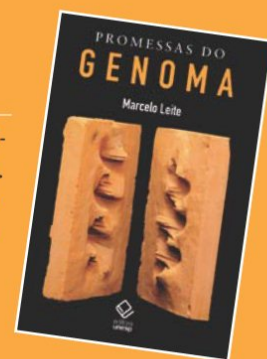


**Promessas do genoma**

**Marcelo Leite**

*São Paulo, editora Unesp, 244 p., R\$ 30*

Poucos assuntos renderam mais projeção nos meios de comunicação, nos últimos anos, do que o Projeto Genoma Humano (PGH). Desde que foi anunciado o primeiro rascunho da seqüência do genoma, em 2000, até a finalização do seqüenciamento, ocorrida em 2003, o tema ganhou enorme repercussão social. Entender por que as tecnologias da vida causaram tanta comoção foi um dos pontos de partida do autor, colunista da *Folha de S. Paulo*, em sua tese de doutorado em Ciências Sociais defendida na Unicamp, da qual se originou este livro. À pergunta sobre a relevância real do genoma, ele afirma que, a despeito das enormes perspectivas que apresenta, a ênfase dada ao tema extrapola a pesquisa biológica: "Tamanha repercussão social se explica mais cabalmente pela mobilização retórica e política, nas interfaces com a esfera pública leiga, de um determinismo genético crescentemente inconciliável com os resultados empíricos obtidos no curso da própria pesquisa genômica."





**ECOLOGIA** Planta com múltiplas aplicações em sua área de origem é séria ameaça a regiões invadidas

# Uma estranha na paisagem

Muita gente pensa que a espécie conhecida cientificamente como *Calotropis procera*, de flores vistosas e folhas permanentemente verdes, é nativa do Brasil. Oriunda da África e Ásia, tornou-se comum entre nós, em áreas de solo exaurido por atividades agropecuárias, à beira de estradas e em terrenos baldios. Além disso, a espécie – poeticamente denominada flor-de-seda e traiçoeiramente rica em substâncias tóxicas – marca cada vez mais a fisionomia de nossa caatinga, onde mantém um relacionamento curioso com insetos herbívoros. Por **Newton Ulhôa** e **Geraldo Wilson Fernandes**, do Departamento de Biologia Geral da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), e **Jarcilene Almeida-Cortez**, do Departamento de Botânica da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

**P**opularmente conhecida no Brasil como flor-de-seda, algodão-de-seda, leiteira ou mercúrio, a espécie *Calotropis procera* é muito apreciada como planta ornamental. Originária da África tropical, da Índia e do Oriente Médio, hoje se distribui amplamente pelos domínios do cerrado e da caatinga brasileira. No início do século 20, foi introduzida como planta ornamental em Recife, de onde se disseminou para o ambiente natural. Há indícios de que suas sementes, dotadas de filamentos sedosos, tenham chegado ao Brasil com escravos africanos como enchimento de colchões e travesseiros (ver 'Mil e uma utilidades').

A flor-de-seda pertence à família das apocináceas, que inclui espécies produtoras de látex, em sua maioria tóxicas, entre elas a erva-de-rato (*Asclepias curassavica*), presente em várias regiões do Brasil. Tóxica para o gado e para o homem, *C. procera* invadiu grandes áreas baixas de pastagens. Esse arbusto de tronco rugoso e casca grossa tem em média de 2 m a 3 m de altura e se assemelha às árvores típicas do cerrado e da caatinga.

Diante de seu elevado potencial invasor, a espécie é um sério problema em todo o mundo, podendo prejudicar atividades agropecuárias e o manejo de ecossistemas naturais. A invasão se dá quase sempre em

## MIL E UMA UTILIDADES

Estudos etnobotânicos mostram uma antiga relação entre *Calotropis procera* e culturas da África e Ásia. Na Etiópia, os Zay usam ramos da planta como supositório para tratar hemorróidas; em Qassim, Arábia Saudita, curandeiros utilizam camadas de folhas para curar feridas de vacas e o látex para tratar camelos atacados por escorpiões ou cobras venenosas. O látex é usado também para coalhar leite na fabricação de queijo na Nigéria. No Paquistão, veterinários práticos produzem um ver-

mífugo para ovelhas a partir de uma mistura de suas flores. Na medicina tradicional indiana, a planta é usada para combater doenças como úlcera e hanseníase.

Na Índia, estudo feito em 2000, com base no uso popular de *C. procera* para combater dores de cabeça, mostrou que princípios ativos da espécie podem ter eficácia equivalente à da aspirina. Graças à potente ação antioxidante e antiinflamatória do látex, já se cogitou o seu uso no combate ao câncer. Esse potencial medicinal suscitou o interesse de diferentes pesquisadores sobre a espécie, propician-

do descobertas que vão além da medicina, como o uso do látex em processos de purificação enzimática.

Mas o teor cáustico do látex pode desencadear processos inflamatórios em mucosas; em contato com os olhos, pode lesar a córnea. Em algumas regiões ao sul da Índia, o látex é usado também como abortivo. Seu emprego na medicina popular ou terapêutica é responsável pelo grande valor que diversos povos atribuem a *C. procera*. Porém, ao invadir certas áreas, muitas vezes a espécie se torna inoportuna.





FOTOS CEDIDA PELOS AUTORES

áreas muito alteradas pelo homem, como pastagens degradadas, terrenos baldios e bordas de estradas. Trata-se, portanto, de uma espécie oportunista, que se espalha por áreas em que o solo contém poucos nutrientes, como terras muito usadas para pastoreio e atividades agrícolas. Além de tolerar esse tipo de solo, *C. procera* cresce em terreno arenoso, ácido ou com elevado teor de alumínio. Por isso, é considerada boa indicadora de solo exaurido.

Ao invadir pastos degradados, reproduz-se rapidamente, dificultando o manejo e expondo o gado ao contato com uma planta potencialmente tóxica. Em áreas de estação seca pronunciada, como a caatinga, o gado, com fome, pode ser atraído pelas folhas da flor-de-seda, que se mantêm verdes nessa época. Há relatos de intoxicação de animais e até de morte de bezerros. À beira da estrada, a planta cresce com facilidade, chegando a encobrir placas de sinalização (ver 'Ameaça estrangeira').

### Interação inseto-planta

Os vegetais possuem em seus órgãos aéreos, principalmente nas folhas, uma camada gordurosa conhecida como cera epicuticular, cuja principal função é reduzir a perda de água durante a transpiração. Por ser capaz de refletir a luz solar, essa substância tem importante papel nas interações inseto-planta, podendo seus constituintes químicos atrair insetos herbívoros para as espécies que os contêm.

Em todo o mundo, espécies de invertebrados se associam a plantas da família das apocináceas. A borboleta-monarca (*Danaus plexippus*), em especial, tem uma relação curiosa com *C. procera*. Presente em toda a América, essa borboleta se alimenta de folhas da planta durante a fase larval. Na década de 1960, a equipe do zoólogo norte-americano Lincoln P. Brower investigou o contato entre pássaros, borboletas e plantas venenosas, abrindo caminho para estudos sobre a relação da borboleta-monarca com plantas produtoras de látex. Essa substância viscosa possui diversos componentes (água, açúcares, gomas, alcalóides, óleos essenciais etc.) e funciona geralmente como proteção física e química contra o ataque de insetos, fungos e microrganismos.

Descobriu-se então que os cardenólídeos (produto extremamente tóxico para animais e seres humanos presente no látex de várias famílias de plantas) tornam a borboleta adulta venenosa e com sabor ruim, afugentando até os mais corajosos predadores. Como as borboletas adultas não se alimentam das folhas de *C. procera*, concluiu-se que as larvas eram capazes de absorver esses componentes tóxicos, que se incorporam aos tecidos dos adultos.

Mas essa relação não é perfeita, pois o látex é tóxico também para as larvas. A taxa de sobrevivência larval é tanto menor quanto maiores os níveis de cardenólídeos (apenas 10% chegam à fase adulta). Então, o custo da proteção contra predadores na fase adulta é o de uma elevada mortalidade larval. Para contornar o problema, as larvas desenvolveram o hábito de comer a folha em círculos, para fugir parcialmente do látex que flui das áreas mascadas.

A flor-de-seda, ou algodão-de-seda (*Calotropis procera*) (A), tem caule (B) semelhante ao tronco de árvores do cerrado e da caatinga e suas sementes são dotadas de fibras sedosas (C)

### MATO BRANCO

A caatinga – palavra de origem tupi (*ka'a* = mato, vegetação + *tinga* = branco) – é o bioma característico do Nordeste brasileiro. O termo se refere ao aspecto típico da vegetação da região, de clima semi-árido, notadamente na estiagem, quando a maioria das árvores perde as folhas, e a paisagem é dominada por troncos secos e esbranquiçados. Está presente no Piauí (ao sul e a leste), no Ceará, no Rio Grande do Norte, na Paraíba, em Pernambuco, em Sergipe,

em Alagoas, na Bahia e no nordeste de Minas Gerais, ocupando uma área de 788 mil km<sup>2</sup> (9,35% do território nacional).

A caatinga é possivelmente o mais negligenciado dos biomas brasileiros e um dos mais degradados por centenas de anos de uso inadequado de seus solos e recursos naturais. Isso é consequência da visão equivocada de que a caatinga resulta da modificação de outro bioma e da divulgação de que é um ambiente pobre, árido, seco e supostamente desprovido de biodiversidade.



As flores da flor-de-seda e suas folhas sempre verdes atraem insetos como a borboleta monarca e sua larva

### Flor-de-seda na caatinga

No Brasil, há poucos dados sobre a interação de herbívoros com *C. procera*. Mas observações feitas em uma ampla área de distribuição da espécie no cerrado, na caatinga e na mata atlântica indicam que, embora invasora, ela parece não ocupar ambientes bem preservados, e as áreas onde se fixou apresentam diversificada fauna de insetos herbívoros. Como é uma das únicas plantas cujas folhas não caem ou secam no período de estiagem, tornou-se um recurso alimentar adicional para muitos insetos. Isso significa que é possível haver interações complexas, como no caso das monarcas, entre a flor-de-seda e invertebrados nativos daquelas regiões.

O problema tem sido investigado em nosso país graças a uma parceria firmada recentemente entre a UFMG e a UFPE. Estudamos a invasão biológica tomando como modelo a flor-de-seda e suas interações com o ambiente. Diante da presença marcante de *C. procera* na caatinga, esse tem sido o ecossistema modelo em nossas pesquisas (ver 'Mato branco'). Mas o projeto prevê também estudos em outras regiões do Brasil nas quais a planta ocorre.

A flor-de-seda está presente hoje em grande parte da América tropical, e seu uso já faz parte de diferentes culturas, como em Pernambuco, onde muitos a consideram nativa da região. Em Petrolina (PE) e Fortaleza distribui-se por terrenos baldios urbanos



e ao longo de estradas de rodagem e férreas, além de fazer parte da caatinga. Sua erradicação é dificultada sobretudo porque as raízes penetram fundo no solo (até 3 m), fazendo com que a rebrota se dê rapidamente. Sua dispersão crescente põe em risco ecossistemas como a caatinga e o cerrado, podendo provocar mudanças no intrincado relacionamento entre espécies.

FOTOS: GENIUA PELOS AUTORES

### AMEAÇA ESTRANGEIRA

As invasões biológicas ocorrem quando um organismo chega a um lugar distante de sua distribuição natural e passa a competir por recursos com as espécies nativas, apresentando um rápido crescimento populacional. Atualmente, a maioria das invasões é deliberada ou acidentalmente causada pelo homem.

Às vezes essas invasões são provocadas pela introdução intencional de uma espécie, como foi o caso, no Brasil, da tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*), oriunda da África. A espécie foi trazida para o país como alternativa barata e rentável na produção de alimentos, pois a tecnologia para criá-la já estava bem estabelecida mundialmente. Mas a introdução da espécie em lagoas

naturais pode causar eutrofização (quando um corpo de água adquire níveis altos de nutrientes, provocando o posterior acúmulo de matéria orgânica em decomposição) e desestruturar a cadeia alimentar local.

A invasão biológica é hoje uma séria ameaça à integridade da biodiversidade do planeta, gerando perdas econômicas diretas e indiretas. No Brasil, a introdução de *C. procera* é mais um caso de invasão por influência do homem, com conseqüências negativas para os ecossistemas naturais e para a economia nacional. Além da flor-de-seda, outras invasoras se deram bem no Brasil, como *Leucaena leucocephala* (leucena), *Prosopis juliflora* (algaroba) e as gramíneas *Melinis minutiflora* (capim-gordura) e *Brachiaria sp.* (braquiária).

### Espinhaço em perigo

A porção norte da cordilheira do Espinhaço – que se estende ao longo do planalto Atlântico na Bahia e em Minas Gerais – já está sendo invadida por *C. procera*, dificultando a conservação da mais nova reserva da biosfera no Brasil, criada pela Unesco em junho de 2005 por conter recursos naturais abundantes e grande diversidade de animais e plantas. O governo brasileiro deve estar atento a essa invasão, já que a área é hábitat de milhares de espécies endêmicas e possui solo, clima e vegetação propícios ao rápido estabelecimento da espécie. A forte interação entre o homem e *C. procera*, por causa de seu uso medicinal e ornamental, pode intensificar seu poder invasor.

A flor-de-seda é uma espécie difícil de ser contida. Além de suas raízes serem desenvolvidas e profundas, as sementes se dispersam por extensas áreas pela ação do vento, sustentadas por longos filamentos. No entanto, estudos recentes apontam alguns fungos capazes de deter sua propagação, ampliando o debate sobre controle biológico e incentivando pesquisas voltadas para a contenção da espécie. ■



GENÉTICA Estudo investiga como os genes regulam ciclos de atividade de mosquitos que transmitem doenças

# Insetos com relógio interno

Os seres vivos sujeitos a ciclos de dia e noite exibem variações rítmicas, no metabolismo e no comportamento, reguladas por um 'relógio' interno do qual participam vários genes e seus produtos. Saber como funciona esse relógio, em insetos vetores, talvez possa levar a descobertas que permitam impedir ou reduzir a transmissão de doenças. Por **Patricia Hessab Alvarenga, Antonio C. A. Meireles-Filho, Carla Gentile e Alexandre Afranio**

**Peixoto**, do *Laboratório de Biologia Molecular de Insetos do Instituto Oswaldo Cruz (R)*.

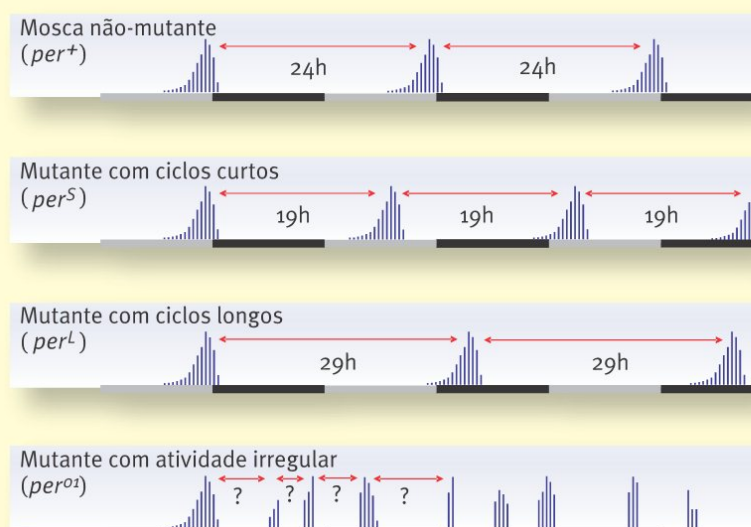
Os seres vivos estão sujeitos a diversas oscilações cíclicas do ambiente: estações do ano, ciclos de maré, fases da lua e outras. A mais evidente é a de dia e noite, que resulta da rotação da Terra em torno de seu próprio eixo e submete os organismos a ciclos diários previsíveis de fatores como luz, temperatura ou mesmo disponibilidade de alimento. Em função disso, diversos eventos biológicos relacionados ao metabolismo e ao comportamento, entre outros, exibem variações rítmicas. Muitas dessas variações são mantidas por relógios internos, controlados por genes capazes de manter os ritmos mesmo quando o organismo é privado de tais indicações ambientais. Essas oscilações com período em torno de 24 horas são chamadas de ritmos circadianos, termo criado a partir das palavras latinas *circa* (cerca de) e *diem* (dia).

O primeiro relato conhecido que atribui as variações rítmicas de uma espécie a um controle interno, que independe das mudanças do meio ambiente, data de 1729. Nessa época, o astrônomo francês Jean Jacques de Mairan (1678-1771) decidiu verificar se a

capacidade mostrada por determinada planta de abrir as folhas de dia e fechá-las à noite seria de fato apenas uma resposta à variação da luminosidade, o que era amplamente aceito pelos cientistas da época. Ele colocou essa planta em uma caixa fechada, de modo que não recebesse nenhuma luz externa, e observou o comportamento das folhas. Para sua surpresa, a planta, mesmo sem receber luz, abriu as folhas no período diurno e as fechou à noite. De Mairan concluiu que a planta devia ter um mecanismo interno, independente de fatores ambientais, para medir a passagem do tempo. A partir daí, trabalhos com outros organismos confirmaram o caráter interno do relógio circadiano e mostraram que ele existe em quase todos os organismos e é geneticamente determinado.

Os relógios circadianos são sistemas biológicos de temporização auto-sustentáveis e continuamente osci- ▶

Figura 1. As diferenças nos ritmos de atividade locomotora dos mutantes de mosca-das-frutas para o gene *period* podem ser ilustradas por um esquema simplificado. Moscas antes mantidas em regime de 12 horas de claro e 12 horas de escuro foram colocadas em escuridão e temperatura constantes por três dias e seus ritmos de atividade locomotora registrados (barras verticais). O estudo mostrou diferentes períodos cíclicos: 24 horas em moscas não-mutantes (*per<sup>+</sup>*), 19 horas em um grupo mutante (*per<sup>S</sup>*), 29 horas em outro (*per<sup>L</sup>*) e atividade aleatória em um terceiro (*per<sup>01</sup>*). As moscas permaneceram em escuro constante, e as barras horizontais em cinza e preto mostram como seriam os ciclos de claro e escuro se as luzes continuassem a acender e a apagar a cada 12 horas





lantes, que têm três propriedades-chave: persistência em livre curso, sincronização com os ciclos ambientais e compensação térmica.

Ter persistência em livre curso significa que o ritmo permanece constante mesmo na ausência de pistas ambientais, como no experimento de De Mairan. Cabe ressaltar que, nessas condições, os ritmos circadianos têm duração determinada por relógios biológicos. O período interno é característico de cada espécie e não tem exatamente 24 horas – por isso é denominado circadiano ('cerca de um dia'), como já mencionado.

A sincronização com os ciclos ambientais é o ajustamento, provocado por um ou mais fatores ambientais cíclicos, como a luz (na verdade, os ciclos de claro e escuro), da fase (etapa) do ritmo gerado pelo relógio biológico. Dessa forma, o relógio interno, de cerca de 24 horas, é acertado diariamente pelo dia solar (que tem exatamente 24 horas).

Já a compensação térmica pode ser definida como a capacidade de o relógio manter o mesmo período em diferentes temperaturas. Essa característica é muito importante para a adaptação do organismo ao ambiente, pois sem ela o relógio poderia, por exemplo, adiantar em dias quentes e atrasar em dias frios, já que reações químicas podem ser aceleradas ou reduzidas dessa forma.

### A genética dos ritmos circadianos

O organismo mais usado para pesquisas sobre os genes e processos moleculares envolvidos nos relógios circadianos tem sido a mosca-das-frutas (*Drosophila melanogaster*). Tais estudos foram iniciados no laboratório de Seymour Benzer, biofísico e geneticista do Instituto de Tecnologia da Califórnia (Caltech), nos Estados Unidos, anteriormente conhecido por trabalhos com genética de vírus que só infectam

bactérias. Benzer propôs, no final da década de 1960, que genes específicos controlariam diferentes aspectos do comportamento e que, por meio de mutações nesses genes, seria possível estudar o sistema nervoso e a regulação do comportamento animal.

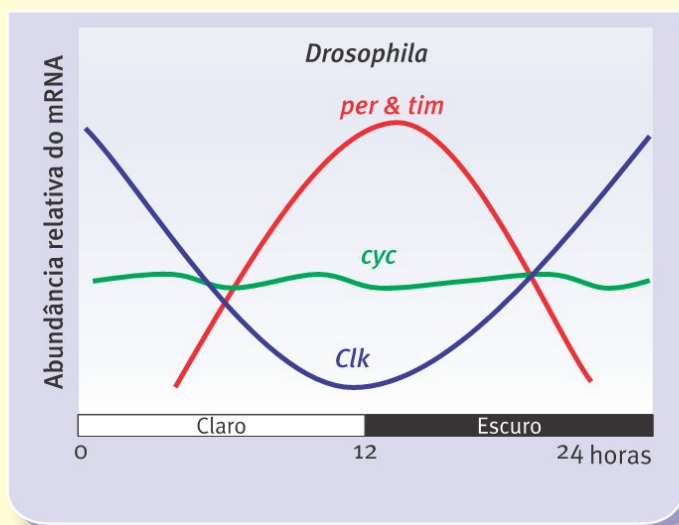
Um exemplo de evento rítmico na mosca-das-frutas é a emergência de adultos a partir das pupas, que em geral ocorre bem cedo pela manhã. Em escuro constante, ocorrem picos de emergência aproximadamente no mesmo horário em intervalos de cerca de 24 horas. O controle circadiano desses ritmos já havia sido estudado em detalhe por um dos maiores nomes da cronobiologia, o inglês (naturalizado norte-americano) Colin Pittendrigh (1919-1996), que usou outra espécie de *Drosophila*.

Um dos alunos de doutorado de Benzer no Caltech, Ronald Konopka, que conhecia o trabalho de Pittendrigh, provocou mutações no cromossomo X das moscas e depois separou as moscas adultas que emergiam das pupas (sob escuridão e temperatura constantes) em horários diferentes do observado em moscas não-mutantes. Assim, ele isolou três linhagens com mutações que alteravam o ritmo circadiano de emergência dos adultos: uma com ciclos de 19 horas, uma com ciclos de 29 horas e uma arritmica (sem ciclos de emergência). Com técnicas de genética clássica, Konopka e Benzer demonstraram que as três mutações ocorriam no mesmo gene, batizado de *period*. Eles testaram o padrão de atividade locomotora das três linhagens mutantes em escuro constante, e a duração dos ciclos repetiu a do padrão de emergência. Tais mutações ficaram conhecidas como *per<sup>S</sup>* (de *short*, ou seja, curto – 19 horas), *per<sup>L</sup>* (longo, ou longo – 29 horas) e *per<sup>01</sup>* (arritmico) (figura 1).

Konopka e Benzer publicaram seus resultados em 1971 e esses mutantes ficaram esquecidos por algum tempo. Na década de 1980, porém, dois grupos de geneticistas nos Estados Unidos, nos laboratórios de Jeffrey Hall e Michael Rosbash (respectivamente da Universidade Brandeis e do Instituto Médico Howard Hughes, em Brandeis) e de Michael Young (da Universidade Rockefeller), clonaram o gene *period* da mosca-das-frutas e localizaram, em sua seqüência, as três mutações das linhagens isoladas por Konopka e Benzer. Foi o primeiro gene de comportamento clonado em qualquer ser vivo. Desde então o estudo dos ritmos circadianos ganhou novo fôlego e hoje já foram descritos outros genes que participam do processo.

O relógio biológico tem alto grau de complexidade e o modelo atual para explicar o mecanismo de controle molecular do relógio circadiano de *Drosophila* envolve diversos genes, sendo os principais os denominados *period* (*per*), *timeless* (*tim*), *Clock* (*Clk*) e *cycle* (*cyc*). As proteínas codificadas por esses genes interagem entre si e com outras proteínas, regulando as transcrições dos próprios genes em um mecanismo

Figura 2. Expressão dos principais genes (*period*, *timeless*, *cycle* e *Clock*) integrantes do mecanismo molecular do relógio circadiano de *Drosophila melanogaster* em regime de 12 horas de claro e 12 horas de escuro. A expressão é medida pela abundância relativa do RNA mensageiro (mRNA) gerado a partir desses genes





de auto-regulação negativa. Esse mecanismo é responsável por variações cíclicas na expressão de cada gene envolvido. Uma evidência disso pode ser obtida pela medição dos níveis dos RNA mensageiros gerados a partir desses genes, que mostram flutuações cíclicas bem definidas ao longo de 24 horas. Assim, os genes *per* e *tim* têm sua expressão máxima no começo da noite, enquanto *Clk* apresenta fase oposta, com pico de abundância no começo da manhã. Já o gene *cyc* não apresenta variação na abundância de seu mRNA ao longo do dia (figura 2).

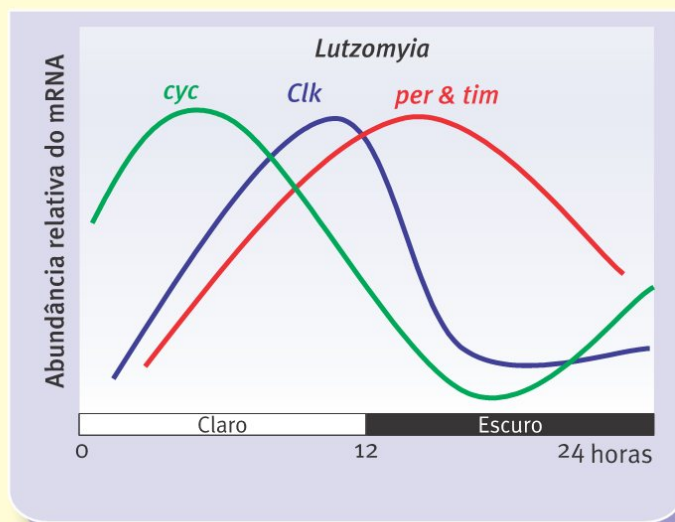
### Ritmos em insetos vetores

A dinâmica de doenças transmitidas por insetos está intimamente relacionada ao comportamento destes. Certos mosquitos transmitem parasitas aos humanos quando os picam para obter sangue, e os horários da busca por alimento certamente são controlados pelo relógio biológico. Apesar disso, os mecanismos moleculares que regulam o relógio circadiano nessas espécies têm sido pouco estudados.

Diferentes aspectos da genética molecular e evolutiva de genes que controlam o comportamento de insetos vetores, entre eles os do relógio biológico, têm sido estudados em nosso laboratório, na Fundação Oswaldo Cruz. Recentemente, publicamos nossos primeiros resultados da análise da expressão de *per*, *tim*, *Clk* e *cyc* no mosquito-palha *Lutzomyia longipalpis*, principal vetor da leishmaniose visceral nas Américas.

De início, comparamos o comportamento dessa espécie com o da mosca-das-frutas e constatamos que, enquanto *Drosophila* é basicamente diurna, *L. longipalpis* é essencialmente crepuscular-noturna. Ligadas a essa diferença de comportamento, observamos diferenças no padrão de expressão dos genes (*Clk* e *cyc*) que controlam a maioria dos outros genes de relógio. Se na mosca-das-frutas o pico de abundância do RNA mensageiro do gene *Clk* ocorre no início do dia, no mosquito-palha isso se dá no final do dia. Para o gene *cyc* o padrão é ainda mais diverso: não varia ao longo do dia na mosca-das-frutas, mas no mosquito-palha exibe um ciclo circadiano, com pico no início do dia (figura 3).

Outro aspecto comportamental – este apenas de *Lutzomyia* – que chamou nossa atenção foi a redução da atividade locomotora do inseto após a ingestão de sangue. Isso foi creditado por muito tempo ao aumento do seu peso, visto que o inseto pode sugar até duas vezes sua própria massa em sangue. Nossos dados, porém, sugerem que esse período de inatividade é regulado pelo relógio interno, pois há uma redução de até 50% nos níveis de expressão dos genes *per* e *tim*. É provável que essa 'sesta' seja acionada para que o sangue, relativamente tóxico para o inseto, possa ser completa e corretamente digerido.



Esses estudos estão sendo estendidos a outros insetos transmissores de doenças no Brasil que, embora próximos evolutivamente, apresentam padrões de atividade muito diferentes. Esperamos, por exemplo, que um estudo comparativo de mosquitos diurnos (como *Aedes aegypti*, vetor do vírus da dengue), crepusculares (como *Anopheles aquasalis*, um dos vetores de malária) e noturnos (como *Culex quinquefasciatus*, transmissor da filariose) possa esclarecer como o comportamento é controlado pelos genes de relógio e como estes evoluíram.

Em *A. aegypti* o primeiro gene investigado foi *tim*, que na mosca-das-frutas está envolvido com o acerto do relógio interno pela luz. Demonstramos que no mosquito da dengue o pico de expressão desse gene ocorre mais cedo e dura menos que o observado para a mosca: os níveis começam a aumentar nas últimas horas de luz (momento em que se observa o aumento de atividade do *A. aegypti*) e caem nas primeiras horas da noite. Agora estamos determinando a expressão dos outros genes de relógio em *A. aegypti* e pretendemos realizar esses mesmos estudos em *A. aquasalis* e *C. quinquefasciatus*.

Acreditamos que os dados gerados com o estudo da genética molecular dos ritmos circadianos de insetos vetores de doenças possam trazer informações valiosas sobre, por exemplo, a regulação dos seus horários de busca por sangue. Nossos planos incluem ainda estudar os mecanismos circadianos que regulam outros aspectos da fisiologia dos vetores direta ou indiretamente envolvidos com sua capacidade de transmitir parasitas e vírus, e entender como a infecção por tais microrganismos afeta os ritmos de atividade e alimentação desses insetos. Esses dados talvez possam ajudar a encontrar novas formas de evitar ou reduzir a transmissão para os humanos de diferentes doenças. ■

Figura 3. Expressão dos principais genes (*period*, *timeless*, *cycle* e *Clock*) integrantes do mecanismo molecular do relógio circadiano de *Lutzomyia longipalpis* em regime de 12 horas de claro e 12 horas de escuro. A expressão é medida pela abundância relativa do RNA mensageiro (mRNA) gerado a partir desses genes



FISIOTERAPIA Técnicas otimizam recuperação de movimentos após acidente vascular encefálico

# Reaprendizado mais eficaz

Pessoas que sofrem derrames podem, dependendo da gravidade da lesão no cérebro, apresentar déficits motores e sensitivos, e precisam reaprender a realizar vários tipos de movimentos. Essa recuperação é proporcionada pela fisioterapia, que tem como objetivo assegurar que os pacientes retomem – tanto quanto possível – sua vida normal. Pesquisas com animais de laboratório e com pacientes humanos vêm, nos últimos anos, ajudando a desenvolver as técnicas fisioterápicas e melhorar seus resultados.

Por **Fernando Cesar Iwamoto Marcucci**, mestrando em medicina e ciências da saúde na *Universidade Estadual de Londrina*.

O acidente vascular encefálico, conhecido popularmente como derrame, é a principal causa neurológica de incapacidades no indivíduo adulto e está entre as três maiores causas de mortalidade no Brasil. Origina-se de um déficit de fluxo sanguíneo ou de uma hemorragia no tecido cerebral, em consequência de doenças dos vasos sanguíneos, que podem obstruir a passagem do sangue ou levar ao rompimento de suas paredes. A lesão neurológica decorrente de um derrame pode matar o indivíduo ou provocar déficits cognitivos e motores. Os sintomas variam conforme a região cerebral afetada: se a lesão afetar regiões envolvidas com a visão, por exemplo, pode levar a déficits visuais; se afetar as áreas frontais do cérebro, os déficits podem ser cognitivos.

Os sintomas mais frequentes, porém, são déficits motores e sensitivos, como a hemiplegia. A hemiplegia (ou hemiparesia, se o déficit não é total) é uma perda da função motora e sensitiva em apenas um lado do corpo, afetando a função do braço, da mão, da perna e da face. Pode ocorrer em um ou vários desses locais, de acordo com a extensão da lesão no cérebro. O tratamento com medicamentos deve ser iniciado o mais rápido possível, para evitar a ampliação do dano. Em seguida, se os déficits persistirem, o paciente é submetido a técnicas de reabilitação, como a fisioterapia.





## Fundamentos da prática

A fisioterapia baseia seus métodos em pesquisas experimentais, biomecânicas e epidemiológicas. Um aspecto fundamental nessa atividade é o reaprendizado motor: o paciente precisa ser auxiliado a recuperar seus movimentos, como andar ou pegar objetos, afetados pela lesão cerebral. Durante muito tempo discutiu-se como o cérebro se reorganiza após o acidente vascular e se o reaprendizado motor dos pacientes é similar ao aprendizado em indivíduos saudáveis. Estudos revelaram que adaptações como a formação de novas ramificações nos neurônios só ocorrem na fase aguda, logo após o acidente, mas que, na fase crônica (mais tardia), há semelhanças entre o aprendizado em pessoas saudáveis e o reaprendizado dos que têm seqüelas de derrames.

Outras pesquisas, com métodos de investigação funcional por imagem (que mostram os locais de atividade no cérebro em funcionamento), demonstraram que em pacientes com lesão neurológica a atividade das conexões entre os hemisférios cerebrais é maior que a observada em indivíduos saudáveis, mesmo na fase crônica. Além disso, nos pacientes são ativadas áreas do cérebro que antes da lesão não eram usadas para um determinado comportamento.

Um princípio fundamental no reaprendizado motor é o de que o grau de melhora está associado à quantidade da prática. É preciso levar em conta, no entanto, que nem sempre uma tarefa treinada à exaustão na fisioterapia é utilizada com frequência na vida diária do paciente. Assim, é mais eficaz variar a mesma tarefa: em vez de pedir ao paciente que pegue um copo várias vezes do mesmo modo, o fisioterapeuta pode alterar a distância ou solicitar diferentes velocidades de

movimento. Após sessões de repetição os pacientes exibem um desempenho melhor, mas as sessões com variações levam a melhor retenção prática, ou seja, aumentam a transferência dos movimentos praticados para as atividades cotidianas – objetivo primário da fisioterapia.

A maior transferência prática também é estimulada pela técnica de interferência contextual. Nesta, em vez de repetir apenas uma atividade, como pegar um copo, o paciente deve alcançar, de forma intercalada e aleatória, diferentes objetos: o copo, uma colher, um telefone, de modo semelhante ao que ocorre nas atividades diárias. Sabe-se que tarefas mais complexas ativam mais as áreas cerebrais envolvidas nos movimentos, em comparação com tarefas mais simples. Esse padrão de ativação – o acionamento, além da área motora primária, de áreas suplementares – assemelha-se ao encontrado em indivíduos sadios treinados e não-treinados. Assim, a terapia alcançará melhores resultados, mesmo que o paciente retenha apenas parte dessa habilidade.

Estimular a ativação de variadas áreas do cérebro também ajuda a promover o reaprendizado motor. Movimentos bilaterais, por exemplo, ativam o lobo frontal, e estímulos sonoros ativam o córtex auditivo, áreas secundárias sensório-motoras na mentalização do movimento. Já atividades diante de um espelho ou baseadas na observação e repetição de movimentos de outras pessoas ativam as áreas parietais do hemisfério cerebral não-lesionado. A idéia por trás dessas formas de terapia é a de que as outras áreas ativadas podem intermediar a função das áreas lesionadas ou compensar diretamente os déficits motores (a visão, por exemplo, pode ser necessária para detectar falhas no movimento de um braço, que um indivíduo sadio ‘sentiria’ sem precisar olhar para ele).

## Início e manutenção

A fisioterapia deve ser iniciada logo após o acidente vascular encefálico. Estudos experimentais com ratos, por exemplo, indicam que iniciar a reabilitação cinco dias após a lesão é muito mais eficaz que esperar um mês para isso. Em pacientes humanos, os resultados são parecidos. Estudos mostram ainda que os melhores resultados – na habilidade motora, na independência funcional e até na taxa de mortalidade após uma lesão – surgem quando a equipe de cuidados é, além de especializada, multiprofissional.

Em humanos, a fisioterapia obtém melhores resultados nos primeiros meses após a lesão. Entre seis meses e um ano, a habilidade motora estabiliza-se em certo nível e poucos avanços são obtidos, mesmo que a fisioterapia continue. Há exemplos de ganhos funcionais até dois anos após o derrame, mas eles são limitados. A fisioterapia deve ser mantida mesmo se o paciente não mostrar mais ganhos motores e ▶



MEMORIAL HERMANN/THR

O equipamento de descarga parcial de peso facilita os exercícios dos pacientes na esteira ergométrica



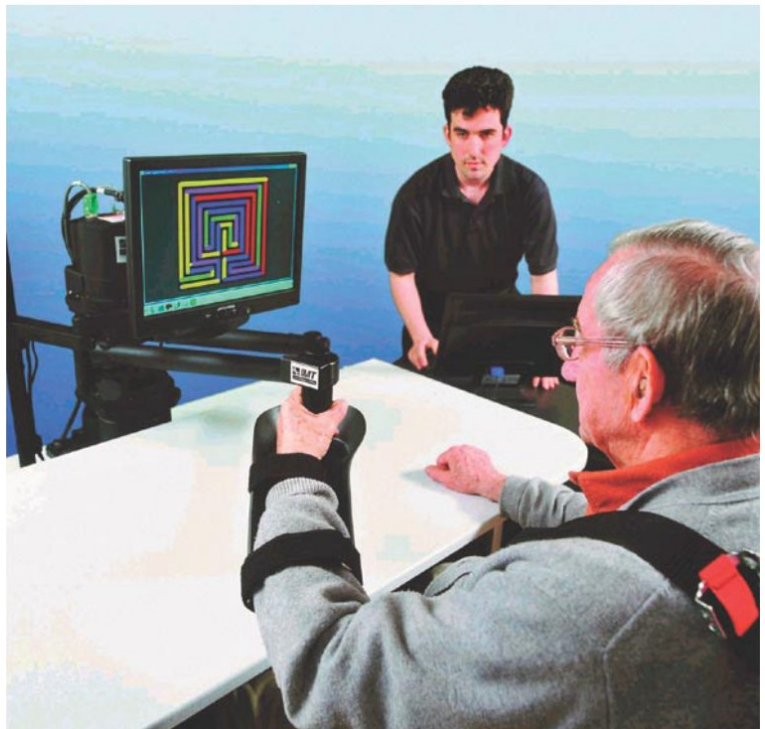
O treino funcional por meio de programas de computador ajuda a reduzir seqüelas na memória e no raciocínio, por exemplo

ainda apresentar déficits, já que parte das habilidades recuperadas pode regredir e podem surgir outras complicações, como rigidez de articulações e encurtamentos de músculos, caso os exercícios sejam interrompidos.

Limitações de tempo e de custo para a fisioterapia podem prejudicar a recuperação, e para evitar esses problemas têm surgido meios para que a prática seja intensificada ou os pacientes a realizem em casa. Uma técnica mais recente – a restrição induzida de movimento – tem obtido algum destaque por trazer ganhos motores a pacientes já com déficits crônicos (que se mantêm após seis meses da lesão). A técnica é simples e de fácil aplicação: restringe-se a movimentação do membro não afetado (em geral o braço, mantido preso por uma luva semelhante a um capuz, para evitar que o paciente o use) durante 90% do tempo em que o paciente está acordado e realizam-se intensos treinos diários. Embora o procedimento ainda suscite dúvidas e tenha limitações (como é caso de paciente com limitação motora muito extensa), estudos demonstraram que variações no tempo e nas formas de aplicação também têm efeitos benéficos. Outra técnica, a de descarga parcial de peso, também exhibe bons resultados – nesse caso, o paciente é suspenso por um colete (que reduz em parte seu peso) sobre uma esteira ergométrica, permitindo que treine o ‘andar’ de modo intensivo e seguro.

### Promessas futuras

A esperança do paciente com alguma seqüela neurológica é que, cedo ou tarde, surja algum tratamento que recupere seus movimentos e devolva sua capacidade de ser independente e ativo. Métodos promissores estão em estudo, mas terão que passar pelo crivo científico. Entre eles está a estimulação magnética transcranial, aparelho que envia impulsos eletromagnéticos a pontos específicos do cérebro, o que em tese poderia induzir o funcionamento neuronal ou a formação de ramificações entre neurônios.



THE BOBATH CENTER

O uso de células-tronco para restaurar neurônios lesionados ainda é uma hipótese em estudo, mas caso venha a se tornar realidade será possível renovar o tecido cerebral perdido e muitos pacientes que normalmente continuariam com seqüelas poderão, com a fisioterapia, recuperar – talvez plenamente – sua capacidade motora. Também já existem, principalmente em alguns países desenvolvidos, métodos como o treino funcional por meio de programas de computador, para tratamento de dificuldades na fala, na memória e no raciocínio.

Estão sendo desenvolvidos ainda novos tipos de órteses bioeletrônicas, aparelhos que facilitam algum movimento limitado nos pacientes, em geral em braços e pernas. As órteses têm sensores que captam uma atividade motora residual e realizam uma estimulação elétrica para promover a contração de músculos que não são capazes de se contrair satisfatoriamente por causa da lesão (músculos paréticos).

O custo, o tempo disponível e as limitações de atendimento no sistema público de saúde afetam a atuação da fisioterapia neurológica. Por isso, é importante encontrar formas de otimizar ao máximo os resultados. Esse é o papel da pesquisa: fazer com que a fisioterapia forneça ao paciente mais benefícios em menos tempo e com menor custo. A fisioterapia brasileira ainda é muito dependente da pesquisa realizada no exterior, mas diversos pesquisadores brasileiros vêm realizando estudos para aperfeiçoar a eficácia desse tratamento e estabelecer seu papel na promoção da saúde. ■



### Caramujo nativo

Como bióloga e doutora em ecologia, partilho da preocupação dos autores do artigo 'O mundo invadido' (CH 238) no que concerne à proteção das espécies nativas, em relação às exóticas. No entanto, fiquei um pouco preocupada com a fotografia que mostra um caramujo africano. Essa preocupação se deve ao fato de termos espécies nativas em nossa fauna (em especial as do gênero *Megalobulimus*) que podem ser facilmente confundidas com esse caramujo invasor, o que poderia induzir à eliminação gradual de tais espécies, comprometendo suas populações. (...) Dada a importância dessa revista para a divulgação científica, e da reportagem citada para a proteção das espécies nativas, creio que caberia indicar um serviço que possa garantir a correta identificação do caramujo. Encontrei a informação de que o Instituto Oswaldo Cruz tem, em seu Setor de Biologia e Controle de Endo e Ectoparasitas de Interesse Médico e Veterinário, um 'Disque-caramujo', que certamente pode ser procurado para uma identificação precisa.

TÂNIA MARA GUERRA  
POR CORREIO ELETRÔNICO

### Espanto em aula

Sou aluno de graduação do curso de ciências biológicas da Universidade Federal de São Carlos (SP), e escrevo, em primeiro lugar, para parabenizar o articulista Franklin Rumjanek pelos textos que escreve na CH. Um deles, em especial, chamou minha atenção: 'Pajelança no consultório' (CH 230). Gostei no momento em que li, no ano passado, e resolvi enviar agora esta mensagem devido a um acontecimento recente. Durante uma aula de graduação, uma professora falou sobre a homeopatia (ela acha que está mais que comprovada a eficácia da homeopatia), e algumas pessoas mais conscientes da sala começaram a discutir o

assunto. O que mais me surpreendeu foi que as pessoas da sala, em sua maior parte, acreditavam, embora nem soubessem do que estavam falando. Uma afirmação em especial me espantou: "É como se fosse vacina!" Ao ver como aquilo era disseminado e errado, escrevi um texto para distribuir aqui no curso.

FÁBIO TOSHIRO  
SÃO CARLOS, SP

### Contra a concentração

Sou leitor assíduo da CH desde minha pré-adolescência e assinante em certo período. O que motivou este meu contato foi o fato de observar que na seção 'O leitor pergunta' (...), a esmagadora maioria das respostas é dada por especialistas das mesmas universidades e institutos, sempre do Sul e do Sudeste, com exceções para alguns do Centro-oeste, notadamente a UnB (...). Por que tal disparidade? Não há especialistas competentes no Norte e no Nordeste para responder a perguntas do tipo "qual a composição da teia de aranha?" ou "por que a cidade de Manaus é tão úmida?". (...) Quero deixar claro que reconheço a qualidade e quantidade dos pesquisadores que atuam no Centro-sul do Brasil, o que em parte, pode explicar a escolha. Mas, ao mesmo tempo, lembro que uma das bandeiras da SBPC é exatamente lutar contra a concentração de pesquisa de excelência em uma porção do país em detrimento de outras. (...) Para os jovens, fica a impressão de que só se faz ciência neste país no eixo Rio-São Paulo-Minas e que, portanto, só valeria a pena estudar nesses locais. Hoje, sabemos que isso não é tão verdade.

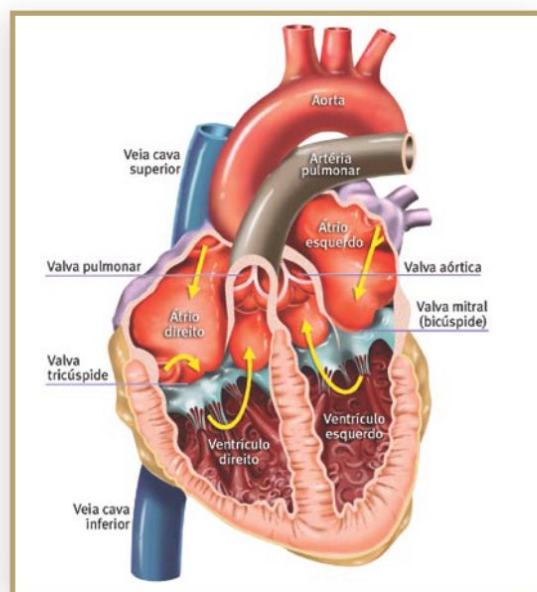
RONALDO P. SANTOS  
MANAUS, AM

✉ *Reconhecemos a disparidade apontada pelo leitor e temos procurado, nos últimos anos, ampliar o quadro de colaboradores da revista. Isso vem sendo conseguido no caso dos autores dos artigos principais. Daremos mais atenção à seção 'O leitor pergunta', solicitando respostas a especialistas de todas as regiões do país.*

### Justiça seja feita

Acabo de ler a matéria 'Justiça seja feita' na CH 237, na coluna 'A propósito'. Além do texto bem escrito, como sempre, tenho de elogiar a escolha do assunto. Ao ler o último parágrafo, sugerindo contribuições dos leitores, lembrei-me de um livro que trata da história de invenções e descobertas. Trata-se de *Tudo é relativo*, de Tony Rothman (...). Além de falar das invenções e descobertas associadas a um nome e não necessariamente ao primeiro ou mais importante, há casos de "invenções auxiliares" tão importantes quanto as principais. Um exemplo é a invenção do telefone, atribuída (com controvérsias) a Graham Bell. Nunca se ouve falar de Tivadar (Theodor) Puskás, ajudante de Bell, que criou a idéia da central telefônica, sem a qual a quantidade de fios necessária para o sistema telefônico seria gigantesca.

WOLFGANG FISCHER  
POR CORREIO ELETRÔNICO



### Correções

- A fotografia da rã-pimenta (*L. knudseni*) publicada no artigo 'Fugir não resolve o problema' (CH 238, p. 72) é de autoria de William E. Magnusson, e não de Ariovaldo A. Giaretta, como está no crédito.
- No artigo 'A Amazônia está mudando' (CH 239), a figura 5 (p. 42) mostra uma área de agricultura em Santarém (PA), e não uma plantação de eucalipto em Monte Alegre (PA), como diz a legenda.
- Na figura do interior do coração publicada no artigo 'Corações reabilitados' (CH 240, p. 33), os átrios estão em lados trocados. Acima, a figura já corrigida.

Av. Venceslau Brás, 71  
fundos • casa 27  
CEP 22290-140  
Rio de Janeiro • RJ

CORREIO ELETRÔNICO:  
cienciahoje@cienciahoje.org.br

CARTAS À REDAÇÃO



# O jogo do troca-discos



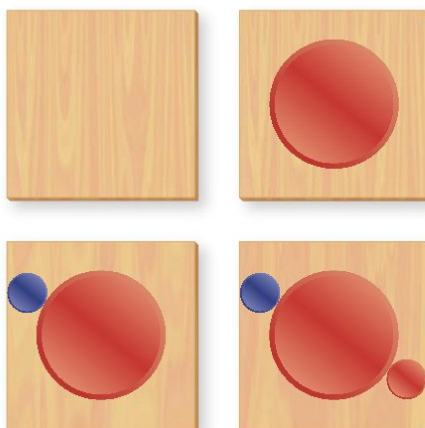
**Marco Moriconi**

Instituto de Física, Universidade Federal Fluminense  
moriconi@cienciahoje.org.br

Jogos. É bem provável que você, leitor, goste de pelo menos um. Do tradicional 'palitinho' ao jogo-da-velha, passando pelo xadrez e até o Go, os graus de dificuldades variam. E, se você gosta de jogos, então está fazendo matemática.

Basicamente, um jogo consiste de: i) participantes; ii) regras preestabelecidas; iii) ganhos e perdas. Não se parece muito com a noção que temos de jogos, como o jogo-da-velha. Mas se você parar para pensar, verá que é exatamente isso. Vejamos como essa definição se aplica ao jogo-da-velha: temos dois jogadores, um é 'X' e o outro 'O', que alternam as jogadas, com regras preestabelecidas, cada um marcando seu símbolo em uma 'casinha' do diagrama. Ganha quem conseguir três símbolos iguais em linha reta. *Voilà!*

Vamos agora considerar um jogo muito simples, mas que ilustra algumas das possíveis estruturas matemáticas por trás de um jogo. Pegue um tabuleiro quadrado de qualquer tamanho (digamos, de 20 cm de lado). Cada jogador tem uma coleção de discos cujos raios fixos medem, por exemplo, 2 cm, 3 cm e 5 cm. O número de discos é ilimitado. Regras: i) cada jogador coloca um disco no tabuleiro; ii) discos não podem se sobrepor; iii) perde o jogador que não conseguir mais colocar discos no tabuleiro.



Primeiramente, vamos nos convencer de que, em algum momento, o jogo tem de terminar. Como há um disco de tamanho mínimo (e o tabuleiro tem uma área finita), não podemos colocar discos indefinidamente, pois a soma das áreas de discos acaba ficando maior que a do tabuleiro. Ou seja, o jogo tem um fim.

E quem tem vantagem? Será que o primeiro jogador ganha sempre? Ou o segundo sai em vantagem?

A chave da solução está em usar a simetria do tabuleiro e das peças. Suponha que o primeiro jogador coloque um disco com o centro exatamente no centro do quadrado. Se o segundo jogador conseguir colocar um disco no tabuleiro, então o primeiro pode colocar outro, de raio igual, em uma posição simétrica. Ou seja, enquanto o segundo jogador puder colocar um disco, o primeiro poderá imitar a jogada dele e nunca ficará sem jogar. A figura ilustra a solução.

Conclusão: quem começa tem uma estratégia que o fará ganhar sempre!

Esse jogo é simples, mas sempre há novidades no mundo dos jogos...

Recentemente, o cientista de computadores canadense Jonathan Schaeffer listou todas as possíveis partidas que poderiam ocorrer em um jogo de damas. Ele levou 18 anos para completar essa listagem, feita, claro, com o auxílio de computadores, produzindo um catálogo de 500 bilhões de bilhões de configurações possíveis no tabuleiro, ou seja, o algarismo 5 seguido de 20 zeros! A partir destas configurações, eles mostram que se cada jogador jogar perfeitamente, isto é, não cometer nenhum erro, o jogo termina em um empate, na melhor das hipóteses (para o ser humano!).

Se o leitor se sentir desapontado pelo fato de todas as partidas de um jogo de damas terem sido reveladas, deve se confortar com o fato de serem tantas que não será preciso se preocupar em estar sendo enganado (a menos que seu oponente seja canadense, consulte um *laptop* a cada jogada e queira jogar a dinheiro...).

## SOLUÇÃO DO DESAFIO PASSADO

O rapaz pode mandar a caixa fechada com um cadeado de senha numérica. Quando a namorada receber a encomenda, liga para ele e fica sabendo a senha. Note que é importante que ele mande a senha depois de confirmar o recebimento pela namorada. Caso contrário, o correio de Lalalândia poderia abrir a caixa antes de entregá-la (como você pode saber que eles não têm escutas telefônicas?).

## DESAFIO

E, se em vez de discos, os jogadores tivessem coleções de quadrados de tamanhos diferentes? O que poderíamos fazer?



