

REFRIGERAÇÃO MAGNÉTICA  
É OPÇÃO ECOLÓGICA

LUZ DEFINE FORMA  
E COR DAS BROMÉLIAS

FLAGRANTES DO  
CÉREBRO EM AÇÃO

ISSN 0101-8515



# Para que serve o sexo?

# VISITE O CAMPO DE EXPLORAÇÃO DA PETROBRAS MAIS PERTO DE VOCÊ.

[www.petrobras.com](http://www.petrobras.com)



## É UM BOM NEGÓCIO.



*A Petrobras coloca qualidade em tudo o que faz. No seu site na Internet não poderia ser diferente.*

*Tanto que ela conquistou o Prêmio Top de Internet pela qualidade e eficiência do seu site e da sua*

*Intranet. Você vai verificar isso quando navegar por suas páginas. É nesse campo de exploração que*

*a maior empresa brasileira destaca os seus produtos e serviços, mostra todas as suas ações corporativas*

*e operacionais, tanto em âmbito nacional quanto internacional. Estão no site as suas marcas, os seus records,*

*a liderança em tecnologia de produção em águas profundas, seus projetos sociais e culturais, entre outros*

*assuntos ligados a petróleo e seus derivados, como business, tecnologia e qualidade.*

*Portanto, o site da Petrobras é uma ferramenta empresarial capaz de antecipar a concretização*

*de negócios. Site Petrobras. Tão produtivo quanto nossos campos no mar e na terra.*



[www.petrobras.com.br](http://www.petrobras.com.br)

**QUALIDADE SEM LIMITES. COMPROMISSO PETROBRAS.**

## Para que existe o **sexo**?

**A tentativa de explicar a utilidade do sexo** na reprodução dos seres vivos vem quebrando a cabeça dos biólogos desde o século passado. Segundo alguns autores, o sexo só poderia ter evoluído se algum benefício misterioso permitisse contrabalançar o grande custo da meiose (divisão celular para produção de gametas). Vários cientistas tentaram identificar tal vantagem capaz de justificar a reprodução sexuada. Apresentamos aqui uma das explicações propostas, conhecida como teoria da 'Rainha Vermelha', que vem ganhando mais adeptos na comunidade científica e não mostra limitações até o momento. Segundo essa teoria, o sexo serviria para manter o equilíbrio dos organismos na constante luta evolutiva contra seus próprios parasitas.

**As técnicas de produção de imagens** de resolução espacial vêm se aperfeiçoando na última década, permitindo estudar o cérebro mais profundamente. A ressonância magnética tem ajudado muito a compreender melhor a estrutura anatômica do cérebro e ultimamente tem permitido até mesmo mapear seus aspectos funcionais, sobretudo o pensamento. Com esse instrumento, pesquisadores brasileiros vislumbram uma série de aplicações de grande utilidade na medicina, como a localização com precisão milimétrica de áreas cerebrais afetadas por tumores.

**Difícil imaginar a vida moderna** sem nossos aparelhos de refrigeração — geladeiras, *freezers* e condicionadores de ar. Entretanto, esses tão indispensáveis bens de consumo causam graves danos ao ambiente, ao liberar gases na atmosfera que danificam a camada de ozônio. Entre as alternativas ecológica e economicamente viáveis, destaca-se a chamada desmagnetização adiabática — processo de resfriamento que se baseia na magnetização e desmagnetização de um sal específico. A redução da temperatura, nesse caso, é obtida sem haver troca de calor, ao contrário do que ocorre na compressão e descompressão dos gases. Se essa opção se mantiver tão promissora quanto agora se apresenta, ela poderá num futuro próximo substituir os refrigeradores convencionais sem prejuízo para o ambiente.

*A redação*

**PROJETO CIÊNCIA HOJE** Responsável pelas publicações de divulgação científica da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC). Compreende: revistas *Ciência Hoje* e *Ciência Hoje das Crianças*, *CH on line* (Internet), *Ciência Hoje na Escola* (volumes temáticos) e *Ciência Hoje das Crianças Multimídia* (CD-ROM). Mantém intercâmbio com as revistas *Ciencia Hoy* (Corrientes 2835, Cuerpo A, 50 A. 1193, Buenos Aires/Argentina, tels.: (00541)961-1824/962-1330) e *La Recherche* (Paris/França); e conta com o apoio do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF/CNPq), Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC/CNPq) e Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). ISSN: 0101-8515

**CONSELHO DIRETOR** Alberto Passos Guimarães Filho (CBPF/CNPq); Darcy Fontoura de Almeida (Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho/UFRJ); Otávio Velho (Museu Nacional/UFRJ); Reinaldo Guimarães (UERJ/Membro convidado); Roberto Lent (Instituto de Ciências Biomédicas/UFRJ); Fernando Szkló  
 Secretária Maria Elisa da C. Santos  
 Diretor Executivo Fernando Szkló  
 Editores Científicos Ciências Humanas – Carlos Fausto (Museu Nacional/UFRJ)  
 Ciências Ambientais – Luiz Drude de Lacerda (Departamento de Geoquímica/UFF)  
 Ciências Exatas – Ronald Cintra Shellard (CBPF e PUC-RJ)  
 Ciências Biológicas – Débora Foguel (Instituto de Ciências Biomédicas/UFRJ)

**CIÊNCIA HOJE • SBPC**

**REDAÇÃO**

Editora Executiva Alicia Ivanisovich  
 Secretária de Redação Valquíria Daher  
 Editor de Texto Ricardo Menandro  
 Setor Internacional Micheline Nussenzweig  
 Repórteres Ângela Góes, Bruno Magalhães, Leonardo Zanelli, Leticia Palha Carvalho e Rachel Ruiz Romano  
 Revisoras Elisa Sankuevitz e Maria Zilma Barbosa  
 Secretárias Theresa Coelho e Irani Fuentes de Araújo  
 Colaboraram neste número Bernardo Esteves, Cássio Leite Vieira, Maya Mitre e Renata Moraes (reportagem)

**ARTE**

Ampersand Comunicação Gráfica S/C Ltda.  
 Diretora de Arte Claudia Fleury (E-mail: ampersan@uol.com.br)  
 Programação Visual Carlos Henrique Viviane e Raquel P. Teixeira  
 Computação Gráfica Luiz Baltar

**SUCURSAIS**

**BELO HORIZONTE**  
 Coordenador Científico Ângelo Machado (Instituto de Ciências Biológicas/UFMG)  
 Correspondente Roberto Barros de Carvalho (E-mail: ch-mg@icb.ufmg.br)  
 End.: Departamento de Zoologia, Instituto de Ciências Biológicas/UFMG  
 Caixa postal 486, CEP 31270-901, Belo Horizonte, MG.  
 Tel.: (031) 499-2862 e Telefax: (031) 443-5346

**SÃO PAULO**  
 Correspondente Vera Rita da Costa (E-mail: chojesp@sbpcnet.org.br)  
 End.: Prédio da Antiga Reitoria da USP, Av. Prof. Luciano Gualberto, 374, travessa J, sala 232, Cidade Universitária, CEP 05508-900, São Paulo, SP.  
 Tel.: (011) 814-6656 e Telefax: (011) 818-4192

**REPRESENTAÇÕES**

**BRASÍLIA**  
 Coordenadora Científica Maria Lúcia Maciel (UnB)  
 End.: Edifício Multi-uso 1, Bloco C, térreo, sala CT65, Campus Universitário/UnB, Caixa postal 0423, CEP 70910-900, Brasília, DF, telefax: (061) 273-4780

**SALVADOR**  
 Coordenador Científico Caio Mário Castro de Castilho (UFBA) (E-mail: sbpc@ufba.br)  
 End.: Instituto de Física/UFBA, Campus da Federação, SSA, CEP 40210-340, Salvador, BA. Tel.: (071) 247-2033, fax: (071) 235-5592

**PUBLICIDADE**

Diretor Comercial Ricardo Madeira (E-mail: rmadeira@dialdata.com.br)  
 Supervisora de Operações Sandra Soares  
 Contato Comercial Marcos Martins (E-mail: marconiz@dialdata.com.br)  
 End.: Rua Maria Antônia 294, 4º andar, CEP 01222-010, São Paulo, SP.  
 Telefax: (011) 258-8963

**REPRESENTANTES COMERCIAIS**

**BRASÍLIA** Deusa Ribeiro – Tel.: (061) 577-3494/989-3478, Fax: (061) 273-4780  
**PROJETO NORDESTE** Rudiger Ludemann – Telefax: (071) 379-7716

**ADMINISTRAÇÃO**

Gerente Financeira Lindalva Gurfild  
 Pessoal de Apoio Luiz Tito de Santana, Pedro P. de Souza, Ailton B. da Silva, Luiz Cláudio Títo, Marly Onorato, Neusa Soares e Flávia de Souza

**ASSINATURAS**

Gerente de Circulação Adalgisa Bahr  
 Assistente Maria Lúcia Pereira  
 Pessoal de Apoio Francisco R. Neto, Luciene de Azevedo, Selma Azevedo Jesus, Delson Freitas, Márcio de Souza, Eliomar Santana, Sérgio Pessoa e Márcia Silva

**PRODUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO**

Fotolito Open Publish Soluções Gráficas  
 Impressão Gráfica JB S/A  
 Distribuição em Bancas Fernando Chinaglia Distribuidora S/A

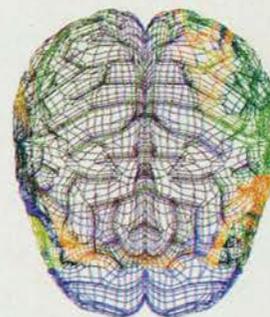
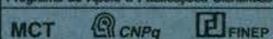
**CIÊNCIA HOJE**

Redação Av. Venceslau Brás, 71, fundos – casa 27 – CEP 22290-140, Rio de Janeiro-RJ  
 Tel.: (021) 295-4846 – Fax.: (021) 541-5342  
 E-mail: chojered@sbpcnet.org.br

REVISTA FINANCIADA COM RECURSOS DE



Programa de Apoio à Publicações Científicas



**Mapeando o pensamento: um estudo de ressonância funcional 18**

A obtenção de imagens do interior do corpo pela técnica de ressonância magnética nuclear permitiu, nas últimas décadas, grandes avanços no estudo do cérebro. Essa técnica evoluiu rapidamente, e hoje já se pode acompanhar o funcionamento do cérebro ou, em outras palavras, mapear o pensamento.

Por Ricardo Gattass, Mariana Fleiuss Farias, Paulo Henrique Feitosa, Jorge Moll e Pedro Angelo Andreioli



**Sexo, plumas e parasitas 26**

Se a reprodução assexuada torna mais fácil passar os genes para a geração seguinte, para que existiria o sexo? A busca por uma resposta convincente para essa dúvida parece estar terminando: segundo uma nova teoria, o sexo permite que os organismos equilibrem a luta evolutiva contra seus parasitas.

Por Carlos Roberto Fonseca

**ATENDIMENTO AO ASSINANTE E NÚMEROS AVULSOS**

TEL.: 0800 264846

**CH on-line:**

<http://www.ciencia.org.br>



## Desmagnetização adiabática: opção econômica e ecológica para refrigeração 34

Os gases usados em geladeiras, freezers e condicionadores de ar podem danificar a camada de ozônio, que protege os seres vivos dos raios ultravioleta.

Para evitar isso, vêm sendo estudadas formas alternativas de refrigeração, e a opção mais promissora parece ser a refrigeração magnética.

Por Pedro Jorge von Ranke Perlingeiro



Capa: Foto Stock Photos.

### O LEITOR PERGUNTA

- |   |   |
|---|---|
| O que é o nitinol? Qual a sua utilidade? É produzido no Brasil?   | 4 |
| É verdade que o organismo feminino tem pelo menos 60 tipos de estrogênios?                                    | 4 |
| Só os fungos realizam a nutrição heterótrofa ou ela é encontrada em outros organismos?                        | 5 |
| Que elementos do leite materno fazem com que os recém-nascidos sejam menos suscetíveis a cólicas intestinais? | 5 |
| É possível acumular energia elétrica em grande quantidade?  | 5 |



### ENTREVISTA

**Sir Michael Francis Atiyah**

O fascínio dos números



6

### MUNDO DE CIÊNCIA

- |                                  |    |
|----------------------------------|----|
| Criando células tumorais humanas | 10 |
| O fóton aprisionado              | 13 |



### OPINIÃO

- |   |    |
|---|----|
| Como o efeito estufa pode render dinheiro para o Brasil | 41 |
|---|----|

### EM DIA

- |   |    |
|---|----|
| As águas da Guanabara: despoluir ou sanear? | 44 |
| Fatos e mitos do desenvolvimento            | 48 |
| Edifícios doentes                           | 52 |
| Um rato enorme                              | 54 |
| O lado obscuro do aspartame                 | 55 |
| Um refúgio para muitas aves                 | 57 |
| As perguntas sem resposta de Tokaimura      | 61 |



### EM FOCO

64

### PRIMEIRA LINHA

- |   |    |
|---|----|
| A diversidade nos jardins                   | 65 |
| Socorro para baleias e golfinhos encalhados | 68 |
| Forma da bromélia depende da luz            | 72 |



### MEMÓRIA

- |                            |    |
|----------------------------|----|
| Uma descoberta eletrizante | 75 |
|----------------------------|----|

### RESENHA

- |                             |    |
|-----------------------------|----|
| O resgate dos anos dourados | 78 |
|-----------------------------|----|

### CARTAS

80



## O que é o **nitinol**? Qual a sua utilidade? É produzido no Brasil?

LAFAYETTE PIMENTEL CYRÍACO, MACAÉ/RJ

Nitinol é o nome comercial de uma liga de níquel e titânio que apresenta 'memória de forma' (*shape memory*). Isso significa que o material tem a capacidade de 'memorizar' sua forma original. Assim, se uma peça com uma dada geometria e tamanho for deformada mecanicamente (até um máximo de 8%), ela retornará à forma original ao ser aquecida. Algumas ligas, que podem sofrer alterações de forma tanto ao serem aquecidas quanto ao serem resfriadas, são chamadas de materiais superelásticos.

O nitinol é caro, mas tem uma vasta gama de aplicações, da indústria aeroespacial às ciências biomédicas. No setor aeroespacial, estruturas feitas com essa liga podem ser deformadas para ocupar menor volume, facilitando o transporte para o espaço. Na área biomédica, o nitinol é bastante usado na fabricação de alargadores de artérias, chamados de *stents* (ver 'O *stent* é considerado uma prótese vascular ou apenas uma variedade da angioplastia?' em CH nº 150). Nes-

se caso, o material, em forma de tubo, é introduzido na artéria para alargá-la e melhorar o fluxo sanguíneo. Para ser retirado, o *stent* é aquecido e volta ao diâmetro original, o que facilita sua remoção. Fios de nitinol também têm sido empregados em aparelhos ortodônticos, tornando o processo de correção dentária menos doloroso e menos dependente da manutenção periódica.

Outras aplicações podem ser armações para óculos flexíveis e micromanipuladores. Nestes, podem-se obter movimentos robóticos mais refinados do que os obtidos por dispositivos mecânicos. O nitinol é, na maior parte dos casos, importado, mas alguns produtos feitos a partir dele são fabricados no Brasil.

**Gloria de Almeida Soares**

Programa de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro



## É verdade que o organismo feminino tem pelo menos 60 tipos de **estrogênios**? Como é possível fazer reposição estrogênica em mulheres que tiveram os ovários removidos ou após a menopausa?

ANA ROSA S. DIAS, CAMPINAS/SP

O organismo feminino apresenta três tipos de hormônio estrogênico biologicamente ativos, o 17-B estradiol (o mais importante), a estrona e o estriol. A terapia de reposição hormonal com estrogênio pode ser realizada por via oral, transdérmica, percutânea, intramuscular, por implante subcutâneo e via vaginal.

Nas mulheres na menopausa, a terapêutica de reposição hormonal com estrogênios obedece a critérios clínicos (sintomas e sinais apresentados pela paciente, seu histórico familiar e doenças progressas) e vários tipos de exames (dosagem dos lipídios sanguíneos, hormônios, mamografia, densitometria óssea, ultra-sonografia pélvica transvaginal). As-

sim, o tratamento é individualizado e acrescido de outras substâncias, caso necessárias, que agem no metabolismo dos ossos. Recomenda-se também uma reavaliação de seu estilo de vida: saber se o peso da mulher está adequado à sua faixa etária, se pratica atividades físicas, se faz uso abusivo do café, álcool e cigarros etc. É também uma fase importante para a mulher refocalizar seus projetos existenciais, sua relação familiar e afetiva e suas atividades diárias.

Os estrogênios são hormônios com ação no trato genital feminino (útero, vagina) e nas mamas. Na puberdade, ocorre a eclosão dos caracteres sexuais secundários (desenvolvimento de mamas, pilificação axilar e púbica, crescimento dos ossos lar-

gos e da bacia, deposição gordurosa nos quadris e depois a menstruação).

Os estrogênios têm ação importante no metabolismo das gorduras, dos ossos e também no metabolismo cerebral. Agem na regulação do colesterol e sua fração benéfica (HDL). Nos ossos, atuam na fixação de sais de cálcio e, no cérebro, ativam neurotransmissores (substâncias químicas fundamentais no processo da cognição). Ainda deve-se considerar uma ação de proteção sobre os vasos sanguíneos, a pressão arterial, a pele e a parte funcional da bexiga.

**Paulo Vieira da Costa Lopes**

Instituto de Ginecologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro



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

EDUARDO VASCONCELLOS, VITÓRIA/ES

A nutrição heterótrofa por absorção é realizada por fungos filamentosos, leveduras (fungos não filamentosos), bactérias, actinomicetos (grupo especial de bactérias) e alguns protistas. Entre os protistas, os coanoflagelados geralmente fazem fagocitose (processo de ingestão de alimentos sólidos pelas células), mas podem realizar a absorção como estratégia adaptativa temporária. Também os representantes dos filos *Hyphochytriumycota* e *Chytridiomycota* (que antes eram classificados dentro do reino dos fungos) realizam absorção.

**Iracema Helena Schoenlein-Crusius**  
*Instituto de Botânica,  
 Secretaria do Meio Ambiente  
 do Estado de São Paulo*

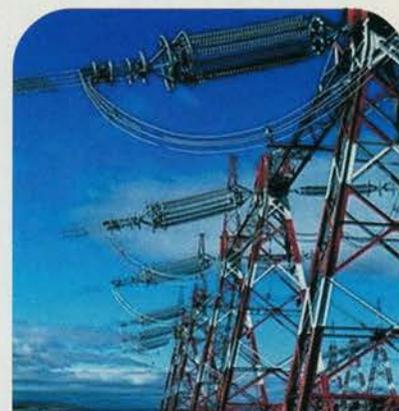
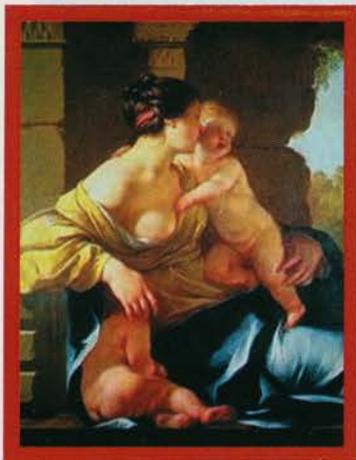
**?** Que elementos do **leite materno** fazem com que recém-nascidos sejam menos susceptíveis a cólicas intestinais?

GLÁUCIA O. CANÇADO, BELO HORIZONTE/MG

O leite materno humano contém diversos componentes que direta ou indiretamente oferecem proteção contra microrganismos patogênicos no trato digestivo do recém-nascido. Imunoglobulina do tipo IgA, lisozima e lactoferrina têm um efeito direto sobre o crescimento desses microrganismos, enquanto alguns oligossacarídeos (açúcares) impedem a adesão dos mes-

mos e, portanto, sua permanência no epitélio intestinal. Outros oligossacarídeos (fator bifidus), presentes apenas no leite humano, favorecem especificamente a multiplicação de bactérias benéficas (*Bifidobacterium*) da microflora intestinal normal que inibem a ação de microrganismos patogênicos. Todos esses componentes, em geral ausentes em outros leites, são mais uma justificativa para a amamentação no seio.

**Jacques Robert Nicoli**  
*Instituto de Ciências Biológicas,  
 Universidade Federal  
 de Minas Gerais*



**?** É possível **acumular energia elétrica** em grande quantidade?

MARCELO BERTONHA, POR E-MAIL

Não é possível armazenar energia alternada de forma fácil e direta. O que se tenta fazer para driblar as dificuldades de armazenamento é converter essa forma de energia em outra, como ocorre nos reservatórios de água com as usinas hidrelétricas ou no caso das baterias, em que a energia alternada é retificada para ser armazenada como corrente contínua. Outro exemplo são as *flying wheels*, elementos giratórios que utilizam energia elétrica para acelerar seu movimento e armazenar energia mecânica.

**Marcelo Meirelles**  
*Centro de Pesquisas  
 de Energia Elétrica/RJ*

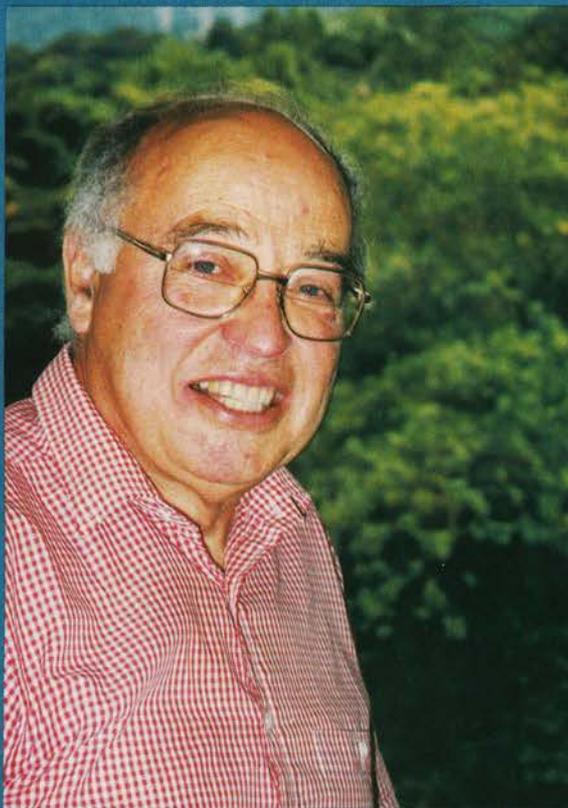
CARTAS À REDAÇÃO

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

E-MAIL:  
 chojered@sbcnet.org.br

## Sir Michael Francis Atiyah

# O fascínio dos números



Mesmo resumida, a biografia de Michael Francis Atiyah impressiona. Nela, lê-se que esse matemático inglês reúne até agora cerca de 25 títulos de *Doutor Honoris Causa* dados por várias universidades do mundo. A lista de prêmios não fica atrás. Entre eles, está a prestigiosa medalha Fields, um tipo de Nobel de matemática que Atiyah levou em 1966, principalmente por seu teorema do índice, que se tornou uma ferramenta poderosa para os físicos teóricos.

A carreira de Atiyah, hoje com 70 anos, alternou passagens pelas universidades de Cambridge e de Oxford, ambas na Inglaterra, e pelo Instituto de Estudos Avançados, em

Princeton, nos Estados Unidos. Condecorado em 1983 com o título de *Sir* pelo governo britânico, foi também presidente da Royal Society de 1990 a 1995 e atualmente é diretor do Instituto Isaac Newton para Ciências Matemáticas, em Cambrigde.

Atiyah veio ao Brasil participar do 22º Colóquio Brasileiro de Matemática, realizado em agosto, no Instituto de Matemática Pura e Aplicada, no Rio de Janeiro (RJ), e falou com exclusividade à *Ciência Hoje*.

ENTREVISTA CONCEDIDA A **CÁSSIO LEITE VIEIRA** (ESPECIAL PARA *CIÊNCIA HOJE*), **DEREK HACON** (DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA/PUC/RJ), **JOE OLMI** (ESPECIAL PARA *CIÊNCIA HOJE*) E **MICHELINE NUSSENZVEIG** (*CIÊNCIA HOJE/RJ*)

**Quando Albert Einstein foi para Princeton [EUA] lhe perguntaram do que precisaria para trabalhar. Ele respondeu: uma mesa, papel, lápis e um cesto de lixo para atirar os erros. Ainda dá para se fazer matemática com o mesmo equipamento?**

Continua valendo para muitas áreas da matemática. Há outras em que grandes computadores são necessários, especialmente em áreas aplicadas. Eu nunca os usei em meu trabalho. Mesmo papel e lápis podem ser dispensáveis: Arquimedes desenhava figuras na areia. Muitos matemáticos desenvolvem seus trabalhos mentalmente. Gosto de caminhar ao ar livre. Claro, é preciso tempo para pensar, e não gastá-lo só com jornalistas (*risos*). Não se deve trabalhar sob pressão, com limitações de tempo para se chegar a respostas. A maioria dos pesquisadores também precisa trocar idéias com colegas, conhecer o trabalho dos outros e testar as suas próprias, expondo-as para não cometer erros. A colaboração também é importante. Hoje, ela se dá muitas vezes por correio eletrônico. Reuniões internacionais, como este colóquio, são importantes. Como nas reações químicas, colocar vários agentes em contato pode apressar o resultado. Mas alguns grandes matemáticos trabalharam isolados. Por exemplo, o francês Jean Leray [1906-] desenvolveu bons trabalhos num campo de concentração durante a guerra. O isolamento e a ausência de outros recursos podem levar a resultados extremamente originais, como nesse caso.

**Não é surpreendente ver que o último teorema de Fermat [Pierre de Fermat, matemático francês, 1601-1665] tenha sido demonstrado neste século?**

Não, de modo algum. Lembro-me de ter dito a colegas que em 10 anos o teorema estaria provado. Levou menos do que isso. O teorema de Fermat é só um caso especial do problema de procurar soluções de uma equação com números inteiros. No fim do século passado, já dispúnhamos de ferramentas extremamente poderosas para esse fim, e era só uma questão de tempo. O último teorema de Fermat é apenas

**Antes da demonstração, achava-se que o teorema talvez nunca pudesse ser provado. Até que ponto os matemáticos se preocupam com a possibilidade de a matemática não dispor de métodos suficientemente poderosos para abordar certos problemas?**

Sabemos que há questões que não podem ser decididas, mas não creio que alguém pensasse que o teorema de Fermat pertencesse a essa categoria. Mas há questões importantes que talvez nos reservem a surpresa de descobrirmos que não podem ser decididas. Não se trata de meros exercícios de lógica, mas de problemas reais. Se isso ocorresse, talvez provocasse mais um século de reflexões. Pode ser que no próximo século isso seja provado para algum problema realmente importante e provoque uma rediscussão dos fundamentos da matemática.

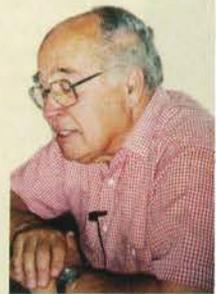
**Há um debate sobre se a estrutura lógica afeta o modo como percebemos o mundo, e dizem que talvez algumas respostas estejam na própria matemática.**

Sua pergunta é sobre até que ponto o mundo exterior reflete a matemática ou até que ponto a matemática é uma descrição dele. É uma questão filosófica profunda. Sempre impressionou o fato de a matemática representar bem fenômenos físicos fundamentais, o que provaria ser Deus um excelente matemático. É uma pergunta filosófica muito difícil, que pode levar a respostas muito diferentes. Acho que a matemática é uma criação da mente humana, mas a mente humana é um produto da evolução e para sobreviver teve de refletir a realidade física exterior. Assim, a estrutura interna do cérebro teve de se desenvolver para lidar com o mundo exterior, e não é muito surpreendente que ela esteja em harmonia com esse mundo. É verdade que no dia-a-dia lidamos com objetos na nossa escala, ao passo que as teorias físicas atuais lidam com escalas muito maiores e muito menores que a nossa. Em nossa evolução, nunca tivemos de travar batalhas com buracos negros nem de lidar com objetos microscópicos, embora sejamos atacados por microrganismos. Embora projetado para lidar com a nossa escala, o cérebro humano desenvolveu a capacidade intelectual para tratar dessas outras escalas extremas, gran-

## **Sempre impressionou o fato de a matemática representar bem fenômenos físicos fundamentais, o que provaria ser Deus um excelente matemático**

uma das conseqüências do desenvolvimento de uma teoria muito mais ampla. Não se trata de uma pessoa isolada escalando o monte Everest; havia todo um exército por trás. É também um exemplo de como é importante testar teorias extremamente gerais, mostrando que elas permitem resolver problemas concretos não triviais. Nesse sentido, o último teorema de Fermat é uma bela ilustração do sucesso da matemática neste século.

de e pequena. Pode-se argumentar que isso resulta simplesmente da consistência do mundo externo. É consistente, da menor escala até a maior. Daí poderemos tratar com a matemática de um extremo ao outro, mas não deixa de ser um tanto surpreendente. A física dos dois extremos é matematicamente bastante simples, mas na escala intermediária, é muito mais complicada. Entender os efeitos da mecânica quântica na escala intermediária é ainda um pro- ▶



blema não resolvido. É preciso desemaranhar os efeitos resultantes da escala microscópica. É como perceber a floresta e a partir dela descobrir como crescem as plantas. É fascinante. Recentemente, foi publicado um livro muito interessante, um diálogo entre o matemático francês Alain Connes e o biólogo francês Jean-Pierre Changeux. Eles discutem as relações entre ciência e matemática, se nós inventamos leis ou as descobrimos. Alain Connes adota a filosofia platônica. Ele acredita que os resultados matemáticos existam independentemente de nós; o teorema de Pitágoras [matemático grego, c.560-480

nel. Talvez surja uma teoria satisfatória, combinando gravitação e física quântica, daqui a cinco ou 10 anos. Se será a teoria final, isso é outro assunto.

**Depois de algum tempo, descobriu-se que seu teorema do índice era um instrumento poderoso para a mecânica quântica. Então, o que está na dianteira, a física ou a matemática?**

Depende do contexto. Meu teorema do índice foi motivado pela geometria clássica. Ao mesmo tempo, os físicos estavam trabalhando independentemente em assuntos relacionados à teoria quântica



## **A matemática sempre foi um jogo dos jovens. Muitos dos maiores matemáticos tiveram suas melhores idéias entre 20 e 30 anos de idade**

a.C.] já existia antes de ser descoberto por ele. Isso contrasta com a idéia de que somos apenas um reflexo do mundo exterior.

**Está muito na moda em física a teoria das supercordas, que foi desenvolvida usando suas idéias. O senhor acredita numa teoria final?**

Primeiro, quero corrigir sua afirmação. A teoria das supercordas remonta a uma série de idéias muito anteriores e empregou entre outras ferramentas o teorema do índice que eu havia demonstrado. Quanto a uma teoria final, isso é uma questão filosófica. Os físicos fizeram muitos progressos e parecem estar perto não de uma teoria final, mas de uma melhor compreensão. O problema principal para a física teórica é como compatibilizar duas teorias fundamentais, a quântica, por um lado, e a da gravitação de Einstein, por outro. A teoria de Einstein explica fenômenos em grande escala, como buracos negros e o *Big Bang*, enquanto a teoria quântica trata de escalas muito pequenas. Assim, há pessoas que perguntam por que é preciso combiná-las, já que uma teoria se aplica a uma escala e a outra se aplica a uma diferente. Mas as pessoas gostam de ter um ponto de vista unificado e não de dizer que um dia aplicam uma teoria e no dia seguinte, outra. Além disso, se remontarmos aos instantes logo após o *Big Bang*, a diferença entre as escalas pequenas e grandes desaparece. Assim, é preciso saber como combinar as duas teorias para seguir a evolução do universo pouco depois do *Big Bang*. A unificação é muito difícil, porque na teoria de Einstein espaço e tempo são tratados como fixos e na mecânica quântica o princípio da incerteza não permite fixá-los. É difícil ver como combinar geometria com incerteza. A teoria das supercordas talvez permita pela primeira vez combinar teoria quântica e gravitação do ponto de vista matemático. A cada dois anos, diz-se que houve um avanço fundamental e espera-se estar vendo a luz no fim do tú-

dos campos e descobriram alguns aspectos do teorema do índice. Assim, quando se estabeleceu uma ponte, puderam empregar vários resultados matemáticos, porque eles próprios já haviam começado a obter alguns desses resultados. Atualmente, porém, a teoria das cordas está muito à frente da matemática, e os matemáticos têm de trabalhar muito para entender as implicações do que os físicos estão fazendo. Os físicos não se preocupam com provas formais. Para eles, o teste de uma teoria é o acordo com a experiência. Então, eles podem explorar suas idéias com muita liberdade. Algumas delas têm grande impacto na matemática, mas para o matemático é necessário ter uma prova. Para isso, é preciso desenvolver novas técnicas, o que toma muito tempo. Neste momento, os físicos estão mais adiantados nessa área. Mas isso varia: Georg Riemann [matemático alemão, 1826-1866] estava adiantado em relação a Einstein, e o teorema do índice, um pouco adiantado em relação à física. Logo, a situação oscila com o tempo.

**O fato de a Escola Bourbaki ter enfatizado estruturas abstratas, desligadas de aplicações, não atrasou o desenvolvimento da matemática?**

É preciso responder no contexto da evolução da matemática na França. Ela tinha uma grande tradição, mas durante a Primeira Guerra muitos matemáticos morreram. Criou-se uma lacuna entre a geração do fim do século 19 e o pós-guerra. A nova geração considerou antiquadas as idéias de seus precursores e criou um movimento pela modernização da matemática. Quiseram reorganizar toda a matemática, o que foi um erro. Deram uma excelente contribuição modernizando diversos tópicos, no estilo de David Hilbert [matemático alemão, 1862-1943], abordando uma área de cada vez. Por décadas, até a Segunda Guerra, foi uma influência importante. Eu próprio estive ligado à Escola Bour-

baki. Entretanto, foram demasiado ambiciosos tentando abarcar toda a matemática e criaram uma espécie de camisa-de-força. Os jovens que se formaram naquele período foram prejudicados. Desenvolveu-se uma reação, mostrando que a matemática é grande demais para ser enquadrada no molde da Escola Bourbaki. A matemática não pode ser isolada do mundo exterior e das outras ciências. Algumias das pessoas influenciadas por essa escola adotaram um ponto de vista demasiado estreito. Assim, ela teve efeitos positivos e negativos.

#### **A matemática moderna deixou vestígios na educação?**

Ela foi parte da influência da Escola Bourbaki. Nas mãos de um bom professor, podia ser muito estimulante e útil. Mas, nas de um professor que não a entendesse, pode ter sido nociva: aprendia-se um vocabulário sem se entender seu conteúdo. Portanto, era uma faca de dois gumes cujos resultados dependiam inteiramente do professor. O problema com reformas na educação em matemática é que elas dependem inteiramente do que o professor pode fazer em sala de aula. Se o professor não as assimilou, são inteiramente inúteis. Nos Estados Unidos, percebeu-se que era preciso voltar atrás.

#### **Que área da ciência será a mais desenvolvida no próximo século? E na matemática?**

Acredito que o próximo século será dominado pelo esforço em entender o cérebro humano. E essa compreensão vai necessitar de matemática muito sofisticada. Mas avanços importantes em matemática e outras ciências em geral não podem ser preditos.

#### **O senhor foi bom aluno em matemática na escola? (risos) Parece que Kurt Gödel [matemático alemão, 1906-1978] na escola tirava nota 10 em todas as disciplinas e só teve uma nota 8 em matemática.**

Conheci Gödel ligeiramente. Era uma personalidade excepcional. É preciso tomar cuidado com essas

minha mesada em diferentes moedas e depois as trocava com meu pai. Sempre lucrava na transação, e meu pai dizia que eu era um matemático (*risos*).

#### **O que leva um jovem hoje a se dedicar à matemática?**

Bem, não sou mais jovem, portanto não sou a pessoa certa para responder. Mas a matemática é uma atividade intelectual muito estimulante. Um jovem que estuda matemática pode adquirir grande reputação rapidamente. É possível atingir logo a fronteira da matemática. O que é essencial para uma descoberta na área é originalidade, e os jovens são geralmente melhores nisso porque não carregam excesso de bagagem. A matemática sempre foi um jogo dos jovens. Muitos dos maiores matemáticos tiveram suas melhores idéias entre 20 e 30 anos de idade. Além disso, a matemática tem um grande campo de aplicações, permitindo que contribua para a física, biologia, economia, conforme seus interesses. Muitos de meus alunos em Cambridge, depois de formados, migraram para outras áreas. Um deles interessou-se por direito e tornou-se a pessoa mais importante da Inglaterra nessa área. Outros se tornaram muito conhecidos em biologia. Isso também se aplica a físicos: através da cristalografia, por exemplo, acabaram dando grandes contribuições à biologia molecular. Muitos se dedicaram à ciência da computação ou à matemática financeira, o que levou vários a enriquecer. Enfim, acho que a matemática ainda exerce uma grande atração intelectual.

#### **A visão comum é que para ser matemático é preciso ter um talento superior, ser um gênio, um tipo de super-homem. É verdade?**

É verdade que há prodígios matemáticos, mas isso está longe de ser verdade para a maioria dos matemáticos profissionais. Infelizmente, em muitos casos, as pessoas desistem da matemática porque têm maus professores, e é difícil chegar a uma etapa superior sem ter uma boa base nas anteriores. Seria um desas-

## **Conheço muitos prodígios que não se tornaram bons matemáticos e muitos bons matemáticos que nunca foram prodígios**

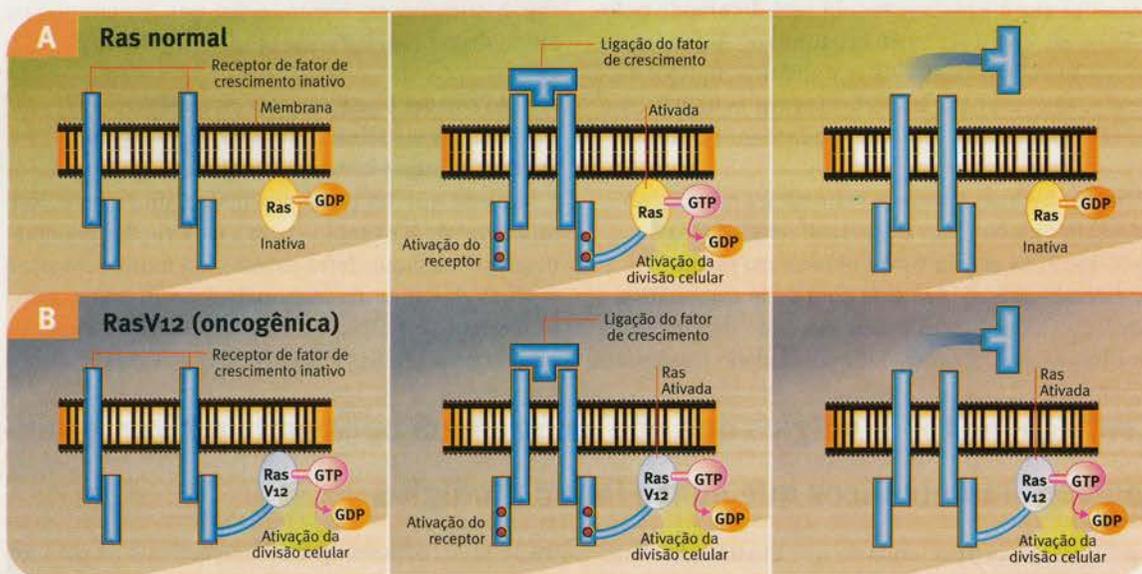
histórias. Havia uma lenda de que Einstein não fora bom aluno em matemática. É um equívoco, porque as pessoas não conheciam o sistema de notas nas escolas alemãs da época. A nota 1 de Einstein significava que ele era o melhor aluno de sua turma. Não acredito que nenhum matemático bem-sucedido tenha sido mau aluno em matemática: é impossível. O que pode acontecer é ter um mau professor, o que desestimula seu interesse pelo assunto e, em consequência, leva-o a tirar notas ruins. Fui bom aluno. Quando viajávamos pelo Oriente Médio, guardava

tre se se acreditasse que a matemática é só para gênios. A matemática é tão importante na sociedade moderna que é essencial que seja compreendida pelas pessoas. Não é preciso ser um gênio para compreendê-la e usá-la em outras carreiras. Conheço muitos prodígios que não se tornaram bons matemáticos e muitos bons matemáticos que nunca foram prodígios. A superposição entre as duas categorias é pequena. É como na música: prodígios podem-se tornar bons intérpretes, mas é extremamente raro que se tornem bons compositores, o que exige criatividade. ■



# Criando células tumorais humanas

Há mais de uma década os cientistas tentavam reproduzir em laboratório o mecanismo que transforma uma célula humana normal em tumoral – passo inicial que pode levar ao câncer. Esse desafio acaba de ser superado, segundo estudo publicado na revista *Nature* (v. 400, p. 464). Além de facilitar o estudo do processo de formação de tumores, a criação de células humanas tumorais a partir de células normais pode ajudar a encontrar novas formas de combater o câncer.



**Figura 1. Ação da proteína Ras normal (A) e da Ras mutante (B) no controle da proliferação celular: a normal só é ativada na presença de fatores de crescimento, enquanto a mutante oncogênica está constantemente ativada, induzindo a divisão da célula mesmo sem estímulos para isso**

**P**or que criar células tumorais humanas em laboratório? A resposta está na possibilidade de usar tais células como modelos em estudos sobre a origem de tumores (oncogênese) e do câncer (carcinogênese). O câncer resulta de um conjunto de alterações

genéticas que levam à proliferação celular descontrolada, que escapa da vigilância exercida pelo sistema imunológico. Além de se dividir sem controle, as células tumorais adquirem a capacidade de migrar e invadir outros tecidos (metástase) e de drenar

nutrientes, o que resulta na caquexia (emagrecimento exagerado), na perda de funções vitais dos tecidos invadidos e, com frequência, na morte do indivíduo.

O processo de transformação de uma célula normal em tumoral ou maligna é lento, gradual e cumulativo. Sabe-se hoje que, na maioria dos casos, esse processo tem origem na ativação de oncogenes e/ou na inativação de genes supressores de tumor. As proteínas que induzem a proliferação celular (fatores de crescimento, seus receptores e outras) são codificadas por proto-oncogenes. Tais genes só são expressos (ou 'ligados') em certos momentos do desenvolvimento do indivíduo, mas podem sofrer mutações que os tornam constantemente ativos. Nesse caso, passam a ser oncogenes. Também já foram identificadas algumas proteínas (p53, pRb e outras) que atuam como repressoras da divisão celular e são codificadas pelos chamados genes supressores de tumor.

Para compreender melhor a oncogênese e a carcinogênese, muitas equipes de pesquisa tentam reproduzir, em laboratório, a transformação de células normais em tumorais. Os primeiros trabalhos, publicados nos anos 80, mostraram que a ação conjunta dos produtos de pelo menos dois oncogenes bastava para obter essa transformação em células de camundongo. O resultado não se repetiu em estudos semelhantes com células humanas, sugerindo que a transformação dessas células exige alterações genéticas adicionais.

O desafio de criar uma célula tumoral em laboratório a partir de uma célula humana normal foi superado recentemente por um grupo de pesquisadores de várias instituições norte-americanas, liderado por Roberto Weinberg, do Whitehead Institute, do Massachusetts Institute of Technology. A descrição do estudo, publicada na *Nature*, revela que a transforma-

ção foi possível através da introdução, nas células mantidas em cultura, de três genes: o oncogene *rasV12* (forma mutante do proto-oncogene *ras*), o oncogene viral *large-T* (que inativa proteínas reguladoras do ciclo celular) e o gene *TERT* (que codifica a enzima telomerase). Essa enzima evita a redução normal dos telômeros – extremidades dos cromossomos – durante a divisão celular (ver 'Telômeros, relógios do envelhecimento?', em *CH* nº 137, e 'Dolly já nasceu velha?', em *CH* nº 152).

### O oncogene *rasV12*

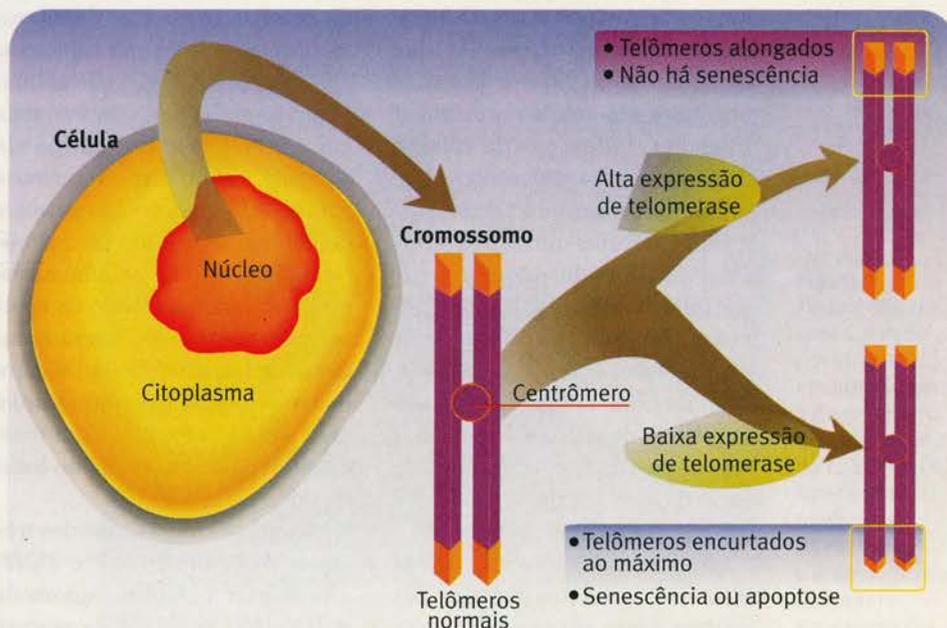
As proteínas Ras fazem parte da superfamília das GTPases, que catalisam a quebra de guanossina trifosfato (GTP) em guanossina difosfato (GDP) e fosfato inorgânico. Essas proteínas estão envolvidas no controle de uma série de processos celulares, entre eles o de proliferação. Situadas normalmente no lado interno da membrana da célula, as proteínas Ras, em sua forma inativa, ficam ligadas a uma molécula de GDP. Quando a célula recebe estímulos para se dividir (através da ligação de fatores de crescimento aos seus receptores, situados na membra-

na), a proteína Ras é ativada, liberando o GDP e ligando-se ao GTP. Isso ativa outras proteínas, acionando o complexo processo de sinalização da divisão celular. Esse sinal é desligado pela quebra do GTP ligado à Ras. Com isso, a Ras volta a ficar ligada ao GDP, cessando a ativação das proteínas que acionam a divisão (figura 1).

O proto-oncogene *ras* sofre, com certa frequência, mutações que o levam a codificar uma forma defeituosa da proteína Ras, na qual o aminoácido glicina é substituído por valina (na posição 12 da molécula). Essa simples troca pode levar a proteína a um estado de ativação constante, o que induz a célula a se dividir de modo contínuo. Essas e outras mutações do gene *ras* são encontradas com frequência em células de tumores malignos humanos, indicando a importância dessa proteína no controle da proliferação celular.

Estudos revelam que a introdução do oncogene *rasV12* em linhagens imortalizadas de fibroblastos (células do tecido conjuntivo) de camundongos e ratos pode transformar essas células, a princípio normais, em tumorais – células imortalizadas dividem-se

**Figura 2.** Os telômeros, extremidades dos cromossomos, são encurtados a cada divisão celular (até um limite máximo, após o qual a célula não se divide mais), mas a telomerase promove o seu alongamento, permitindo que a célula se divida além do seu limite normal (e até ilimitadamente)



ilimitadamente desde que as condições nutricionais sejam favoráveis. No entanto, a introdução desse oncogene em fibroblastos recém-retirados da pele (humana ou de murinos), os quais têm duração limitada em cultura, não leva à sua transformação em células tumorais.

### O oncogene viral *large-T*

Descoberto originalmente em macacos, o SV40 (de *simian virus*) é um vírus de DNA, capaz de gerar tumores quando injetado em murinos. Isso ocorre graças à atividade das proteínas LT (*large-T*) e ST (*small-T*), que interferem com os mecanismos de controle do ciclo celular. Em células infectadas com o SV40, a LT liga-se às proteínas p53 e pRb (que impedem a divisão da célula na ausência de estímulo ou no caso de dano em seu material genético) e as 'desliga'. Por ter a propriedade de suprimir a ação protetora dessas proteínas, o gene *large-T* é largamente usado em estudos de tumorigênese e para imortalizar células em cultura.

### O gene *TERT* e a telomerase

O terceiro gene utilizado no estudo é o que codifica a enzima telomerase. Atribui-se a essa enzima os resultados divergentes das experiências anteriores de carcinogênese em células murinas e humanas. Linhagens de células de murinos, mantidas em cultura, expressam a telomerase, enquanto células humanas não-imortais normalmente não a expressam (exceto as de alguns tecidos que exibem alta taxa de proliferação, como a medula óssea). Embora, em geral, não haja expressão de telomerase em tecidos humanos normais, a grande maioria dos tumores malignos humanos expressa essa enzima.

A telomerase atua em regiões situadas nas extremidades dos cromossomos, denominadas telô-

meros (figura 2), formadas por seqüências repetitivas de nucleotídeos (as unidades básicas de construção do material genético). Tais seqüências são removidas aos poucos, a cada divisão celular. Após certo número de divisões, os telômeros atingem um comprimento mínimo, a partir do qual não podem mais ser encurtados. Nesse ponto, a célula perde a capacidade de se dividir, passando ao estado de senescência (envelhecimento) ou se degenerando, por um processo denominado apoptose (uma espécie de 'suicídio' celular). A telomerase repõe as seqüências perdidas pelos telômeros, aumentando o número de divisões celulares possíveis ou até tornando a célula imortal.

### Ensaio *in vitro* e *in vivo*

Na experiência relatada na *Nature*, os pesquisadores do Whitehead Institute introduziram diferentes combinações dos três genes (todos juntos ou dois a dois) em culturas de fibroblastos humanos normais. Assim, geraram diferentes células transgênicas (que expressam genes exógenos).

Para avaliar se essas células tinham a capacidade de gerar tumores, ensaios de crescimento celular foram realizados em gel de agarose. Nesse tipo de ensaio *in vitro*, as células são colocadas não sobre uma superfície sólida, onde normalmente aderem, mas em um meio semisólido (gel de agarose), no qual só crescem as células tumorais, pois as normais dependem de adesão para proliferar. Foram feitos, também, estudos *in vivo*, injetando as células transgênicas em camundongos *nude* (imunodeficientes, para evitar a rejeição dos implantes) e avaliando a capacidade das mesmas de induzir tumores no local da injeção.

Apenas a combinação dos três genes (*rasV12*, *large-T* e *TERT*) deu origem a células capazes de gerar colônias em gel de agarose

e tumores (macroscópicos e palpáveis) em camundongos *nude*. Células que receberam a combinação de *large-T* e *TERT* tornaram-se imortais, crescendo indefinidamente em cultura, mas se revelaram incapazes de produzir tumores nos camundongos. Da mesma forma, as que receberam *large-T* e *rasV12* também não formaram tumores *in vivo*.

O estudo das alterações moleculares mínimas necessárias para transformar células normais, gerando tumores malignos, abre novos caminhos para a pesquisa básica e aplicada de oncologia. É possível prever o desenvolvimento, em futuro próximo, de novas estratégias de tratamento do câncer. Entre essas estratégias, estão sendo cogitados compostos que interfiram em vias bioquímicas de sinalização celular ou na estrutura cromossômica (telômeros) e, ainda, terapia gênica que permita bloquear o crescimento tumoral através da introdução de genes supressores de tumor ou de construções gênicas que impeçam a expressão de determinados oncogenes ou da telomerase.

Em outro trabalho, publicado pouco depois (na revista *Nature Medicine*), o mesmo laboratório (liderado por Weinberg) mostra que o crescimento tumoral pode ser bloqueado se for introduzido, nas células tumorais, uma versão alterada (mutada) do gene da telomerase (*TERT*), que codifica uma proteína capaz de anular a atividade da telomerase normal da célula. Isso representa uma importante contribuição da engenharia genética para o melhoramento de nossa qualidade de vida, sobretudo do que diz respeito ao tratamento do câncer.

**Christian Colin e  
Mari Cleide Sogayar**  
Instituto de Química,  
Universidade de São Paulo

# O fóton aprisionado

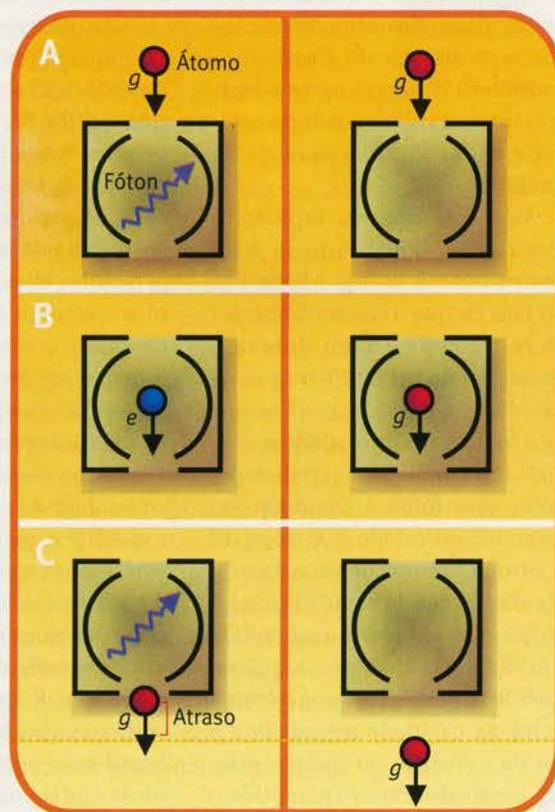
Isolar um fóton – partícula de luz – e realizar medidas repetidas, sem que ele fosse destruído, era um grande desafio. Essa proeza acaba de ser realizada, segundo estudo publicado em julho na revista *Nature* (v. 400, p. 239), abrindo perspectivas como a da construção de computadores baseados em fenômenos quânticos.

A natureza da luz sempre foi objeto de discussão entre os físicos. Primeiro, acreditou-se que seria composta de partículas, ou corpúsculos, e que sempre se propagaria em linha reta (raios de luz). O físico inglês Isaac Newton (1642-1727) defendia essa idéia e, dado o respeito por seu nome, ela sobreviveu por muito tempo. No início do século 19, novas experiências sugeriram que a luz tinha natureza ondulatória, pois exibia fenômenos típicos de ondas, como interferência e difração (capacidade de ‘contornar’ obstáculos, desviando-se da propagação retilínea).

Em 1905, visando explicar o efeito fotoelétrico (em que elétrons são ejetados de uma superfície metálica iluminada), observando alguns anos antes, o físico alemão Albert Einstein (1879-1955) propôs nova teoria corpuscular, embora misturando ingredientes da teoria ondulatória. Sabemos que a luz transporta energia – percebemos isso, por exemplo, pelas queimaduras em nossa pele após exposição excessiva à luz solar. Einstein sugeriu que essa energia

era transportada por partículas indivisíveis, todas de mesma energia, e chamou essas partículas de *quanta* de luz – o nome fóton é devido a um químico norte-americano, Gilbert Lewis (1875-1946), em um trabalho cujos resultados estavam errados. Embora o conceito de fóton tenha sido introduzido há quase um século, ele apresenta propriedades estranhas e é muito difícil entender todo o seu significado.

O trabalho publicado na *Nature* demonstrou, pela primeira vez, que é possível capturar apenas um fóton e mantê-lo ‘em observação’ por um tempo finito, através de medidas repetidas. Os autores da façanha fazem parte de um grupo de pesquisadores da Ecole Normale Supérieure, em Paris, liderados por Serge Haroche. Mas como se ‘mede’ um fóton? Isso pode ser feito com o uso de dispositivos (fotomultiplicadores) baseados no efeito fotoelétrico explicado por Einstein. O problema desses dispositivos é que o fóton é destruído na medida, o que impossibilita realizar medidas repetidas.



**Na experiência de Paris (coluna à esquerda), o átomo está no estado  $g$  antes de entrar na cavidade (A), passa para o estado  $e$  ao interagir com o fóton (B) e volta ao estado  $g$  ao sair da cavidade (C), sofrendo um ‘atraso’ em relação a um átomo que passe pela mesma cavidade sem o fóton (coluna à direita)**

A estratégia usada pelo grupo francês é bem diferente. O fóton (de frequência na faixa de microondas) fica 'aprisionado' dentro de uma cavidade, feita de dois espelhos de nióbio supercondutor, como uma bola de borracha ricocheteando nas paredes de uma caixa. Para obter as medições, são enviados átomos (um de cada vez) através da cavidade, para que interajam com o fóton. Cada átomo pode ter dois valores diferentes de energia, caracterizados por números quânticos (como aprendemos em química, no ensino médio), e podemos chamar os estados atômicos correspondentes a cada um desses valores de *e* e *g*. Se o átomo está inicialmente no estado *g* e há um fóton na cavidade, esse átomo pode absorver a energia do fóton (destruindo-o) e passar ao estado *e*. Portanto, se o átomo sair da cavidade em *e*, significa que ali há um fóton.

Mas essa medida também é 'destrutiva'. Como torná-la 'não-destrutiva'? A solução baseia-se no fato de que a troca de energia entre o átomo e o fóton, durante a passagem do primeiro através da cavidade, é periódica: ele absorve o fóton e atinge o estado *e*, mas após um tempo característico devolve esse fóton à cavidade, retornando ao estado *g*. É possível controlar o tempo de passagem do átomo através da cavidade, de tal modo que ele sofre exatamente um ciclo de absorção e subsequente emissão. Ou seja, o átomo entra na cavidade no estado *g* e sai da cavidade no mesmo estado, tendo absorvido e reemitido o fóton. O que se ganha com isso? Afinal, o sistema parece continuar 'igual' depois que o átomo passa: a cavidade contém um fóton e o átomo está no mesmo estado em que entrou. No entanto, ocorre um efeito sutil nesse processo: é como se o átomo, ao interagir com o fóton, 'perdesse tempo', sofrendo um atraso (extremamen-

te pequeno). Se não houver um fóton na cavidade, o átomo não sofre qualquer atraso.

Na experiência de Paris, o átomo é introduzido na cavidade inicialmente no estado *g*. Após interagir com o fóton (absorvendo-o e emitindo-o), o átomo deixa a cavidade no mesmo estado *g* e sofre um atraso. Medindo esse atraso, os pesquisadores puderam distinguir entre 0 ou 1 fóton na cavidade (eles conseguem garantir que a probabilidade de haver mais de um fóton na cavidade seja muito pequena). Naturalmente, ao se repetir a medida, os resultados são os mesmos, visto que o átomo deixa a cavidade da mesma forma que a encontrou (o fóton continua lá).

Além de ter sido a primeira vez em que um fóton foi isolado e observado mais de uma vez, a experiência de Paris também abre perspectivas no campo da computação quântica. A luz na cavidade, contendo 0 ou 1 fóton, pode ser tratada como um *bit* com propriedades descritas pela mecânica quântica (um *bit* quântico, ou *qubit*). O átomo também pode fornecer informação binária, associando-se o valor 0 a um estado de determinada energia e o valor 1 a outro estado, e esse *bit* atômico também se comporta segundo a mecânica quântica. Não descrevemos aqui o método de medida do atraso atômico, mas ele permite perceber que o estado atômico depende do estado da luz (0 ou 1 fóton). É possível, então, construir uma porta lógica quântica (similar às portas lógicas eletrônicas indispensáveis aos atuais computadores) na qual a luz e o átomo fariam, respectivamente, os papéis de *bit* de controle e *bit* alvo.

**Paulo Nussenzweig**  
Instituto de Física,  
Universidade de São Paulo

**MEIO AMBIENTE**

**NAVIOS TAMBÉM POLUEM O AR**

Kevin Capaldo e colaboradores, das universidades Carnegie Mellon e Duke (Estados Unidos), descobriram que uma fonte importante de poluição atmosférica havia sido ignorada até agora: as emissões de enxofre



pelos navios. Acreditava-se que só o plâncton marinho emitia dimetil-sulfetos responsáveis pela formação de aerossóis com enxofre. Esses aerossóis naturais ajudam a reduzir a radiação solar que chega à Terra, podendo contrabalançar o efeito estufa. Mas os pesquisadores verificaram que navios que consomem combustíveis fósseis, emitindo dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), são responsáveis por mais de 50% dos aerossóis com sulfatos na atmosfera do hemisfério Norte. Como os aerossóis gerados a partir dessa fonte artificial são prejudiciais, a descoberta significa que a atmosfera é mais poluída do que se pensava até pouco tempo atrás.

*Nature*, 19/8/99

**NEUROCIÊNCIAS**

**O HIPOCAMPO E A MEMÓRIA**

O papel do hipocampo, região do cérebro localizada no lobo temporal mediano, na memória foi esclarecido em trabalhos recentes de três grupos de universidades norte-americanas e européias. Foram comparadas pessoas normais e pessoas com amnésia causada por danos no hipocampo. Verificou-se que a região tem um papel essencial na formação de memórias de longo prazo, mas não necessariamente na sua armazenagem como se acreditava. Assim, um paciente de 76 anos com amnésia conseguiu lembrar-se da localização de ruas em sua cidade natal que não via há 50 anos, embora sua lesão no hipocampo o impedisse de reconhecer os pesquisadores mesmo após 40 visitas em um ano. O mecanismo de reorganização dos circuitos cerebrais pelo hipocampo no processo de armazenagem da memória foi estudado em ratos adotando testes não-invasivos.

Outro experimento mostrou que o hipocampo tem um papel importante na formação de memórias que permanecem inconscientes, como as habilidades adquiridas quando se aprende a amarrar os sapatos ou andar de bicicleta.

*Nature*, 12/8/99, *Science* 27/8/99

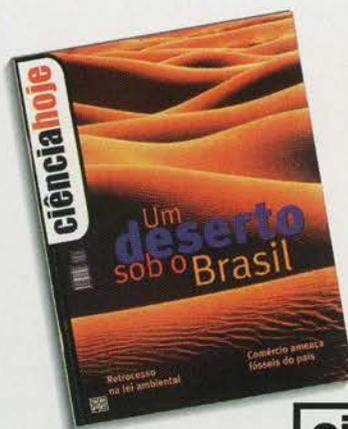




# Quer conhecer o meio Leia e assine



A melhor revista de divulgação científica para crianças. Apresenta diversas matérias e brincadeiras que ensinam ciência de uma maneira muito divertida e educativa.



A melhor e mais completa revista de divulgação científica do país.



Troque uma ideia com ela



Aventure-se no conhecimento

## Ciência Hoje na escola

Volumes temáticos para auxiliar o professor e o aluno com o ensino e o aprendizado de ciências. Todos apresentam matérias e experiências para tornar a leitura ainda mais interessante e divertida.



O melhor companheiro para as pesquisas escolares. Uma viagem da Terra ao Espaço. Um presente inesquecível para todas as crianças.

Máquina Maluca

# ambiente por inteiro? Ciência Hoje.



As páginas deste completo laboratório de ciência trazem até você as maiores aventuras do conhecimento e as mais incríveis descobertas. A Ciência Hoje é a melhor revista de divulgação científica do país. A única que conta com especialistas nas mais diversas áreas, sempre contribuindo com matérias inéditas, pesquisas e experiências intrigantes, numa linguagem acessível e dinâmica.

Em cada edição, novidades e notícias atualizadas sobre o que acontece no mundo científico, entrevistas com os melhores pesquisadores do país e do mundo e respostas para as principais dúvidas dos leitores.

LEIA E ASSINE A REVISTA CIÊNCIA HOJE e aventure-se no conhecimento.

**Ligue grátis:**  
**0800-264846**  
e dê o código **CH 62**

**ciência**hoje

**Aventure-se no conhecimento**

Departamento de Assinaturas  
Av. Venceslau Brás, 71 - casa 27  
CEP 22290-140  
Botafogo - Rio de Janeiro/RJ  
Tel.: (021) 295-4846 / Fax: (021) 541-5342  
[www.ciencia.org.br](http://www.ciencia.org.br)

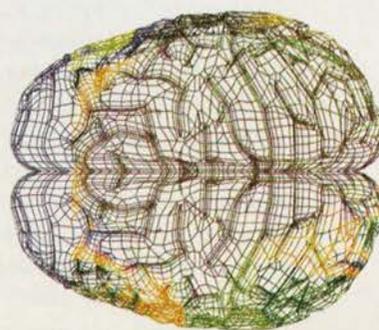
*Na última década, o estudo do cérebro ganhou uma técnica de alta resolução espacial, capaz de produzir imagens de cortes tomográficos com resolução de até 50mm. Essa técnica de produção de imagens por ressonância magnética tem sido usada na clínica radiológica para estudar a estrutura anatômica do encéfalo e evoluiu muito nos últimos tempos, passando a mapear aspectos funcionais do cérebro. Mais especificamente, passou a mapear o pensamento.*

# Mapa o pensa

**Ricardo Gattass,**  
**Mariana Fleiuss Farias e**  
**Paulo Henrique Feitosa**  
*Instituto de Biofísica*  
*Carlos Chagas Filho,*  
*Universidade Federal*  
*do Rio de Janeiro*  
**Jorge Moll**  
e **Pedro Angelo Andreiolo**  
*LABS Exames Complementares*  
*em Medicina*

# ...eando ...mento

## UM ESTUDO DE RESSONÂNCIA FUNCIONAL



**A década de 1990** nos Estados Unidos foi considerada pelo Congresso norte-americano como a década do cérebro. Com o aumento da expectativa de vida da população, a incidência das doenças degenerativas e das demências aumentou sensivelmente, causando considerável impacto socioeconômico. Mas esse aumento contrasta com o volume de conhecimento e o arsenal terapêutico disponíveis para tratar as doenças do sistema nervoso, quando comparadas com as dos demais sistemas.

Nesse período, agências de fomento à pesquisa dos Estados Unidos e outros países, prevendo os custos sociais das doenças degenerativas progressivas do sistema nervoso, lançaram programas especiais para estudar o envelhecimento do cérebro e os distúrbios do pensamento. Doenças degenerativas progressivas que ocorrem simultaneamente a distúrbios do pensamento, como a doença de Alzheimer, comprometem o indivíduo, desestruturam a família e têm elevados custos econômicos. Além de ficar fora do mercado de trabalho, o indivíduo afetado compromete a produtividade de um ou mais membros da família. Entre os programas especiais criados nos Estados Unidos e Japão está o que estuda a fisiologia do pensamento.

*Penso,  
logo existo!*

René Descartes. Discurso do método, 1637



O pensamento é uma atividade mental organizada, com alto grau de liberdade, não limitada ao mundo físico. É um processo organizado de representação neural que forma um modelo mental para planejar, definir estratégias, prever e solucionar problemas, envolvendo correlação e integração de eventos críticos no tempo e espaço. Na etapa de planejamento, o indivíduo analisa interpretações e tendências para definir o curso de ação mais efetivo.

Na etapa de previsão, analisa uma seqüência de eventos para antecipar o futuro, verificando a lógica e a coerência dos fatos, examinando hipóteses

e refletindo sobre possíveis cursos de ação. Nessa etapa, define uma estratégia, constrói determinado enredo e o ensaia figurativamente (mentalmente), estudando opções em cada fase do processo. Para solucionar problemas, o indivíduo exercita alternativas e soluções formais ou abstratas, analisando riscos e resultados.

O pensamento é importante na comunicação entre indivíduos, na análise de eventos imaginários e na abstração do mundo físico. Sua natureza pode ser, entre outras, analítica, verbal, simbólica ou abstrata. No pensamento analítico, o indivíduo

## Fundamentos da imagem por ressonância magnética

A imagem por ressonância magnética (IRM) resulta de sinais de frequência de rádio liberados por núcleos de átomos de peso atômico par quando voltam ao estado de repouso, após serem alinhados por um pulso magnético forte e homogêneo. No cérebro, o núcleo do átomo de hidrogênio da água é a principal fonte de sinal na IRM. Sua leitura em momentos distintos permite visualizar diferencialmente substância cinzenta, substância branca e fluido cérebro-espinhal. Ossos densos, que contêm pouca água, são invisíveis em tais imagens.

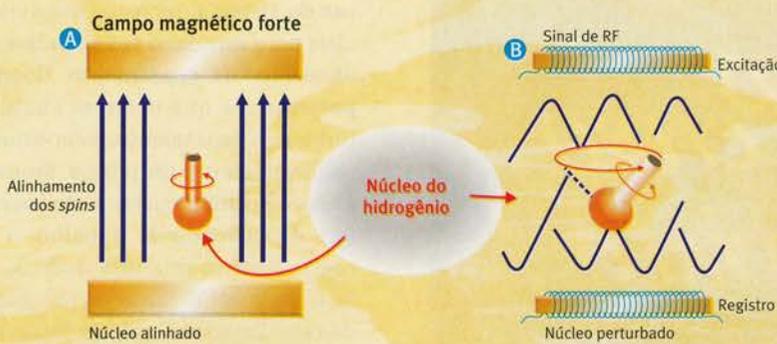
O núcleo atômico produz um sinal de IRM segundo o modelo apresentado na figura 1. A frequência das ondas de rádio é distinta para diferentes átomos, assim como para um dado átomo em diferentes meios químicos

ou físicos. Portanto, os núcleos ressonantes tornam-se transmissores de ondas de rádio com frequências características e revelam sua presença no tecido por seus sinais RF. Núcleos diferentes absorvem energia de ondas de rádio de frequências diferentes. A capacidade do núcleo atômico de absorver energia de ondas de rádio é denominada ressonância magnética nuclear.

Nos últimos anos, a evolução dos magnetos supercondutores usados para produzir ressonância magnética, das bobinas e das seqüências de pulso capazes de gerar gradientes elevados e com boa homogeneidade de campo permitiu que a ressonância magnética funcional se estabelecesse como uma das ferramentas mais poderosas,

rápidas e eficazes no campo da neurociência.

Com o nascimento dessa técnica, descrita por J.W. Belliveau e colaboradores em 1991, surgiu um método não invasivo capaz de mapear funcionalmente as diferentes áreas corticais. Embora originalmente se tenha administrado contraste intravenoso paramagnético para obter alteração do sinal da área ativada, o mesmo resultado foi reproduzido mais tarde sem a sua administração. A técnica BOLD (do inglês *blood oxygen level dependent contrast*) baseia-se nas propriedades diamagnética ou paramagnética da oxi-hemoglobina e



**Figura 1.** Quando elementos como o hidrogênio são expostos a um campo magnético estático, forte e homogêneo, o núcleo dos átomos comporta-se como um magneto e seus spins alinham-se na direção do campo aplicado (A). O alinhamento dos spins pode ser perturbado por um pulso curto de ondas de rádio (RF), que os tira de sua orientação paralela ao campo magnético e fornece a energia necessária para movimentar-se. Quando o pulso RF é suspenso, o núcleo tende a voltar à sua condição original, liberando energia em forma de ondas de rádio (B)

coordena de forma lógica modelos mentais relacionados, visando prever ou inferir um resultado. No pensamento verbal, vivencia o pensamento como se estivesse ouvindo sua voz, traduzindo, por meio da linguagem, sentimentos e relatos em palavras. No pensamento simbólico, ele analisa um modelo formal, avaliando a cada passo a perspectiva daquele ponto de visada. O pensamento musical e de relação entre línguas inclui-se na categoria de pensamento simbólico. Já o pensamento abstrato é livre, e os modelos mentais formados nesse tipo de pensamento estão desvinculados do mundo físico,

representando muitas vezes eventos imaginários. Aqui, a intuição substitui a lógica na avaliação da relação entre os modelos mentais.

Assim como a análise dos sonhos, a correlação entre cópia eferente nos sistemas motores e na percepção sensorial pode nos ajudar a entender os princípios de organização das redes neurais envolvidas na geração do pensamento. No caso do sistema motor, quando uma área do córtex envia um comando para um músculo, envia também uma cópia desse comando (cópia eferente) para outras estruturas sensoriais e motoras responsáveis pelos ajustes ▶

desoxi-hemoglobina, respectivamente, e nas variações de sua concentração relativa em áreas onde o fluxo sanguíneo aumenta em consequência da ativação neural (figura 2).

O mapeamento funcional por ressonância magnética, que resulta da manipulação do contraste intrínseco das propriedades magnéticas da hemoglobina, permite detectar alterações hemodinâmicas locais relacionadas a eventos neurais.

A atividade neural provoca a elevação do fluxo sanguíneo por mecanismos que envolvem a liberação de óxido nítrico, um gás vasodilatador.

Como o aumento de sangue arterial na região supera a discreta elevação da extração de oxigênio, no balanço final a concentração de oxí-hemoglobina, diamagnética, aumenta e a de desoxi-hemoglobina, paramagnética, diminui.

O paramagnetismo da desoxi-hemoglobina decorre da presença de dois elétrons não pareados nessa substância, o que gera grande susceptibilidade magnética local, levando à perda de sinal na IRM. O efeito final na imagem consiste no aumento da intensidade do sinal nas áreas ativas, quando se subtraem as imagens

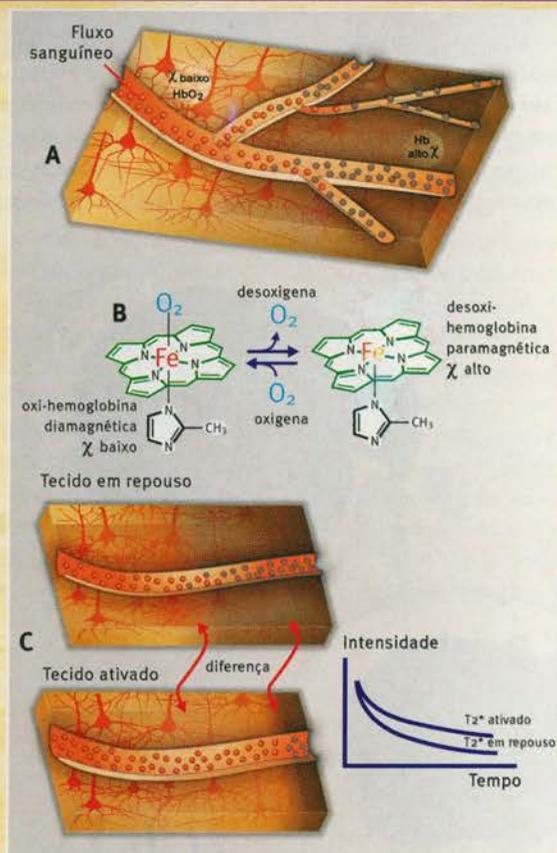


Figura 2. Peça de tecido nervoso com áreas de alto e baixo índice de oxigenação (A). A estrutura molecular da oxí- e desoxi-hemoglobina bem como suas propriedades físicas são indicadas em B. A reação de incorporação e cessão de oxigênio mostrada na figura ocorre no interior do glóbulo vermelho (hemácia).

Em C, compara-se a oxigenação de um pedaço de tecido em repouso e ativado. O mapeamento funcional por ressonância magnética resulta da variação do contraste intrínseco do tecido relacionada com as propriedades magnéticas da hemoglobina. A ativação do córtex resulta na liberação local de óxido nítrico e lactato, com concomitante vasodilatação local. O excesso de oxí-hemoglobina diminui o sinal magnético, pois essa molécula tem baixo coeficiente de interação magnética (c) em relação à desoxi-hemoglobina. A diferença (apontada pelo gráfico) entre o sinal magnético de voxels no repouso e durante uma tarefa executada pelo paciente permite identificar as áreas corticais ativas durante a tarefa

de ativação das de repouso. A pequena diferença de sinal, de aproximadamente 1-5%, é determinada após cálculo estatístico da correlação da variação da intensidade do sinal nas fases de controle e estimulação. Essa técnica é a base da maioria das investigações em neurociência feitas com RMF.



posturais e de percepção necessários à realização do movimento. Como o sonho, o pensamento é livre e nele o indivíduo pode se ver como observador (tal como vivenciamos um fato) ou como ator, em uma perspectiva egocêntrica ou alocêntrica, isto é, pode se ver como ator de uma cena ou como se estivesse fora dela.

### A RESSONÂNCIA MAGNÉTICA FUNCIONAL

A correlação de imagens por ressonância magnética durante a ação e o repouso permitiu o desenvolvimento da ressonância magnética funcional (RMF) (ver 'Fundamentos da imagem por ressonância magnética'). Em um experimento de RMF, obtém-se um certo número de imagens durante um período de estimulação (ou de uma tarefa mental) e de repouso (ou de uma tarefa mental complementar). O mesmo paradigma poderia ser usado para uma tarefa que envolvesse, por exemplo, a atenção. Nesse caso, poderíamos comparar períodos de estimulação, em que um voluntário estaria atento a determinada área

da superfície corpórea, com outros em que ele estaria atento a outra região dessa mesma superfície. A diferença das imagens estaria, pois, relacionada à atenção e não à estimulação sensorial. Seria também possível comparar seqüências de ativação durante a programação e o aprendizado de uma atividade motora com o mesmo movimento executado de forma automática, depois de aprendido. Nesse caso, pode-se não só verificar a seqüência de atuação durante o período de aprendizado, como também identificar áreas mais envolvidas com o planejamento do ato motor do que com a sua execução.

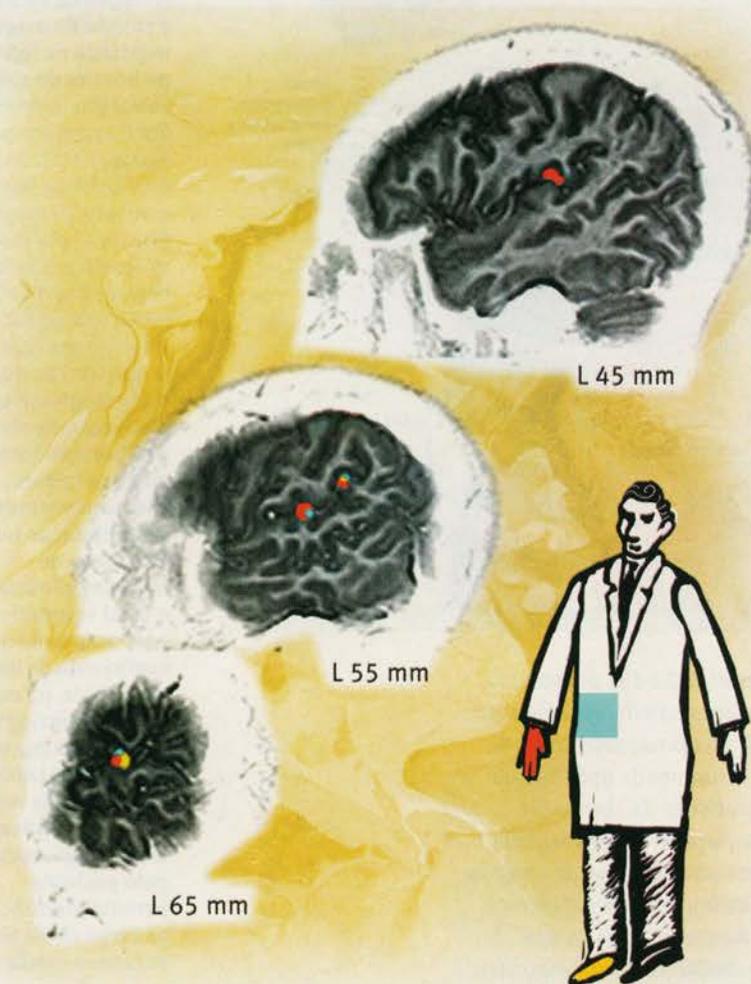
### UM EXPERIMENTO SIMPLES

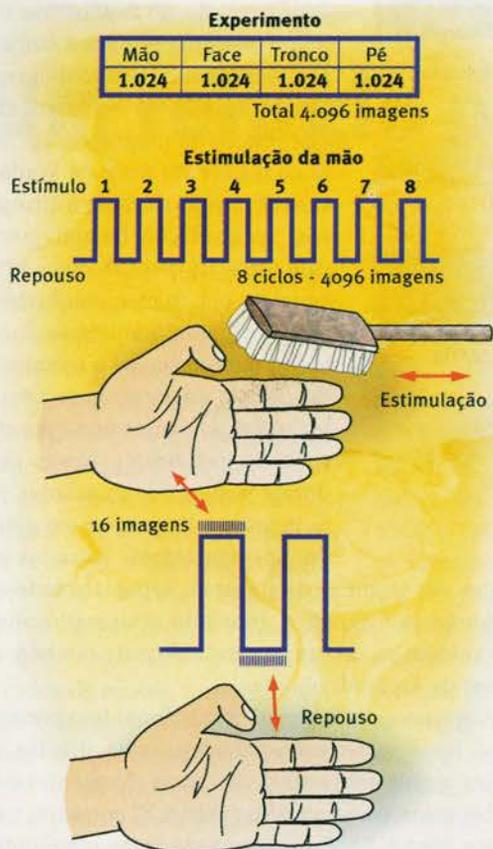
Vamos descrever as áreas do córtex cerebral responsáveis pelo tato. Para isso faremos um experimento visando estimular pedaços da pele da mão, da face, do tronco e do pé (figura 3). A visualização das áreas do córtex ativadas pela estimulação sensorial permitirá descrever a localização e a organização topográfica das áreas do tato humano. Nesse experimento

serão obtidas imagens de oito fatias do cérebro, em diferentes alturas, tomadas durante um período de estimulação e outro de repouso. Cada ciclo de estimulação e repouso produz oito conjuntos de 16 imagens de oito fatias do cérebro, totalizando 128 imagens. Na seqüência do experimento, a estimulação dos dedos da mão se repetiria oito vezes, resultando em 1.024 imagens para cada área estudada. Como o experimento estuda quatro regiões do corpo (mão, face, tronco e pé) durante a estimulação e o repouso, são produzidas 4.096 imagens (figura 4).

Tendo adquirido imagens em duas condições, é importante identificar que áreas do cérebro sofrem variação do sinal magnético correlacionada com a função estimulação/repouso. O primeiro método desenvolvido para esse fim obtinha a média das imagens durante a estimulação seguida da subtração da média durante o repouso. Para esse método, a imagem é dividida em minúsculos quadrados (*pixels*), em que cada elemento recebe um valor de intensidade da ressonância mag-

**Figura 3.** Imagens de ressonância magnética funcional mostrando as áreas de ativação do córtex cerebral em cortes tomográficos feitos a diferentes distâncias do plano médio-sagital (L 45 mm = plano parasagital que dista 45 mm da linha média; L 55 mm e L 65 mm são outros planos, mais laterais). O boneco mostra as áreas estimuladas com a cor correspondente à da área de ativação do córtex cerebral das áreas somestésicas (táteis) secundárias (SII e SII insular)





nética. A operação de subtração feita *pixel a pixel* revela pequenas áreas de sinal diferencial estimulação/repouso. A diferença de ressonância pode então ser graduada e codificada em cores e superposta à imagem estrutural da fatia estudada. Outro método utilizado hoje é o de correlação entre o sinal magnético de cada *pixel* e a curva de estimulação. Tal método permite uma análise mais geral da correlação estimulação/repouso, além de possibilitar a análise de correlações múltiplas quando o experimento é feito com mais de duas variáveis.

O método envolve a aplicação de um tratamento estatístico que correlaciona a variação de intensidade de sinal em cada *voxel* (*pixel* tridimensional) da imagem com uma curva determinada segundo os períodos de estimulação e controle. O limiar de correlação utilizado é 0,7, ou seja, todos os *pixels* cuja correlação for menor que 0,7 serão desconsiderados. Com isso obtém-se um mapa de todos os *pixels* que ultrapassaram esse coeficiente de correlação. Para aumentar a especificidade do estudo, aplicar-se-á

sobre esses mapas de correlação a técnica de agrupamento. Assim, só as áreas nas quais três ou mais *pixels* vizinhos excederem o coeficiente são consideradas como ativação real. Esse procedimento descarta em grande parte *pixels* cuja correlação é fortuita, direcionando a análise e consolidando os resultados (figura 5).

### APLICAÇÕES MÉDICAS DA RESSONÂNCIA FUNCIONAL

**Mapeamento pré-operatório** • Frequentemente a presença de lesões encefálicas, como neoplasias e malformações vasculares, são acompanhadas de distorções da anatomia cortical. Mesmo nas situações em que a estrutura está preservada, a variação da localização funcional torna arriscada qualquer tentativa de atribuir com razoável grau de precisão determinada função a um certo sítio anatômico no cérebro. O registro da atividade elétrica da superfície cortical durante uma neurocirurgia, com o paciente executando tarefas mentais conscientemente, e a procura das áreas motoras via estimulação cortical direta permitem a realização de um mapeamento funcional preciso. Mas são técnicas invasivas, demoradas e às vezes bastante complexas, feitas em poucos centros médicos no mundo. A maior parte das neurocirurgias é realizada sem qualquer avaliação desse tipo. Diante de um tumor cerebral, o cirurgião, valendo-se apenas de informações anatômicas, pondera cuidadosamente sobre a conveniência de aumentar a margem de ressecção, sob o risco de provocar severo déficit funcional ou fazer uma ressecção subótima do tumor.

Nesse campo, a RMF permite identificar a área motora e sensitiva primária com precisão milimétrica. Como o estudo funcional é feito concomitantemente ao estudo anatômico convencional pela ressonância magnética, a combinação das imagens

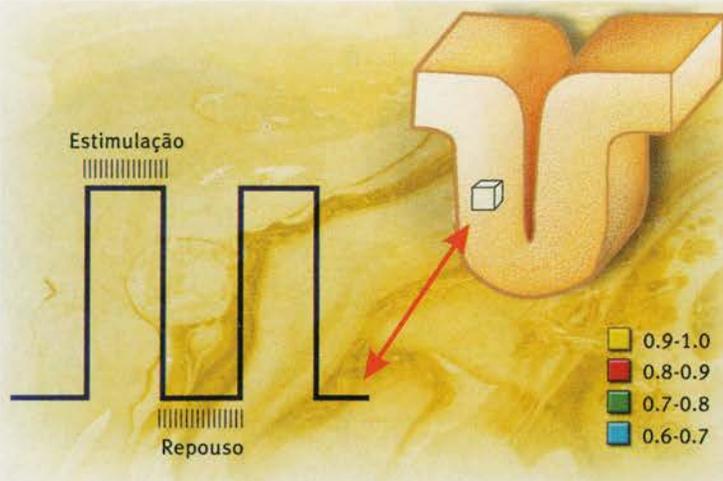


Figura 5. Variação do sinal magnético no voxel do tecido. A cor do voxel indica as faixas de índice de correlação entre a curva de estimulação/repouso e a variação do sinal magnético

Figura 4. Esquema do experimento apontado na figura 3. Feito em quatro blocos, correspondentes às áreas de ativação (mão, face, tronco e pé), o estudo propiciou a obtenção de 4.096 imagens. Em cada bloco, a estimulação foi feita em oito ciclos de estímulo e repouso. Durante o período de estímulo, feito com o auxílio de uma escova dura que se movimentava continuamente sobre a pele, foram obtidas 16 imagens. A esse período de estímulo seguia-se outro, de repouso, durante o qual foram adquiridas mais 16 imagens



Estudos funcionais do cérebro	
Ressonância Magnética Funcional	Tomografia por Emissão de Pósitrons
Maior acesso	Pequena disponibilidade
Custo inferior	Alto custo
Ausência de radiação ionizante ou radionuclédeo	Uso de radioisótopos
Resolução temporal e espacial superior	Boa resolução temporal e resolução espacial pobre/ Necessidade de registro anatômico
Menor experiência com o método	Extensa validação e consistência dos dados
Distorções provocadas por movimentos feitos pelo paciente	Menos sensível a distorções
Necessidade de colaboração do paciente	Colaboração menos exigida

é direta, contribuindo muito para a reprodutibilidade, confiabilidade e agilidade de execução do trabalho. Não é preciso calcular médias entre indivíduos, o que deteriora a resolução espacial e a avaliação de particularidades funcionais em determinado indivíduo, como ocorre na tomografia por emissão de pósitrons. Nesse caso, também, não é preciso combinar dados obtidos por técnicas completamente diversas, como nos experimentos de potenciais provocados associados a imagens geradas por ressonância magnética. A não-necessidade de uso de contraste ou de substâncias radioativas confere enorme flexibilidade ao método, tornando possível a repetição do estudo de modo teoricamente ilimitado em um mesmo indivíduo. A tabela compara características do estudo por ressonância funcional e por emissão de pósitrons.

**Localização pré-operatória de áreas da linguagem** • A demarcação de áreas cerebrais a partir de critérios puramente anatômicos oferece riscos de distúrbios de função motora e da linguagem e pode limitar o grau de ressecção em sítios eloqüentes. A

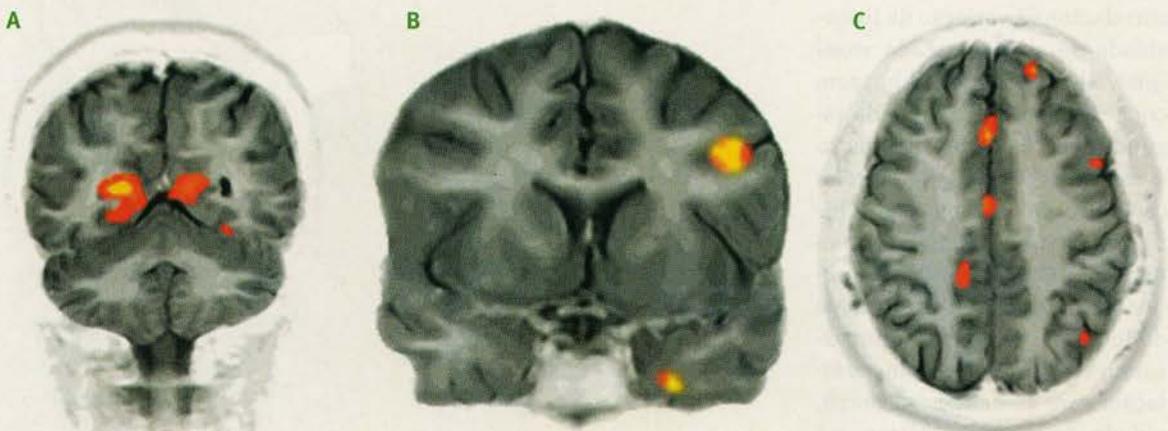
determinação do hemisfério cerebral dominante para a linguagem é essencial no planejamento pré-cirúrgico. Até recentemente a avaliação da linguagem era feita com base no teste de Wada e sua correlação durante a cirurgia com estimulação frontal posterior (área de Broca). Esse teste consiste em injetar amobarbital na carótida do hemisfério dominante para observar a instalação do déficit de linguagem transitório. Em pacientes não-cooperativos ou pediátricos, placas subdurais podem ser instaladas para mapear a linguagem no período pós-operatório. Avanços recentes em técnicas de imagem, especialmente em ressonância magnética, têm sido úteis na localização anatômica de tumor cerebral como também de lesões de áreas eloqüentes.

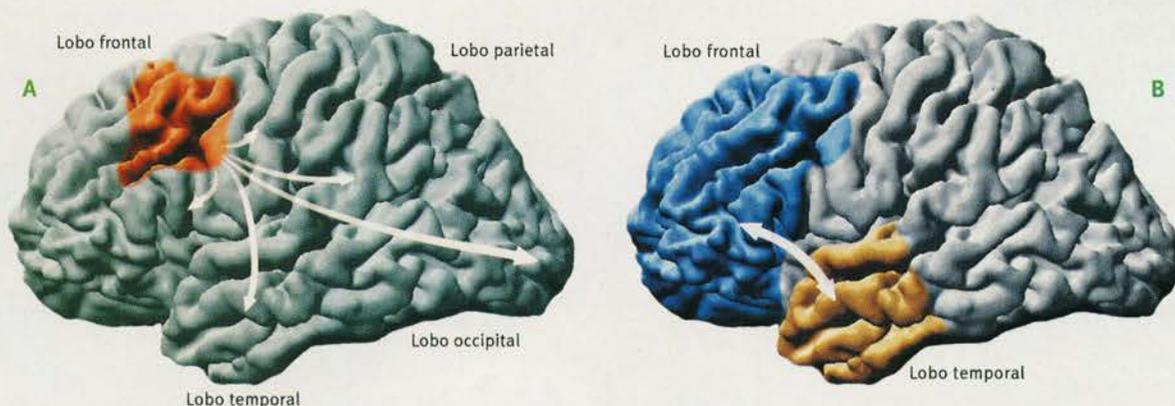
A ressonância magnética funcional tem permitido a localização pré-operatória mais precisa do córtex motor pré-central, das áreas eloqüentes e do córtex somatossensorial primário. É, portanto, vantajoso usar a RMF para mapear áreas eloqüentes, evitando os riscos, o incômodo e os custos do procedimento de Wada.

**Localização de focos epileptiformes** • A localização de focos de epilepsia baseia-se hoje no estudo do eletroencefalograma (EEG) e de técnicas de neuroimagens. A possibilidade de registro simultâneo por EEG e RMF possibilitará a obtenção de informações morfofuncionais do encéfalo com alta resolução, temporal e espacial, e precisão inédita.

**Investigação básica em neurociência** • No campo da investigação básica, a RMF assumiu recentemente uma posição de destaque entre os métodos de estudo das funções corticais e subcorticais (fi-

**Figura 6.** Exemplos de estudos de ressonância funcional: A) ativação do córtex visual por estímulo luminoso (indivíduo observando uma cena); B) ativação da área de memória de trabalho verbal por geração silenciosa de palavras (indivíduo pensando em palavras relacionadas); C) ativação do giro do cíngulo em paciente obsessivo compulsivo durante uma crise de compulsão suprimida voluntariamente



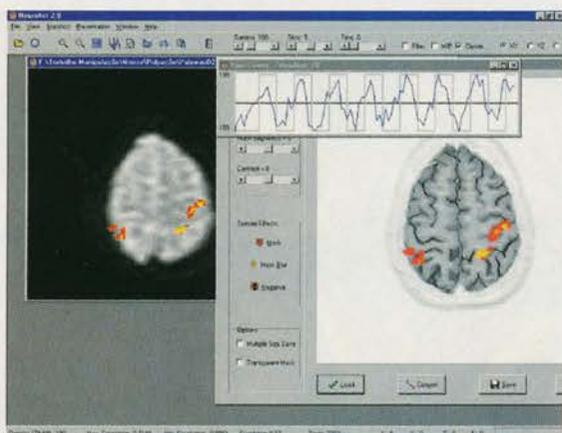


**Figura 7.** O estudo de seqüências de ativação cortical, com auxílio da tomografia por emissão de pósitrons e da ressonância magnética funcional, levou à descoberta de fenômenos e mecanismos neurais relacionados a funções mentais superiores, como o início do pensamento e a esquizofrenia. Em A vê-se a área do córtex frontal lateral esquerdo, onde se origina a ativação seqüencial, que resulta na coordenação e sincronização de áreas envolvidas com funções cognitivas, necessárias à definição de estratégias e solução de problemas. Em B, a seqüência de ativação cerebral aponta uma dissociação na sincronização dos lobos temporais (relacionados com memória declarativa) e dos lobos frontais (relacionados com coordenação do pensamento e julgamento social) em pacientes esquizofrênicos. Estes não apresentam sincronização funcional dos lobos temporal e frontal, encontrada em voluntários normais

gura 6), oferecendo vantagens no que diz respeito ao modelo humano. O grande acervo de conhecimento acumulado durante anos, baseado sobretudo em pesquisas eletrofisiológicas e anatômicas com animais, em estudos de tomografia por emissão de pósitrons e na análise detalhada das conseqüências de lesões focais no homem, fornece amplo material passível de ser adequadamente transportado, reproduzido e aperfeiçoado com o uso da RMF. Entre os assuntos mais estudados, destacam-se percepção visual (de forma, cor, movimento, profundidade), movimento voluntário, planejamento e controle motor, atenção e memórias declarativa e implícita. A maioria desses estudos envolveu voluntários normais. Entretanto, dados interessantes têm sido obtidos a partir do estudo de pacientes com distúrbios neurológicos (figura 7).

### O PROGRAMA NEURO-ACT

Mesmo nos centros mais avançados de imagens médicas, não há sistema de ressonância funcional *on line* e em tempo real. Embora os estudos utilizem paradigmas de aquisição automática, a etapa de processamento é feita *off line*. Em projeto conjunto do LABS Exames Complementares, do Tecgraf PUC-Rio e do Laboratório de Fisiologia da Cognição da UFRJ, está sendo desenvolvido um sistema integrado de aquisição e apresentação de dados em fatias do cérebro e em reconstruções tridimensionais (figura 8). O projeto, com proposição inovadora na área de imagem funcional do cérebro, foi desenvolvido com recursos do LABS Exames Complementares e gerou o programa Neuro-Act (versão 2.0), elaborado pelo engenheiro Pedro Paulo de Magalhães Oliveira Jr.



**Figura 8.** Telas do programa Neuro-Act (versão 2.0), desenvolvido com o objetivo de analisar dados de ressonância magnética funcional. O programa permite analisar as imagens obtidas durante o experimento (tela da esquerda), calcular a correlação entre a variação do sinal magnético e a curva de estimulação/repouso (tela superior) e superpor a imagem estrutural de alta resolução aos dados de ressonância funcional (tela da direita)

### Sugestões para leitura

Belliveau J.W., Kennedy D.N., McKinstry R.C. et al. 'Functional mapping of the human visual cortex by magnetic resonance imaging'. *Science*, 1991, 254:716-719.

Binder J.R., Rao S.M., Hammeke T.A. et al. 'Lateralized human brain language systems demonstrated by task subtraction functional magnetic resonance imaging'. *Arch Neurol*, 1995, 52:593-601.

Ogawa S., Menon R.S., Tank D.W. et al. 'Functional brain mapping by blood oxygenation level-dependent contrast magnetic resonance imaging'. *Biophys J*, 1993, 64:803-812.

Ogawa S., Lee T.M., Kay A.R. et al. 'Brain magnetic resonance imaging with contrast dependent on blood oxygenation'. *Proc Natl Acad Sci USA*, 1990, 94:68-78.

*A reprodução assexuada parece ser uma ótima maneira de um ser vivo passar seus genes para a próxima geração. Afinal, nesse caso, os filhos são praticamente cópias genéticas dos pais. Se isso é verdade, para que existe o sexo? Essa pergunta já incomodou muita gente e obteve muitas respostas, cada uma com sérias limitações, mas uma teoria lançada nos anos 80 parece resolver o problema. Segundo essa teoria, o sexo permite que os organismos equilibrem a constante luta evolutiva contra os seus próprios parasitas.*

**Carlos Roberto Fonseca**

Laboratório de Ecologia de Insetos,  
Departamento de Ecologia,  
Universidade Federal  
do Rio de Janeiro

# Sexo



# plumas e parasitas

**Que sexo é bom, poucas pessoas discordam.** No entanto, quando os cientistas se perguntam “bom para quê?” há controvérsias. Em 1889, o biólogo alemão August Weismann (1834-1914) notou que a função do sexo não poderia ser a de permitir a multiplicação dos organismos, pois diversas espécies reproduzem-se sem recorrer ao sexo. Qualquer pessoa que gosta de jardinagem sabe que muitas espécies de plantas ‘pegam de galho’: basta enterrar um pedaço de um ramo para obter novo indivíduo.

Outros organismos, como as planárias (vermes de vida aquática), podem gerar novo organismo pela fissão do corpo. Micróbios unicelulares simplesmente dividem-se em dois, por um processo semelhante à mitose. E muitos insetos, como os pulgões, passam parte do ano produzindo ovos que geram cópias genéticas do indivíduo que os produziu – tal processo, chamado de ‘partenogênese’, é uma forma de reprodução assexuada bem comum entre os animais, e ocorre até em animais mais complexos, como alguns lagartos, peixes e anfíbios.

◀ O JARDIM DAS DELÍCIAS TERRESTRES, ÓLEO SOBRE PAINEL DE MADEIRA, 1564, HIERONYMUS BOSCH

**Figura 1.** Na reprodução sexuada, machos e fêmeas – ou estruturas masculinas e femininas, presentes na maioria das flores – misturam os seus genes para formar um novo ser



A grande maioria dos animais e plantas, porém, reproduz-se sexuadamente, misturando genes do pai com genes da mãe (reprodução cruzada). Para que a reprodução sexuada seja possível, machos e fêmeas (ou estruturas masculinas e femininas, nas plantas) (figura 1) precisam produzir gametas (células reprodutivas, masculinas ou femininas) que em geral têm apenas uma das duas cópias de cada gene que esses indivíduos possuem.

A redução do número de cromossomos (de  $2n$  para  $n$ ) na produção de gametas ocorre através de um processo celular complexo, a meiose (figura 2). A fusão de um gameta masculino de um indivíduo com o gameta feminino de outro é chamado de fertilização. Durante essa fusão, os genes recebidos da mãe e do pai misturam-se em novas combina-

ções. Isso explica por que os filhos de um mesmo casal são sempre diferentes. De maneira simplificada, pode-se dizer que sexo é reprodução cruzada mais recombinação.

Em 1971, o evolucionista inglês John Maynard Smith (1920-) notou que um indivíduo sexuado passa apenas metade do seu material genético aos filhos, enquanto um indivíduo assexuado passa todos os seus genes. Ou seja, na corrida evolutiva, onde passar os genes para a próxima geração é

um dos maiores 'objetivos', organismos sexuados partem com desvantagem de quase 50%, que ficou conhecida como "o custo da meiose". Sexo, portanto, parece ser um luxo que não deveria existir.

Como a existência do sexo é inegável, os biólogos têm quebrado a cabeça para descobrir qual o grande benefício que ele traz para os seres vivos. Maynard Smith argumentou que o sexo só poderia ter evoluído se esse benefício misterioso pelo menos contrabalançasse o grande custo da meiose. Mas, afinal, que benefício é esse?

Desde Weismann, vários cientistas tentam identificar essa vantagem, capaz de justificar a origem e a manutenção da reprodução sexuada (ver 'O sexo serve para quê?'). Algumas das hipóteses lançadas apontam para benefícios genéticos e outras para

## O sexo serve para quê?

As hipóteses científicas mais atuais sobre a necessidade e a importância da reprodução sexuada para os seres vivos baseiam-se em argumentos genéticos ou ecológicos.

### HIPÓTESES HISTÓRICAS

**August Weismann** (1889) – Sexo é... "uma fonte de variação individual que fornece material para a operação da seleção natural".

LIMITAÇÕES: a reprodução sexuada certamente produz variabilidade, que passará pelo crivo da seleção natural. A explicação do Weismann, porém, assume que uma adaptação é criada hoje com a intenção de facilitar a evolução amanhã. Ou seja, bota a carroça na frente dos bois.

**Ronald Fisher** (1930), **Hermann Müller** (1932), **James Crow** e **Motoo Kimura** (1965) – Sexo é... "uma adaptação que permite a linhagens sexuais juntar boas mutações, de forma a sobrepujar linhagens assexuais".

LIMITAÇÕES: hoje, admite-se que, em geral, a evolução não ocorre pela disputa entre grupos, linhagens ou espécies, e sim pela disputa entre indivíduos possuidores de diferentes genótipos.

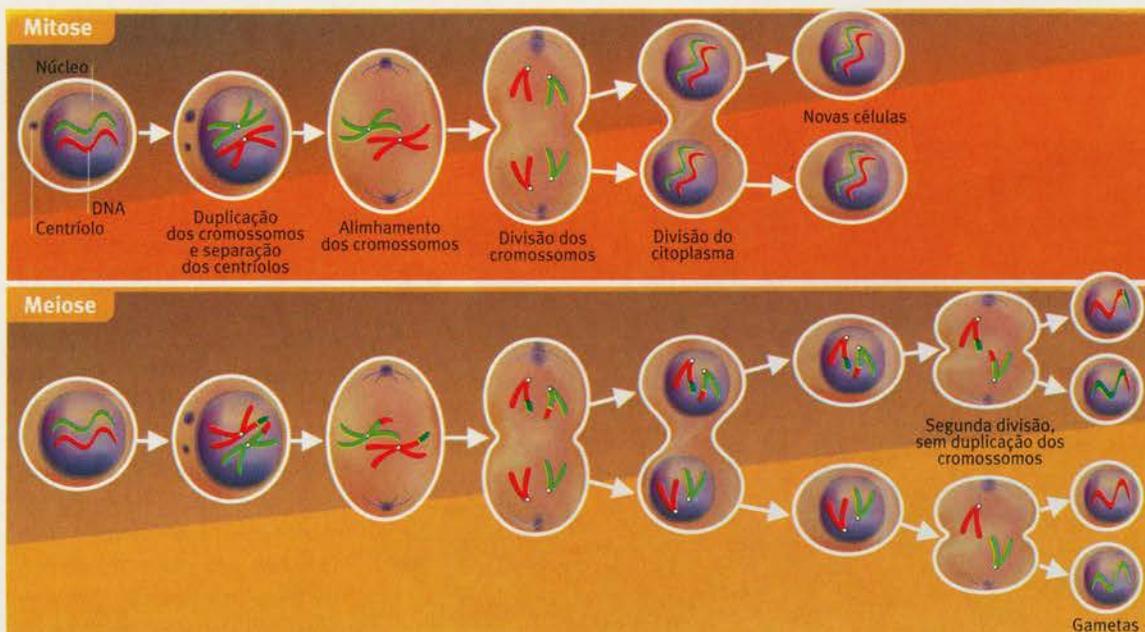
### HIPÓTESES GENÉTICAS

**Mark Kirkpatrick** e **Cheril Jenkins** (1989) – Sexo é... "um mecanismo que aumenta a probabilidade de uma mutação recessiva 'boa' se manifestar em um indivíduo".

LIMITAÇÕES: embora modelos teóricos demonstrem que tal hipótese funciona bem sob certas condições (altas taxas de seleção e mutação), ela não explica por que, no mundo real, o número de organismos que fazem autofecundação (caminho mais curto para reunir boas mutações recessivas) é tão baixo.

**Hermann Müller** (1964) e **Alexey Kondrashov** (1982) – Sexo é... "um mecanismo para eliminar mutações prejudiciais".

LIMITAÇÕES: as baixas taxas de mutação verificadas em organismos procariotos (cujas células não têm núcleo diferenciado) sugerem que existem soluções celulares mais simples e baratas que a meiose para



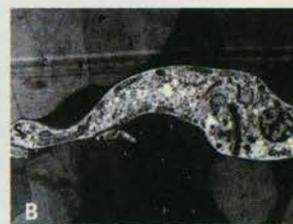
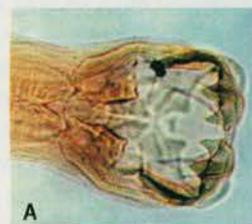
**Figura 2.** Na mitose (A), a célula divide-se em duas mantendo, nas 'filhas', o mesmo número de cromossomos da 'mãe', enquanto na meiose (B), a célula gera 'filhas' (gametas) que em geral têm apenas a metade do número de cromossomos da célula original

vantagens ecológicas. Este artigo apresenta em detalhes uma das propostas, a teoria sosigônica (ou 'teoria da Rainha Vermelha', como é também conhecida), que vem recebendo muita atenção da comunidade científica nos últimos tempos.

## O mundo da Rainha Vermelha

Essa audaciosa teoria sobre a origem e a manutenção do sexo foi proposta pelo evolucionista inglês William D. Hamilton (1936-), da Universidade de Oxford, em 1980. Segundo ele, os parasitas estão em

toda parte e procuram sempre, por sua natureza, explorar seus hospedeiros. Além disso, apresentam virulência específica, afetando apenas determinados genótipos dos hospedeiros, enquanto estes têm genes que conferem resistência ao ataque. Como o tempo de geração dos parasitas (figura 3) é muitas vezes menor que o dos hospedeiros e por isso suas taxas de evolução são muitas vezes maiores, a única saída para os



**Figura 3.** A luta contra os parasitas – como os da ancilostomíase (A) e da doença de Chagas (B), que atacam o homem – parece explicar a origem e a evolução do sexo entre os seres vivos

evitar o acúmulo de mutações prejudiciais.

**Harris Bernstein** (1983) – Sexo é... “um mecanismo que permite o concerto das fitas de DNA (ácido desoxirribonucléico) através da recombinação”.

**LIMITAÇÕES:** diversos argumentos sugerem que o concerto do DNA deve ser visto como uma consequência benéfica da existência do sexo e não sua causa.

### HIPÓTESES ECOLÓGICAS

**George C. Williams** (1966) e **John Maynard Smith** (1971) – Sexo é... “um mecanismo que permite a produção de filhos geneticamente diversos, capazes de enfrentar a va-

riabilidade temporal e espacial do ambiente”.

**LIMITAÇÕES:** essa hipótese prevê que o sexo deve ocorrer com maior frequência em ambientes instáveis, mais sujeitos a variações das condições bióticas. No entanto, os padrões geográficos e ecológicos relacionados à reprodução sexuada são opostos ao previsto por essa hipótese: a reprodução assexuada é mais comum em organismos de água doce, onde os teores de nutrientes e a temperatura flutuam bastante, e a reprodução sexuada predomina em ambientes marinhos, mais constantes. Além disso, organismos assexuados são comuns no início da sucessão ecológica, em países tem-

perados e em topos de montanha, onde espera-se maior instabilidade.

**Michael Ghiselin** (1974) – Sexo é... “um mecanismo de diferenciação ecológica entre irmãos e parentes, que permite sua coexistência em ambientes saturados”.

**LIMITAÇÕES:** não existe justificativa para que o filho que conseguiu sobreviver por se diferenciar ecologicamente dos demais parentes opte por se utilizar do sexo para produzir filhos diferentes dele mesmo.

**William D. Hamilton** (1980) – Sexo é... “um mecanismo evolutivo pelo qual os organismos podem escapar dos seus parasitas” (teoria sosigônica).

**LIMITAÇÕES:** a serem descobertas.



**Figura 4.** A imagem da fábula, com Alice correndo sem sair do mesmo lugar, ajuda a entender a teoria da Rainha Vermelha, como é conhecida entre os cientistas

hospedeiros é produzir filhos com genótipos diferentes dos demais genótipos da população através da reprodução sexuada.

O mundo em que esse modelo está inserido ficou conhecido como o mundo da Rainha Vermelha, nome dado pelo paleontólogo norte-americano Leigh Van Valen, da Universidade de Chicago, em referência a uma passagem da fábula *Alice no país dos espelhos*, do inglês Lewis Carroll (1832-1898). Nessa passagem, Alice foge do exército (de cartas de baralho) da Rainha Vermelha, mas não consegue se distanciar de seus perseguidores (figura 4). Nesse momento, é advertida pela Rainha Vermelha: "Aqui, veja, você precisa correr o máximo possível, para se manter no mesmo lugar." Alice só seria pega se parasse de correr.

Segundo Hamilton, uma 'corrida armamentista' entre hospedeiros e parasitas ocorre desde que a

vida surgiu na Terra. Os parasitas estão sempre quebrando as barreiras defensivas impostas pelo genótipo dos hospedeiros, enquanto estes, com a ajuda do sexo, criam continuamente novas defesas. Na ausência do sexo, os hospedeiros permaneceriam em essência os mesmos, enquanto os parasitas iriam acumulando adaptações que lhes permitiriam quebrar todos os sistemas de defesa dos primeiros. Cedo ou tarde, os hospedeiros seriam virtualmente devorados de dentro para fora. Só resta a eles, para fugir do batalhão de parasitas que os perseguem, continuar correndo.

O ciclo coevolutivo de parasitas

e hospedeiros reflete essa perseguição eterna. Indivíduos com genótipo resistente aos parasitas reproduzem-se com sucesso, o que aumenta a frequência, na espécie, desses alelos (variações de um mesmo gene). Mas alguns raros parasitas conseguem quebrar essa defesa e começam a se reproduzir com sucesso, espalhando o novo gene da virulência. Com o tempo, o antigo genótipo do hospedeiro deixa de ser o mais resistente, passa a ter sua frequência reduzida, e um novo genótipo raro torna-se a melhor defesa, espalhando-se na população. Em outras palavras, a seleção natural, no modelo de Hamilton, depende da frequência. Genótipos comuns são selecionados negativamente (sua frequência diminui) e genótipos raros são selecionados a favor (sua frequência aumenta).

Um efeito interessante desse tipo de seleção é que a variabilidade genética não é perdida nunca.

**Figura 5.** As grandes monoculturas, que utilizam plantas geneticamente uniformes, são mais suscetíveis ao ataque de pragas e doenças



É como se soluções genéticas obsoletas em dado momento fossem temporariamente colocadas de lado para serem eventualmente recicladas no futuro. Se isso é correto, a teoria da Rainha Vermelha ajudaria a explicar a diversidade de alelos e, em consequência, a existência de diferentes formas de proteínas, que tanto intrigaram os geneticistas a algumas décadas.

Muitas das suposições decorrentes do modelo de Hamilton foram confirmadas recentemente. Estudos empíricos demonstraram que populações naturais têm uma substancial variação genética para resistência às doenças e à virulência dos parasitas. Além disso, mostrou-se que há forte associação entre genótipos, como um sistema 'chave-fechadura': parasitas com a 'chave' certa atacam o hospedeiro e reproduzem-se com sucesso, enquanto parasitas com a 'chave' errada penam para se perpetuar. Muitos estudos indicam, também, que espécies com reprodução assexuada são mais suscetíveis a ataques de parasitas que espécies aparentadas com reprodução sexuada. Isso também é verdade para variedades de plantas. Qualquer agricultor sabe que monoculturas de cereais geneticamente uniformes são altamente propensas a serem devastadas por pragas (figura 5).

A teoria da Rainha Vermelha prediz diversos padrões ecológicos que têm sido verificados na natureza. Segundo a teoria, por exemplo, quanto maior a diferença entre o tempo de vida do hospedeiro e o tempo de vida do parasita, maior será a pressão de parasitismo. Assim, o sexo deve ser mais freqüente em organismos grandes e de alta longevidade, o que foi confirmado em uma grande revisão da literatura científica. Em outro exemplo, prevê-se que organismos com reprodução assexuada devem ser mais comuns em ambientes instáveis, onde as relações parasita-hospedeiro são quebradas constantemente. De fato, tais organismos são mais freqüentes em campos do que nas florestas maduras, em países temperados e em topos de montanhas, condições de maior instabilidade ambiental. Além disso, organismos de água doce, submetidos a grandes variações de temperatura e de teores de nutrientes, tendem a se reproduzir mais assexuadamente que organismos de ambientes marinhos, mais constantes.

As mesmas idéias de coevolução entre parasitas e hospedeiros que ajudam a entender a evolução do sexo podem ser úteis para explicar as diferenças fisiológicas, morfológicas e comportamentais entre machos e fêmeas.

## Plumas: arma contra parasitas

Quando o inglês Charles Darwin (1809-1882) publicou sua obra máxima, *A origem das espécies*, em 1859, propondo que a diversidade biológica poderia ser explicada pela evolução através do processo de seleção natural, ele tinha consciência de que alguns fatos desafiavam essa grande teoria. Se a evolução realmente ocorre pela "sobrevivência dos mais aptos", como a seleção natural poderia explicar a evolução do elaborado arranjo das plumas multicoloridas da cauda dos pavões?



O excesso de cores, formas e materiais dessa magnífica cauda, que mais parece um traje carnavalesco (figura 6), dificilmente pode ser atribuído a um processo tão econômico quanto a seleção natural. De fato, ao invés de promover a sobrevivência, tal estrutura parece ser um fardo, que torna os pavões

machos mais suscetíveis à ação dos predadores. É evidente que isso não precisa ser assim, já que o 'traje' das fêmeas dos pavões é tão conservador quanto os das senhoras vitorianas.

Em 1871, Darwin publicou um enorme tratado denominado *A origem do homem e a seleção em relação ao sexo*, no qual reconheceu que a evolução de muitas das diferenças entre machos e fêmeas (chamadas de características sexuais secundárias) só poderia ser explicada por um processo de seleção que privilegiasse o sucesso reprodutivo, mesmo que isso acarretasse certo custo em termos de sobrevivência. Para descrever esse processo, Darwin criou o termo 'seleção sexual'.

Ele notou que em muitas espécies ocorre competição entre machos, na disputa por fêmeas reprodutivas, e que alguns poucos machos monopolizam grande parte das oportunidades de reprodução, enquanto os outros têm poucos filhos ou até morrem virgens. Assim, qualquer característica fisiológica, morfológica ou comportamental que aumentasse a probabilidade de sucesso no conflito entre

**Figura 6. A majestosa cauda dos pavões seria uma espécie de 'propaganda genética': as maiores e mais bonitas indicariam que seus donos têm os genes que garantem melhor proteção contra parasitas**

**Figura 7.** Características sexuais secundárias como os chifres dos veados (ou as presas dos elefantes/ou as grandes pinças dos caranguejos) também funcionariam como uma demonstração do melhor potencial genético de seu portador



machos seria selecionada. Para Darwin, esse processo explicaria, por exemplo, porque machos são em geral maiores e mais fortes que as fêmeas e possuem estruturas poderosas usadas como verdadeiras armas em combates físicos com outros machos (como os chifres dos veados, as grandes presas dos elefantes e as fortes patas dos caranguejos) (figura 7).

Darwin percebeu ainda que em muitas espécies o poder de escolher o parceiro reprodutivo está com as fêmeas. Nesse caso, os melhores machos seriam aqueles com mecanismos de sedução desenvolvidos. Isso explicaria, por exemplo, a evolução de cantos, danças e exhibições altamente elaboradas dos comportamentos de corte de muitas espécies, assim como o aparecimento das majestosas plumas dos pavões.

Em 1982, com a publicação do artigo de William Hamilton (e de sua então aluna de pós-graduação Marlene Zuk), os parasitas ‘infectaram’ o cenário dos debates sobre seleção sexual e evolução de características sexuais secundárias. No mundo da Rainha Vermelha, no qual os parasitas estão a poucos passos evolutivos atrás dos hospedeiros, acasalamento é coisa séria. Como em geral as fêmeas investem mais recursos na prole que os machos e dedicam mais tempo ao cuidado das crias, espera-se que sejam extremamente cuidadosas na escolha dos parceiros reprodutivos, pois uma má escolha pode comprometer de maneira vital a sobrevivência de seus filhos.

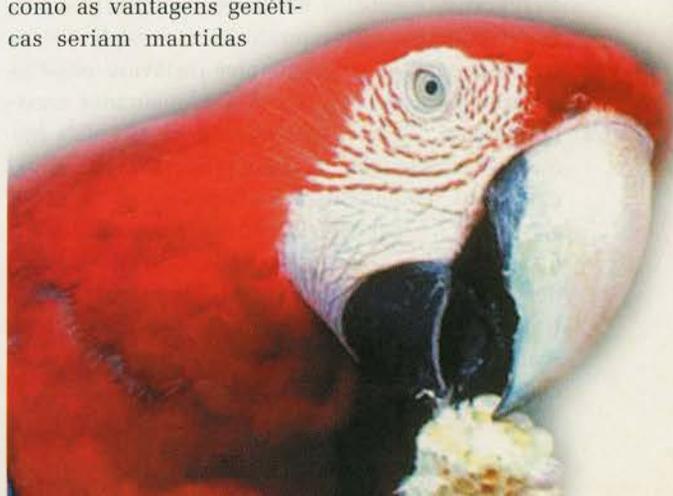
Acredita-se, portanto, que as fêmeas, ao decidir com quem se acasalar, buscam sinais que evidenciem a presença de ‘bons genes’ contra parasitas, para aumentar as chances de que seus filhos adquiram essas defesas. Ao mesmo tempo, espera-se que machos possuidores de bons genes façam ‘propaganda’ disso. Assim, cores vistosas (figura 8), exhibições atléticas prolongadas e cantos elaborados podem ser vistos como ‘propagandas genéticas’ que sinalizam as qualidades relativas entre potenciais parceiros reprodutivos. Além disso, os combates entre machos e a evolução de muitas outras caracte-

rísticas sexuais, como os chifres dos alces, seriam uma forma de ordenar os machos quanto às suas qualidades genéticas antiparasitas.

Nesse mercado reprodutivo competitivo, porém, pode-se esperar que nem todos os machos sejam honestos quanto às suas qualidades. A tentação de produzir adornos um pouquinho mais elaborados do que o vizinho, mesmo sem ter bons genes, é muito grande. Isso leva ao surgimento de propagandas não-fidedignas. Para que isso não ocorra, segundo o evolucionista israelense Amotz Zahavi, da Universidade de Tel-Aviv, as características sexuais secundárias têm que ser custosas, de modo que apenas indivíduos com genes realmente bons possam produzi-las. Em outras palavras, se o custo da mentira é grande, não vale a pena mentir. É interessante notar que enquanto Darwin considera o custo das características sexuais secundárias um subproduto não-desejável da seleção sexual, a teoria da Rainha Vermelha vê em tal custo uma condição essencial para o funcionamento do modelo.

Essa nova teoria também resolveu um antigo problema dos modelos de seleção sexual baseados em vantagens genéticas, identificado em 1930 pelo geneticista norte-americano Ronald Fisher (1890-1962). Se há genes ‘bons’, e se as fêmeas preferem se acasalar com os machos que os possuem, tais genes tenderiam a se espalhar na população e a se fixar rapidamente, e as fêmeas não conseguiriam mais fazer essa escolha. Assim, como as vantagens genéticas seriam mantidas

**Figura 8.** O colorido dos pássaros, em geral nos machos, e até os cantos mais elaborados seriam maneiras de atrair o interesse das fêmeas e garantir o sucesso reprodutivo



através das gerações, levando à seleção de características tão elaboradas como a cauda dos pavões?

A dinâmica coevolutiva entre hospedeiros e parasitas foi o truque que Hamilton usou para contornar o problema. Para ele, as fêmeas sempre procuram se acasalar com o melhor genótipo da população, mas no mundo da Rainha Vermelha a seleção depende de frequência, e os genes que conferem resistência aos parasitas de hoje provavelmente não serão os melhores para as pressões de amanhã. Ou seja, o que é 'bom' muda continuamente. Esse ambiente teórico admite ciclos coevolutivos longos, que permitem o desenvolvimento de características sexuais secundárias elaboradas.

Diversos estudos recentes, de campo e de laboratório, têm verificado algumas previsões da teoria da Rainha Vermelha. Em andorinhas (*Hirundo rustica*), machos parasitados por carrapatos têm caudas mais curtas do que machos não-infectados, e as fêmeas preferem acasalar-se com machos com caudas longas. Além disso, um interessante experimento trocou a metade dos ovos entre ninhos e revelou que a carga de parasitas dos filhos é mais relacionada com a carga de parasitas dos pais genéticos do que com a dos 'padrastos'. Isso revela que a resistência aos parasitas é hereditária, um dos fatores-chave para a teoria de Hamilton e Zuk funcionar.

Em galinhas selvagens (*Gallus gallus*), descobriu-se que galos não-parasitados têm cristas mais desenvolvidas do que galos contaminados por vermes intestinais, e que a preferência de acasalamento das galinhas está mais associada às cristas do que ao tamanho do corpo do galo. No peixe barrigudinho (*Poecilia reticulata*), machos mais parasitados exibem o comportamento de corte com menos frequência. Com isso, as fêmeas tendem a se acasalar

com os menos parasitados. Machos de pererecas (*Hyla versicolor*) parasitados por vermes helmintos emitem menos chamados de corte e têm baixo sucesso repro-



duativo. A relação entre parasitismo e menor sucesso reprodutivo também foi confirmada em moscas-frutas (*Drosophila testacea*).

O teste mais difícil que a teoria da Rainha Vermelha enfrentou talvez tenha sido o chamado teste da previsão interespecífica. Segundo a teoria, espécies submetidas durante sua história evolutiva a uma maior pressão de parasitas deveriam exibir características sexuais secundárias mais elaboradas (figura 9). Para testar tal hipótese, Hamilton e Zuk cruzaram dois tipos de dados. Marlene Zuk ordenou as espécies de aves norte-americanas em função do grau de desenvolvimento de características sexuais secundárias. Aves com colorações ultra-elaboradas, como *Piranga olivacea* (da família dos tangarás) ganharam nota 6, enquanto pássaros monocromáticos receberam nota 1. Ao mesmo tempo, Hamilton pesquisou a bibliografia veterinária e zoológica para calcular um índice da pressão de parasitas (causadores de infecções sanguíneas crônicas) para cada uma dessas espécies. Se a teoria estivesse correta, aquelas com penas mais coloridas e elaboradas deveriam ter mais parasitas. E foi exatamente isso que eles encontraram.

### A teoria resiste às provas

A existência do sexo tem desafiado a mente de grandes evolucionistas desde o século passado. Grande número de hipóteses foram propostas tentando identificar o principal benefício da reprodução sexuada. Muitas obtiveram certa popularidade por algum tempo, mas depois foram deixadas de lado. Outras foram revistas e voltaram ao cenário científico após terem sido quase esquecidas.

A teoria da Rainha Vermelha, desde sua apresentação, foi inúmeras vezes desafiada, o que é demonstrado pelo grande número de trabalhos já publicados a seu respeito. No entanto, ao que tudo indica, a Rainha Vermelha, assim como Alice, continuam correndo à frente de seus adversários. ■

**Figura 9.** A teoria da Rainha Vermelha prevê que espécies submetidas, durante sua história evolutiva, a alta pressão de parasitismo deveriam ter características sexuais secundárias mais complexas. Se isso não for verdade, a teoria é posta em xeque

#### Sugestões para leitura

CRONIN, H. *A formiga e o pavão – Altruísmo e seleção natural*, Papirus, São Paulo, 1995.

DARWIN, C. A *origem do homem e a seleção sexual*, Hemus, São Paulo, 1974.

HAMILTON, W. W. 'Heritable true fitness and bright birds: a role for parasites', in *Science*, v. 218, p. 384, 1982.

RIDLEY, M. *The red queen*, Penguin Books, Londres, 1994.



# DESMAGNET

*Os sistemas de refrigeração (geladeiras, freezers e condicionadores de ar), embora indispensáveis à vida moderna, constituem um risco ao meio ambiente.*

*Em geral, eles funcionam à base de gases que, se liberados na atmosfera, causam danos à camada de ozônio, que protege os seres vivos dos raios ultravioleta.*

*Por isso, vêm sendo buscadas alternativas mais ecológicas e de custo viável. A opção mais promissora parece ser a refrigeração magnética, que, graças a descobertas e avanços técnicos recentes, poderá em futuro próximo substituir os refrigeradores convencionais, tornando-se parte do dia-a-dia da humanidade.*

**Pedro Jorge von Ranke Perlingeiro**

*Departamento de Eletrônica Quântica, Instituto de Física, Universidade do Estado do Rio de Janeiro*



ILUSTRAÇÕES CRUZ

# REFRIGERAÇÃO ADIABÁTICA

## Opção econômica e ecológica para refrigeração



Os refrigeradores comerciais utilizados hoje em indústrias, casas

comerciais e mesmo em residências funcionam com base na compressão e descompressão de um gás. Ao ser comprimido, o gás perde calor. Em seguida, é descomprimido e passa por uma tubulação nas paredes internas do refrigerador, absorvendo calor do ar ali presente. A repetição do processo reduz a temperatura interna até o nível desejado. O gás usado geralmente é um freon, nome dado a compostos de cloro, flúor e carbono (os chamados CFCs) ou de hidrogênio, cloro, flúor e carbono (os HCFCs). Tais gases, no entanto, são apontados como os principais responsáveis pela destruição da camada de ozônio existente na atmosfera, que protege todos os seres vivos da radiação ultravioleta produzida pelo Sol.

A crescente conscientização da sociedade em relação ao risco ambiental do uso dos freons tem impulsionado a busca de métodos alternativos de refrigeração. Uma hipótese mais óbvia seria o emprego de outros tipos de gases ou líquidos, menos poluentes, mas os compostos testados não apresentam a mesma eficiência de refrigeração ou envolvem altos custos. A solução pode estar na refrigeração magnética, processo que até recentemente só era usado em pesquisas científicas, em função do custo elevado e de limitações na eficiência de refrigeração na faixa da temperatura ambiente. Esse método começa a se tornar uma opção viável, a partir do maior conhecimento dos fenômenos magnéticos da matéria, e sobretudo da obtenção de novos mate- ▶

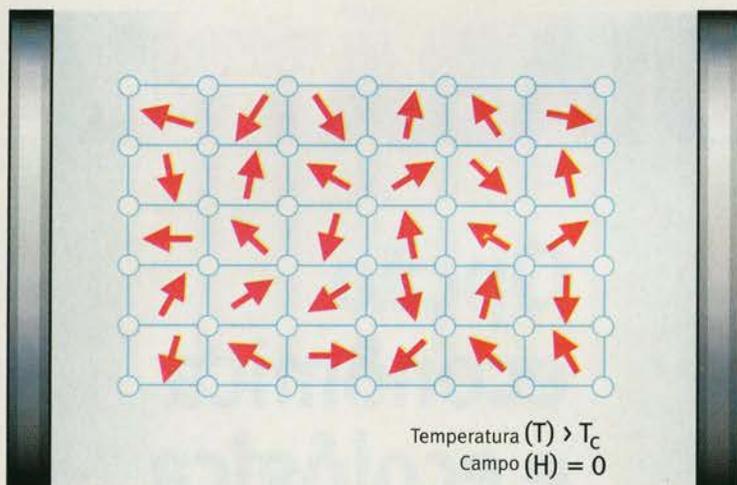


Figura 1. Representação esquemática de um cristal constituído de átomos não-magnéticos (esferas) e íons magnéticos (setas) no estado paramagnético

riaais ativos. A diferença básica entre o resfriamento por compressão-descompressão de um gás e o resfriamento magnético é que, nesse último, a substância ativa (um composto magnético) emite calor ao ser submetida à aplicação de um campo magnético, e absorve calor quando o campo é removido – efeito magnetocalórico.

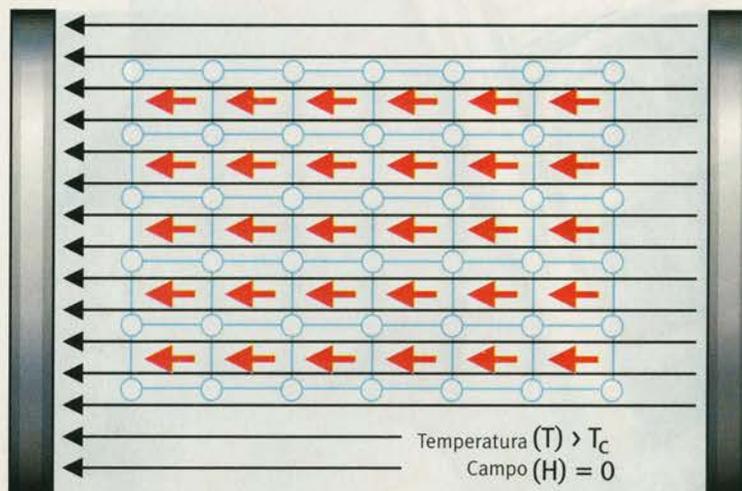
### Um método revolucionário



Reduzir a temperatura de uma substância a valores bem próximos do zero absoluto (zero na escala Kelvin, equivalente a -273°C) foi, durante muito tempo, um desafio para a ciência. Nos anos 20, os poucos laboratórios que trabalhavam com essa técnica usavam o gás nobre hélio liquefeito para esse resfriamento, mas a menor temperatura conseguida era de 1,5 K (-271,5°C). Foi nessa época que o físico holandês Peter Debye (1884-1966) e o químico norte-americano William F. Giaque (1895-1982) propuseram um novo e revolucionário processo, que permitiria reduzir a temperatura absoluta de um corpo abaixo de 1 K (-272°C).

O método proposto baseava-se não na compressão e descompressão de um gás, mas na magnetização e desmagnetização de um sal paramagnético, usado como substância ativa (ou AMR, de *active magnetic regenerator*). O termo ‘ativo’ significa que um campo magnético é aplicado (ao sal) e removido para compor o ciclo de perda e ganho de temperatura (ciclo termodinâmico). O resfriamento, nesse caso, é obtido sem troca de calor (ou seja, de modo ‘adiabático’) com o meio externo, ao contrário

Figura 2. Quando o cristal é submetido a um forte campo magnético, os spins dos íons magnéticos em seu interior alinham-se na mesma direção do campo



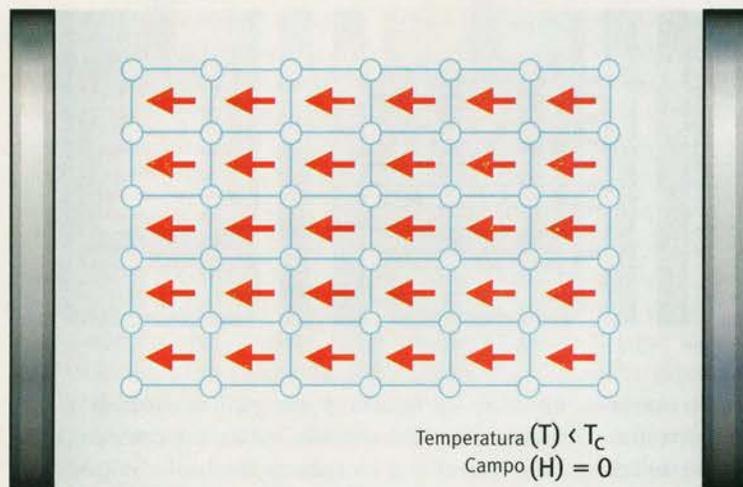
do que ocorre com os gases.

A descoberta de materiais ativos mais eficientes e os avanços da técnica de desmagnetização adiabática – em especial a ativação e desativação da magnetização dos núcleos dos átomos – tornaram possível atingir temperaturas de microkelvin, ou seja, até um décimo-milésimo de grau acima do zero absoluto. A possibilidade de atingir baixíssimas temperaturas abriu as portas para o estudo, antes inimaginável, de novos fenômenos e efeitos da matéria.

A técnica de refrigeração-aquecimento por desmagnetização-magnetização adiabática vem sendo constantemente aperfeiçoada. Os avanços nesse campo baseiam-se em novos conhecimentos teóricos, concentrados na elaboração e na compreensão de modelos quântico-estatísticos que descrevem compostos e ligas magnéticas, e em resultados experimentais, sobretudo a obtenção de novos materiais ativos de elevado efeito magnetocalórico e com alto grau de pureza.

Em 1976, G. V. Brown idealizou um refrigerador magnético usando um material ativo à base de gadolínio (elemento químico das terras raras), capaz de funcionar na faixa de temperatura dos refrigeradores comerciais. Com esse equipamento, a temperatura poderia ser reduzida de 319 K (46°C) para 272 K (-1°C) com uma grande vantagem ecológica: sem usar CFCs ou HCFCs. Assim, pelo menos em potencial, o trabalho de Brown deu o primeiro passo para a exploração comercial dessa técnica, apropriada para uma época com crescentes conscientizações de natureza ecológica.

Além de dispensar o uso de gases poluentes, a refrigeração magnética é produzida com menor perda de energia. Refrigeradores convencionais, baseados na compressão-descompressão de um gás, podem atingir 40% de eficiência, enquanto a eficiência estimada para um refrigerador magnético deve atingir de 50% a 60%. A eficiência mede a razão entre o calor retirado do interior de um refrigerador e a energia gasta para isso. O percentual indica a rela-



ção entre o valor obtido para eficiência de um refrigerador real e o valor máximo para eficiência de um refrigerador ideal (eficiência de Carnot). A eficiência de todo refrigerador real será menor que a de Carnot, em função de perdas no processo.

### O alinhamento dos íons



O material ativo (ou AMR) – em geral compostos magnéticos que incluem terras raras (série dos lantanídeos) – é formado por íons magnéticos, que podem ser vistos como pequenos ímãs em uma rede cristalina (figura 1). Essa rede exibe repetições periódicas onde os átomos magnéticos (setas) e os não-magnéticos (esferas) ocupam posições (sítios) bem localizadas. Os íons magnéticos podem interagir entre si de modo direto ou através de elétrons de condução. Tais elétrons não são localizados, isto é, não pertencem especificamente a um sítio da rede e podem fazer a ‘comunicação’ (interação de troca) entre os átomos da rede.

Se o material é colocado entre os pólos de um eletroímã (que gera um campo magnético), os pequenos ímãs tendem a se alinhar (figura 2) na direção do campo (como a agulha da bússola alinha-se com o campo magnético da Terra), dando origem a um estado mais organizado, ou de menor entropia. Em uma conceituação bastante simplificada, a entropia é a medida do grau de ordem de um sistema. Assim, a configuração dos íons magnéticos no material inicial apresenta alta entropia magnética (alto grau de desordem), mas após a aplicação do campo a entropia magnética é bem pequena (baixo grau de desordem).

Dependendo da natureza do material, o alinhamento surge (figura 3) mesmo sem a aplicação de um campo magnético, bastando resfriar esse material abaixo de uma temperatura crítica, denominada temperatura de Curie ( $T_C$ ) – descoberta feita pelo físico francês Pierre Curie (1859-1906). Isso ocorre

porque as interações microscópicas entre os íons magnéticos (interação de troca), e entre os íons e a rede cristalina, levam a uma configuração de ordem magnética espontânea. A configuração inicial, mostrada na figura 1, caracteriza a fase paramagnética, em que os pequenos ímãs (*spins* dos íons) têm orientações aleatórias (alta entropia). Já na fase magnética espontaneamente ordenada (baixa entropia), mostrada na figura 3, a ordem direcional não é aleatória, ou seja, o material está magnetizado.

A temperatura de Curie marca o limite das fases. Se a temperatura do material é maior que a de Curie ( $T > T_C$ ), ele permanece na fase desordenada paramagnética (desde que não seja aplicado um campo magnético). Se o material é resfriado abaixo da temperatura de Curie ( $T < T_C$ ), passa para a fase ordenada ferromagnética. Os efeitos magnetocalóricos nos compostos ferromagnéticos são maiores em torno da temperatura de Curie (diferente para cada material).

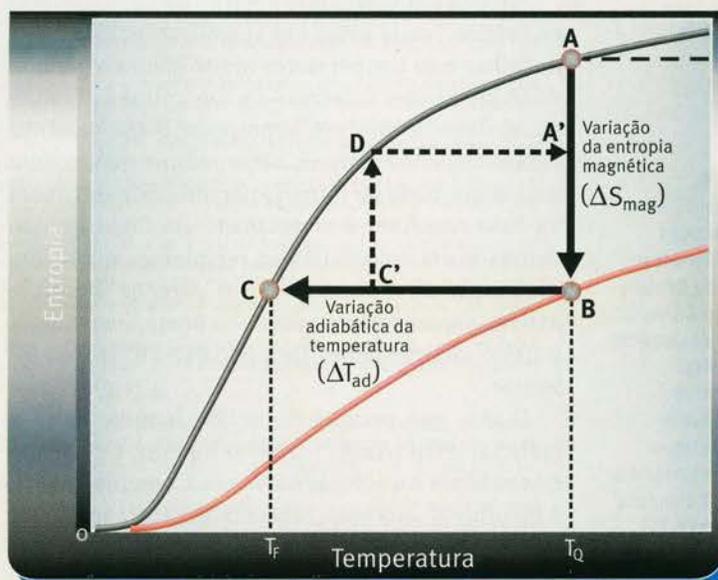
### Como entender o processo

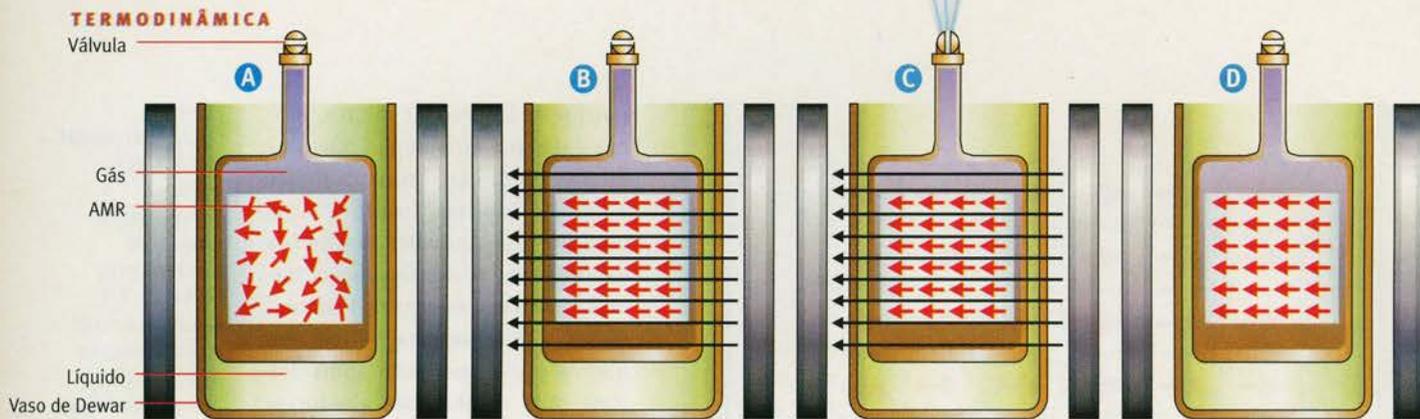


A maneira mais simples de explicar o que ocorre na refrigeração magnética é pela análise de um gráfico (figura 4) que relaciona a entropia e a temperatura do material ativo (AMR), na ausência e na presença de um campo magnético externo, gerado por um eletroímã. As curvas desse gráfico deixam claro que o aumento da temperatura provoca crescimento da

Figura 3. Quando o cristal é colocado em uma temperatura abaixo da temperatura de Curie ( $T_C$ ), também ocorre o alinhamento dos íons (fase ferromagnética)

Figura 4. Aumento da entropia (desordem) com a elevação da temperatura, sem a aplicação de campo magnético (em preto) e com o campo (em vermelho): A → B indica o processo isotérmico, quando há variação da entropia, B → C indica o processo adiabático, quando a temperatura diminui (sem troca de calor com outro meio), e a seqüência A' → B → C' → D → A' forma o ciclo de Carnot





**Figura 5.** Estágios de um refrigerador magnético: em (A), o AMR está em contato térmico através de um gás (hélio, por exemplo) com um líquido (hélio líquido, por exemplo) dentro de um vaso de Dewar; em (B), o AMR é submetido a um campo magnético (linhas pretas); em (C), a válvula é aberta, o gás é retirado e cessa o contato térmico; em (D), o campo é desligado, forçando o resfriamento do AMR no processo adiabático

entropia e que, ao contrário, a aplicação do campo ordena os íons magnéticos, diminuindo a entropia.

O processo de resfriamento magnético começa no estado A, quando o AMR é colocado a uma certa temperatura ( $T_Q$ ) – por exemplo, 1 K (-272°C), o que pode ser feito através do contato térmico com hélio líquido. Em seguida é aplicado um campo magnético para diminuir a entropia do material, que evolui para o estado B. Isso é feito mantendo a temperatura do AMR constante (processo isotérmico) – no exemplo ( $T_Q = 1$  K), o material permanece em contato com o hélio líquido. Sem esse contato, a temperatura do material aumentaria, como acontece quando o gás é comprimido, em refrigeradores convencionais – da mesma forma, a bomba de ar usada para encher o pneu de uma bicicleta esquenta após algumas ‘bombadas’.

Atingido o estado B, isola-se termicamente o AMR (eliminando-se o contato) e retira-se o campo magnético. Isso provoca uma redução na temperatura, sem troca de calor com o exterior (processo adiabático), pois o material está isolado termicamente. Sem qualquer variação na entropia, o sistema passa do estado B para o estado C e atinge uma temperatura final ( $T_F$ ) menor do que a inicial ( $T_Q$ ).

A teoria é simples, mas a refrigeração magnética, na prática, ainda exige um aparato sofisticado, por trabalhar com temperaturas muito baixas. Assim, o AMR precisa ser colocado em um volume cilíndrico, sustentado por um suporte de baixa condutividade térmica dentro de um contêiner que contém um gás que pode ser retirado por uma válvula (figura 5). Esse contêiner é mergulhado em hélio líquido dentro de um vaso de Dewar, recipiente semelhante a uma garrafa térmica, com as paredes interna e externa separadas por vácuo – o nome homenageia o físico escocês James Dewar (1842-1923), seu inventor.

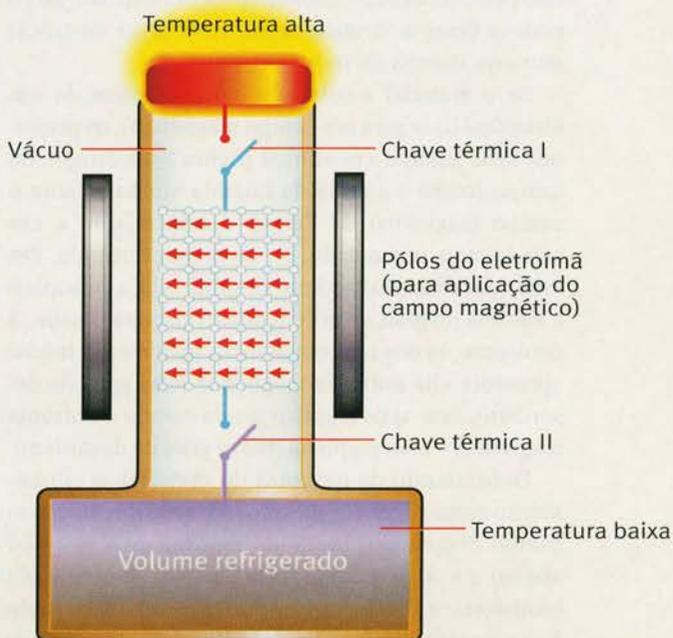
O gás, que permite o contato térmico entre o material ativo (AMR) e o hélio líquido, é colocado no contêiner e a válvula é fechada. Com isso, o AMR é mantido a uma certa temperatura (no caso,  $T_Q = 1$  K), mas os *spins* dos íons magnéticos continuam desordenados (fase paramagnética). Esse estágio (A)

equivale ao estado A do gráfico entropia versus temperatura. Em seguida, aplica-se o campo magnético, que alinha os *spins* e diminui a entropia do material sem alterar sua temperatura. Esse estágio (B) corresponde ao estado B do mesmo gráfico.

Em seguida, a válvula é aberta e o gás que faz o contato térmico do AMR com o hélio líquido é retirado. O material ativo fica isolado termicamente mas ainda em presença do campo magnético que ordena seus íons magnéticos. Finalmente, o campo é retirado, provocando a redução da temperatura, sem troca de calor (processo adiabático). Esse último estágio (D) corresponde ao ponto C do gráfico.

Entretanto, isso não basta para fazer funcionar um refrigerador magnético semelhante ao refrigerador convencional, que precisa retirar calor gradualmente de um volume (o espaço interno do aparelho). Para isso, é preciso reproduzir o ciclo termodinâmico completo – um exemplo é o conhecido ciclo de Carnot, descoberto pelo físico francês Sadi Carnot (1796-1832).

**Figura 6.** Esquema de um refrigerador magnético que trabalha em um ciclo de Carnot: a chave I conecta o material magnético refrigerante (AMR) com o meio exterior e a chave II conecta esse material com o interior do refrigerador



A descrição das etapas do ciclo de Carnot ( $A' \rightarrow B \rightarrow C' \rightarrow D \rightarrow A'$ ), revela como funcionaria um refrigerador magnético (figura 6). Para acionar o processo  $A' \rightarrow B$  (isotérmico, ou seja, sem variação na temperatura), o material ativo é posto em contato, por uma chave térmica (I), com um meio quente (o meio externo, por exemplo) e o campo magnético é aumentado. Com isso, uma pequena quantidade de calor sai do AMR e é 'jogada' para fora do refrigerador. No processo  $B \rightarrow C'$  (adiabático, ou seja, sem troca de calor) a chave térmica (I) é desligada e o campo magnético reduzido, o que diminui a temperatura do material.

Em seguida, liga-se a outra chave térmica (II), que conecta o material com o interior do refrigerador, e desliga-se por completo o campo magnético, levando ao processo  $C' \rightarrow D$ , também isotérmico. Com isso, uma pequena quantidade de calor sai desse espaço interno e é 'jogada' para o material ativo. Finalmente, desligando essa segunda chave térmica e aumentando o campo magnético, ocorre o processo  $D \rightarrow A'$  (também adiabático), retornando ao estado inicial  $A'$ . Assim, para cada ciclo completo ( $A' \rightarrow B \rightarrow C' \rightarrow D \rightarrow A'$ ), uma pequena quantidade de calor sai do interior do refrigerador para o material ativo e é lançada no meio externo.

As duas chaves térmicas representam os trocadores de calor, um material (sólido, líquido ou gás) bom condutor de calor. A variação da temperatura depende fortemente da natureza do material (AMR) usado e dos estados escolhidos para formar o ciclo termodinâmico fechado, que faz funcionar o refrigerador.

### A escolha do material ativo



Quanto maior for a variação de temperatura do material ativo (AMR) no ciclo termodinâmico e maior a quantidade de calor retirada do espaço interno, maior será a eficiência do refrigerador magnético. Vários métodos experimentais permitem determinar o potencial magnetocalórico dos AMRs, mas um dos mais completos é a medida do calor específico, usando-se um calorímetro. O calor específico de uma amostra indica como a sua temperatura varia quando ela absorve ou elimina calor.

A medição dos calores específicos da amostra na ausência e na presença de um campo magnético

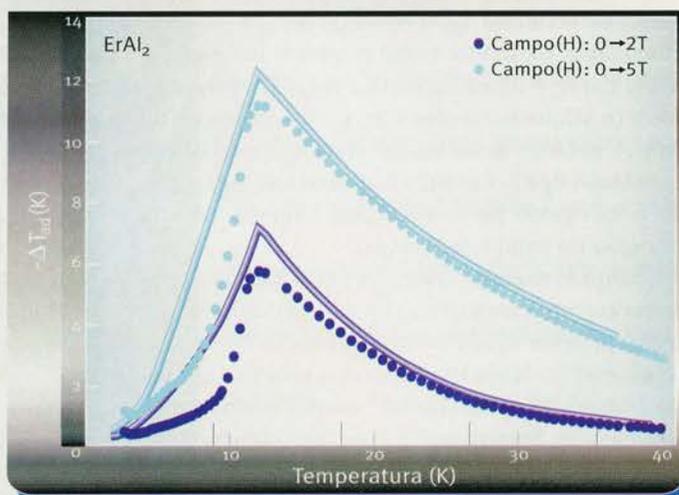
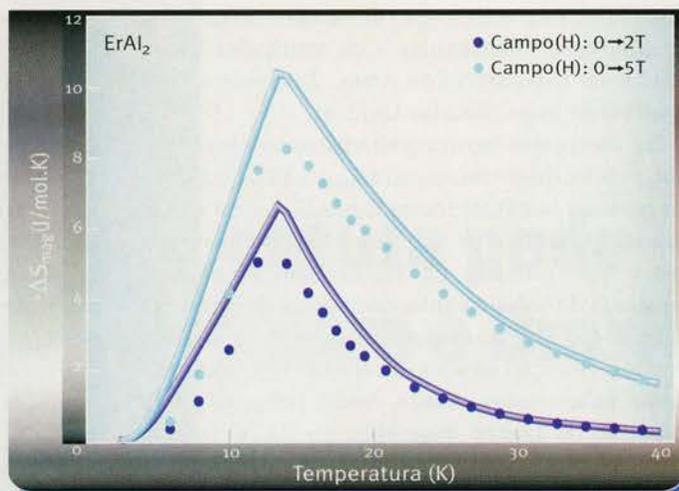


Figura 7. Variação isotérmica da entropia magnética ( $\Delta S_{\text{mag}}$ ) em função da temperatura para o composto  $\text{ErAl}_2$ , com a aplicação de campos magnéticos de zero a dois teslas (azul claro) e de zero a cinco teslas (azul escuro) – as linhas indicam resultados teóricos, os pontos são resultados experimentais e a variação foi medida em joule (energia) por K (temperatura) por mol da substância

Figura 8. Variação adiabática da temperatura ( $\Delta T_{\text{ad}}$ ) em função da temperatura para o composto  $\text{ErAl}_2$ , com a aplicação de campos magnéticos de zero a dois teslas (azul claro) e de zero a cinco teslas (azul escuro). As linhas indicam resultados teóricos e os pontos são resultados experimentais

permite construir as curvas das entropias, em relação à temperatura (como na figura 4). Com os valores da entropia na ausência do campo ( $S^0$ ) e na presença dele ( $S^m$ ), pode-se obter os valores da variação da temperatura no processo adiabático ( $\Delta T_{\text{ad}}$ ) e da variação da entropia no processo isotérmico ( $\Delta S_{\text{mag}}$ ), necessários para determinar os efeitos magnetocalóricos dos AMRs.

De acordo com a segunda lei da termodinâmica, a quantidade de calor ( $\Delta Q$ ) que pode ser retirada de um material, em uma temperatura absoluta  $T$ , está relacionada com a variação da entropia ( $\Delta Q \leq T \cdot \Delta S$ ) – a igualdade só acontece em um processo reversível (ideal). Para conseguir grande capacidade de refrigeração, é preciso otimizar o ciclo termodinâmico, obtendo ao mesmo tempo as variações máximas de entropia magnética ( $\Delta S_{\text{mag}}$ ) e de temperatura ( $\Delta T_{\text{ad}}$ ).

Os valores dessas variações ( $\Delta S_{\text{mag}}$  e  $\Delta T_{\text{ad}}$ ), no entanto, mudam de acordo com a temperatura do material. Isso pode ser comprovado através dos gráficos de valores teóricos e experimentais da variação da entropia ( $\Delta S_{\text{mag}}$ ) e da variação da temperatura ( $\Delta T_{\text{ad}}$ ), em relação à temperatura do material (figuras 7 e 8), obtidos para o composto interme-

tálico  $\text{ErAl}_2$  com a aplicação de campos magnéticos de diferentes intensidades – os resultados foram obtidos no Laboratório de Ames, da Universidade Estadual de Iowa (Estados Unidos).

Em compostos ferromagnéticos, os valores máximos para as duas variações ( $\Delta S_{\text{mag}}$  e  $\Delta T_{\text{ad}}$ ) ocorrem em geral na temperatura de Curie ( $T_C$ ) – no  $\text{ErAl}_2$ , essa temperatura é de cerca de 13 K. A razão para isso é que, próximo da  $T_C$ , as duas tendências opostas (a de ordenamento, decorrente da interação de troca entre os íons magnéticos, e a de desordem, devida à vibração térmica da rede) são aproximadamente balanceadas. Assim, nessa temperatura, a aplicação do campo magnético no AMR (isolado termicamente) aumenta muito a magnetização (a ordem dos íons), e portanto reduz a entropia ( $S_{\text{mag}}$ ). Abaixo ou acima da  $T_C$ , o efeito do campo é significativamente reduzido, como mostram os gráficos. Acima da  $T_C$  é obtida apenas a resposta paramagnética (o alinhamento dos íons com a aplicação do campo), e abaixo dessa temperatura a magnetização espontânea dos compostos está próxima da saturação e não pode ser muito mais aumentada pela aplicação do campo magnético.

Qualquer material que apresente grande variação na entropia magnética (e temperatura) tem potencial para ser usado como AMR em um refrigerador magnético. Na prática, porém, existe um problema: o material escolhido só permite resfriamento em uma faixa de temperatura bem definida (no caso do  $\text{ErAl}_2$ , essa faixa fica em torno 13 K). Para uma determinada aplicação, é necessário usar um AMR que reduza a temperatura, com eficiência, na faixa desejada. Assim, um refrigerador magnético só funcionará na faixa de temperatura dos refrigeradores convencionais se o AMR apresentar uma grande variação de entropia magnética (e de temperatura) na faixa próxima de zero grau Celsius (273 K).

### Aplicações mais imediatas

Essa limitação impediu o uso eficiente da refrigeração magnética para reduzir temperaturas na faixa dos refrigeradores convencionais comerciais, deixando essa tecnologia, por muitos anos, restrita aos laboratórios de universidades e centros de pesquisa. O maior obstáculo ao desenvolvimento dos refrigeradores magnéticos é o alto custo da produção de campos magnéticos intensos, obtidos com materiais supercondutores. Em um futuro próximo (de cinco a 10 anos), só será possível

o uso comercial em refrigeradores de larga escala: *freezers* de supermercados e indústrias e grandes sistemas de ar-condicionado.

Um protótipo do futuro refrigerador doméstico vem funcionando desde 1997 no Astronautics Technology Center, em Wisconsin (Estados Unidos). Essa unidade usa água (de baixo custo, não-poluente, não-inflamável e com boa condutividade térmica) como elemento trocador de calor. Para obter refrigeração abaixo de zero Celsius, temperatura na qual a água passa do estado líquido para o sólido (gelo), é adicionado anticongelante a esse elemento.

Recentemente, os físicos Karl Gschneidner e Vítily K. Pecharsky revelaram, na *Physical Review Letters*, a descoberta, pelo grupo de pesquisas do Laboratório de Ames, da Universidade Estadual de Iowa (Estados Unidos), liderado por Gschneidner, de novo material refrigerante. O novo composto é um metal com ricas propriedades magnéticas que reúne gadolínio, silício e germânio – a fórmula química é  $\text{Gd}_5(\text{Si}_2\text{Ge}_2)$  –, com uma temperatura de Curie de 276 K (3°C) e um efeito magnetocalórico gigante. Por isso, pode operar em um ciclo de refrigeração na faixa de temperatura dos refrigeradores convencionais.

Pesquisas de novos materiais magnéticos para AMRs também vêm sendo desenvolvidas pelo autor na Universidade do Estado do Rio de Janeiro, em colaboração com o Laboratório de Ames. Gschneidner e seu grupo desenvolvem os estudos de vanguarda nessa área de conhecimento, que deverá ter grande impacto aplicativo em um futuro próximo, reduzindo os custos dos refrigeradores e preservando a natureza.



### Sugestões para leitura

HUDSON, R. P. *Principles and applications of magnetic cooling*, American Elsevier Publishing Company, Nova York, 1992.

MENDELSSOHN, K. *The quest for absolut zero (the meaning of low temperature physics)*, Mc Graw-Hill, Nova York, 1966.

NUSSENZVEIG, H. M. *Curso de física básica 2*, Editora Edgard Blucher Ltda., São Paulo, 1983.

GSCHEIDNER Jr., K. A. & PECHARSKY, V. K. *Rare earths: science, technology and application III*, The Mineral, Metals & Materials Society, Warrendale, 1997.



**Philip M. Fearnside**

*Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia*

## Como o efeito estufa pode render dinheiro para o Brasil

A redução do efeito estufa envolve importantes questões financeiras entre países ricos e pobres. Hoje, o Brasil permanece distante dos debates sobre o tema por não fazer parte do Anexo B, grupo formado principalmente por países industrializados, mas que aceita a adesão de outras nações. A falta de participação nacional nestas discussões que definirão as futuras regras pode causar prejuízo de bilhões ao país. É que, a partir de 2010, a redução da emissão de gases causadores de efeito estufa valerá muito dinheiro. Nesse cenário, o Brasil teria posição privilegiada: o desmatamento para a exploração da pecuária extensiva, uma das principais contribuições do país para o aquecimento global, pode ser evitado, sem perdas para a economia.

O Brasil está fora das grandes discussões internacionais sobre o combate ao efeito estufa. Quando o governo brasileiro acordar e perceber que sua participação nesses debates é de interesse nacional, pode ser tarde demais para mudar as regras do jogo. Hoje, as decisões estão sendo tomadas pelos países industrializados, membros de um grupo chamado Anexo B do Protocolo de Kyoto, formado nessa cidade japonesa, em dezembro de 1997, durante a 3ª Conferência das Partes (COP-3) da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima (UN-FCCC), assinada durante a ECO-92, no Rio de Janeiro. Os integrantes do Anexo B são

praticamente os mesmos do Anexo I da UN-FCCC.

Um dos pontos importantes sobre esse acordo é que, além das nações industrializadas que inicialmente entraram no Anexo B, outros países podem aderir, como o Cazaquistão e a Argentina já estão fazendo. Os membros desse grupo assumem compromisso de conter ou reduzir, a uma determinada quantidade, as emissões futuras de gases causadores do efeito estufa.

Apesar de ainda estar fora do Anexo B, o Brasil tem um grande trunfo para entrar nas negociações internacionais sobre clima: a destruição da floresta amazônica não representa lucro. Cerca de

80% das emissões brasileiras de gases causadores do efeito estufa são produzidos por uma atividade com pouquíssima contribuição à economia nacional, e ainda menos ao bem-estar da população: a pecuária extensiva, pouco produtiva e bastante efêmera, que está ajudando a destruir a floresta amazônica. A maior parte desse desmatamento é feito por médios e grandes fazendeiros e não pelos pequenos agricultores, que usam suas roças principalmente para produção de seu próprio alimento.

Mesmo que o desmatamento não tivesse relação com o efeito estufa, seria de interesse nacional deter seu avanço. Além disso,

no entanto, com a diminuição do ritmo de destruição na Amazônia, o Brasil poderia reduzir as suas emissões de gases pela metade ou mais, sem qualquer prejuízo para sua produção industrial. Também não haveria grandes sacrifícios no setor agrícola, já que a maior parte da safra nacional vem de áreas já desmatadas nas regiões Centro-Sul e Centro-Oeste. Assim, a situação brasileira é totalmente diferente da dos atuais membros do Anexo B, nos quais atividades economicamente relevantes são as principais causas do efeito estufa.

**O**s benefícios não seriam só para o ambiente. O Brasil pode lucrar muito com o combate ao efeito estufa – muito mais do que com a venda de madeira e a abertura de pastagens na floresta. O valor líquido presente (VLP) da terra – que representa todas as receitas e os custos que um proprietário poderá ter a partir das atividades hoje disponíveis na região, ou seja, com a exploração madeireira e pastagens – é uma prova disso. Em 1997, esse preço médio das terras florestadas na Amazônia era, segundo a Fundação Getúlio Vargas, de apenas US\$150 por hectare (ha). Hoje, o valor deve ser ainda menor, devido à recente desvalorização do real.

Segundo estimativas e projeções feitas nos Estados Unidos, até 2010 – quando, de acordo com o Protocolo de Kyoto, os créditos por emissão ou não de gases passarão a ser comercializados – o preço do carbono deve variar de US\$ 5 a US\$ 35 por tonelada. Nossas pesquisas indicam que o desmatamento de cada hectare causa a emissão líquida (já descontado o crescimento de capoeiras nas áreas desmatadas) de 194 toneladas de carbono – considerando os locais desmatados em 1990.

Assim, cada hectare de desmatamento evitado vale de US\$ 970 a US\$ 6.790, ou seja, seis a 45 vezes mais do que o valor da terra para fins de desmatamento. A emissão provocada pelo desmatamento de 16,8 mil km<sup>2</sup> de floresta em 1998, segundo dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), causou um prejuízo ao Brasil de, no mínimo, US\$1,6 bilhão e, no máximo, US\$11,4 bilhões. Valores dessa grandeza estão sendo jogados fora todo ano com o atual ritmo de desmatamento.

E por que o Brasil precisa aderir ao Anexo B para conseguir usufruir desse valor? Os países que não são membros do grupo só podem receber dinheiro por meio do ‘Mecanismo de Desenvolvimento Limpo’ (CDM), definido no

artigo 12 do Protocolo de Kyoto. No entanto, esse mecanismo não se aplica à quantificação, em nível nacional, das emissões de gases. O CDM exige a comprovação da ‘adicionalidade’, ou seja, que a emissão foi evitada ou o carbono foi seqüestrado em consequência de um projeto específico implantado com esse fim. Essa relação causa-efeito dificilmente pode ser comprovada no caso da diminuição da taxa de desmatamento. Além disso, ninguém sabe ainda, com certeza, se esse tipo de atividade será incluída no CDM.

Já os países-membros do Anexo B têm direito à ‘comercialização das emissões’ (*emissions trading*), como ficou definido no artigo 17 do Protocolo. A base de cálculo para tanto será determinada nos artigos 3.3 e 3.4, que tratam do desmatamento, ‘aflorestamento’ (o mesmo que *afforestation* em inglês, o termo se refere ao estabelecimento de floresta em uma área que não era floresta no passado), reflorestamento e ‘outras atividades’ (isto é, exploração madeireira, solos etc.). Pelo artigo 17, a quantidade de emissões que poderia ser comercializada seria calculada com base nas contas nacionais, sem necessidade de comprovação do efeito de projetos específicos. Por esse item do Protocolo, os integrantes do Anexo B teriam definida a quantidade que seria permitida ao país emitir sem penalidade. Emitindo menos, isso se traduziria em créditos comercializáveis. Além disso, estaria garantida a inclusão das emissões provocadas pelo desmatamento e, portanto, os benefícios em diminuí-lo, devido ao artigo 3.7 (a ‘cláusula da Austrália’).

Por não ser membro do Anexo B, o Brasil tem direito à palavra durante as reuniões do SBSTA (Corpo Subsidiário de Conselho Científico e Técnico), do UNFCCC, mas está ficando fora da maioria das discussões. Na reunião da SBSTA, em setembro de

O Brasil pode lucrar muito com o combate ao efeito estufa – muito mais do que com a venda de madeira e a abertura de pastagens na floresta



1998, em Roma, apenas os membros do Anexo B tiveram espaço no programa. A enviada brasileira teve que falar em um horário improvisado durante o intervalo de almoço. Na reunião especial sobre os artigos 3.3 e 3.4 (e, portanto, sobre os valores a serem estabelecidos para o desmatamento e outras atividades), em Indianápolis, nos Estados Unidos, em abril passado, a representante do Brasil também não teve espaço no programa. Muitas das decisões mais importantes estão sendo tomadas no SBSTA, e não nos COP. Por exemplo, na reunião de SBSTA, em Bonn, na Alemanha, em junho de 1998, foi inesperadamente mudado o intervalo para computação de mudanças nas emissões de 1990-2010 para 2008-2012. Isso possibilita vários tipos de ações 'perversas' até o ano 2008 e também torna mais

difícil a mensuração de mudanças em estoques de carbono avaliados nos inventários de 1990.

**O**s exemplos mostram que as decisões sobre regras que valerão durante muitos anos estão sendo tomadas agora. Essas regras vão determinar, por exemplo, as bases para a comercialização das emissões (artigo 17), por meio da qual o Brasil poderia ganhar bilhões. Outra decisão-chave é a exigência de uma determinado nível de certeza sobre créditos de carbono obtidos por um país. Recentemente, o Canadá propôs um índice mínimo de '95% de certeza'. Se essa proposta for aprovada, muitas das grandes vantagens brasileiras com futuras reduções do desmatamento seriam inviabilizadas. O grau de incerteza dos esforços para baixar a taxa de desmatamento é alto, apesar dos

benefícios ao clima serem imensos se essa iniciativa realmente for bem-sucedida.

Espera-se que as grandes decisões sobre florestas na mitigação do aquecimento global sejam tomadas durante o COP-6, no final do ano 2000. Essa vai ser a primeira COP realizada após a conclusão, em maio de 2000, do Relatório Especial sobre Mudanças de Uso da Terra e Florestas, atualmente sendo elaborado pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC). Enquanto isso, o governo brasileiro, representado pelo Itamaraty, continua resistindo à idéia de entrar no Anexo B, talvez pensando que será mais vantajoso esperar até que o carbono já esteja sendo comercializado a um preço atracente. Até lá pode ser tarde demais. A hora de entrar no Anexo B é agora!



A SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA foi fundada em São Paulo, em 1948. É uma entidade civil sem fins lucrativos nem cor política e religiosa, voltada para a promoção do desenvolvimento científico e tecnológico no país. Desde sua fundação organiza e promove reuniões anuais, com a participação de cerca de 70 sociedades e associações científicas das diversas áreas do conhecimento, onde professores e estudantes discutem seus programas de pesquisa. Temas e problemas nacionais e regionais são debatidos com participação franqueada ao público em geral. Através de suas secretarias regionais, promove simpósios, encontros e iniciativas de difusão científica ao longo de todo o ano. Mantém ainda quatro projetos nacionais de publicação: a revista *Ciência e Cultura* (1948-) e a revista *Ciência Hoje* (1982-), que se destinam a públicos diferenciados, o *Jornal da Ciência* (1986-) e a revista *Ciência Hoje das Crianças* (1986-). Podem associar-se à SBPC cientistas e não-cientistas que manifestem interesse pela ciência; basta ser apresentado por um sócio ou por um secretário-regional e preencher o formulário apropriado. A filiação efetiva-se após a aprovação da diretoria, e dá direito a receber o *Jornal da Ciência* e a obter um preço especial para as assinaturas das revistas.

**SEDE NACIONAL:** Rua Maria Antônia, 294, 4º andar, CEP 01222-010, São Paulo, SP, tel.: (011) 259-2766, fax: (011) 506-1002.

**REGIONAIS:** **Acre** (Reginaldo F. Castela). CP 491. CEP 69908-970, Rio Branco/AC. Tel.: (068) 229-2244 r. 127. aspf96@mdnet.com.br; **Amazonas** (Vandick da Silva Batista). Rua Nelson Batista Sales, 54 Conj. Petro Coroado III. CEP 69083-120, Manaus/AM. Tel.: (092) 644-2802. sbpc@fua.br/vandick@cr-am.rnp.br; **Bahia** (Caio Mário Castro de Castilho). Rua Cristiano Otoni, 26/801. CEP 40210-155, Salvador/BA. Tel.: (071) 247-2033. caio@ufba.br; **Ceará** (Tarcísio Haroldo Pequeno). Bloco 910 - Campus do PICI, Depto. de Computação. CEP 60455-760, Fortaleza/CE. Tel.: (085) 219-3190 e (085) 983-4419; **Distrito Federal** (Danilo Nolasco Cortes Marinho). UnB, Colina, Bloco J/ap. 303, Campus Universitário. CEP 70910-900, Brasília/DF. Tel.: (061) 348-2389. nolasco@unb.br; **Espírito Santo** (Luiz Carlos Schenberg). Av. N. Sra. da Penha, 2.432/605 NG - CEP 2.9040-402, Vitória/ES. Tel.: (027) 335.7332. schenber@tropical.com.br; **Goiás** (Romão da Cunha Nunes). Depto. de Produção Animal - Esc. Veterinária - UFG. CEP 74001-970, Goiânia/GO. Tel.: (062) 821.1592; **Maranhão** (Luiz Alves Ferreira). Pça. da Madre Deus, 2 - Depto. Patologia - UFMA - Pavilhão Pedagógico. CEP 65025-560, São Luís/MA. Tel.: (098) 232.3837. luizferreira@elo.com.br; **Mato Grosso** (Miramy Macedo). R. Antonio Maria, 444, Centro. CEP 78020-820, Cuiabá/MT. Tel.: (065) 315.8268. miramy@nutecnet.com.br; **Mato Grosso do Sul** (Odilar Costa Rondoni). CCET - CP 549. CEP 79070-900, Campo Grande/MS. Tel.: (067) 787.2124. **Minas Gerais** (Janetti Nogueira de Francischi). Av. Antonio Carlos, 6.627, Campus da Pampulha, CEP 31270-910, Belo Horizonte/MG. Tels.: (031) 499.2533/2722/2705. e-mail: sbpc@mono.icb.ufmg.br; **Paraíba** (Elizabeth Cristina de Araújo). R. Nilda de Queiroz Neves, 130, Bela Vista. CEP 58108-670, Campina Grande/PB. Tel.: (083) 341.2553. mario@dee.ufpb.br; **Paraná** (Euclides Fontoura da Silva Junior) - CP 19071. CEP 81531-990, Curitiba/PR. Tel.: (041) 366.3144 - R. 232. efontour@garupa.bio.ufpr.br; **Pernambuco** (José Antonio A. da Silva). Rua Quipapa, 537. CEP 50800-080, Recife/PE. Tel.: (081) 441.4577 r. 423. aleixo@elologica.com.br; **Rio de Janeiro** (Adauto José Gonçalves de Araújo). Rua Leopoldo Bulhões, 1.480 - 3º andar, Mangueiras. CEP 21041-210, Rio de Janeiro/RJ. Tel.: (021) 590.3789 - r. 2.087. adauto@ensp.fiocruz.br; **Rio Grande do Norte** (Lúcio Flávio de Souza Moreira). CP 1511. CEP 59078-970, Natal/RN. Tel.: (084) 215.3409. Imoreira@cb.ufrrn.br; **Rio Grande do Sul** (Carlos Alexandre Neto). UFRGS - Bioquímica, Campus Universitário. CEP 90046-900, Porto Alegre/RS. Tel.: (051) 316.5577. alexneto@vortex.ufrgs.br; **Rondônia** (Célio José Borges). R. Pe. Agostinho, casa 13, quadra 20, Conj. Santo Antônio, CP 460. CEP 78904-420, Porto Velho/RO. Tel.: (069) 216.8558; **Santa Catarina** (Miguel Pedro Guerra). R. Rui Barbosa, 86 - apt. 601 F. CEP 88015-300, Florianópolis/SC. Tel.: (048) 331.9588. sbpcsc@cfh.ufsc.br; **São Paulo** subárea 1 (Marília Cardoso Smith). R. Baltazar da Veiga, 501, apt. 12. CEP 04510-001, São Paulo/SP. Tel.: (011) 576-4260. macsmith.morf@epm.br; subárea 2 (Dértia Villalba Freire-Maia). R. Vitória Régia, 180, V. dos Médicos. CEP 18607-070, Botucatu/SP. Tel.: (014) 822.0461. dfm@mandic.com.br; subárea 3 (Maria Inês Tiraboschi Ferro). Av. José Adriano A. Martins, 210. CEP 14870-000, Jaboticabal/SP. Tel.: (016) 323.2500. mitferro@fcav.unesp.br; **Sergipe** (Antônio Ponciano Bezerra). Av. Francisco Moreira, 650/103 - Edif. Port Spain. CEP 49020-120, Aracaju/SE. Tel.: (079) 241.2848.

**SECCIONAIS:** **Maringá** (Paulo César de Freitas Mathias). Depto. de Biologia e Genética, Av. Colombo, 3.690. CEP 87020-900, Maringá/PR. Tel.: (044) 261.4040. pmathias@uem.br; **Pelotas** (Fernando Irajá Felix Carvalho). R. Barão de Butuí, 281/601. CEP 96010-330, Pelotas/RS. Tel.: (0532) 75-7262. barbieri@ufpel.tche.br; **Rio Grande** (Sírio Lopez Velasco). Av. Tramandaí, 2.468, Cassino. CEP 96207-330, Rio Grande/RS. Tel.: (0532) 30-1400. dercsirio@super.furg.br; **Santa Maria** (Miguel Pedro Guerra). R. Rui Barbosa, 86/601, fundos. CEP 88015-300, Santa Maria/RS. Tel.: (055) 220-8737. eduterra@ce.ufsm.br; **Santos** (Cláudio Rocha Brito). R. Dr. Epitácio Pessoa, 248/33. CEP 11045-300, Santos/SP. Tel.: (013) 250-5555 r. 808. cdrbrito@unisantos.com.br



**ECOLOGIA** Programa de recuperação da Baía prioriza saneamento e desagrada ambientalistas

## As águas da Guanabara: despoluir ou sanear

No dia 1º de janeiro de 1502, três naus comandadas pelo navegador português Gonçalo Coelho deram início à ocupação da Baía de Guanabara. Sua extensão, naquele tempo, era de 468 km<sup>2</sup>. Hoje, por causa dos aterros, restam 377 km<sup>2</sup>. Não é só a Baía que está encolhendo. Também diminuem suas chances de recuperação. Com orçamento total de US\$ 793 milhões, o Programa de Despoluição da Baía de Guanabara (PDBG) não faz jus ao nome. As obras de saneamento consomem 73% das verbas disponíveis – o equivalente a US\$ 575,7 milhões.

“O que acontece é que o nome do projeto é inadequado. Devia ser um Programa de Esgotamento Sanitário da Bacia da Baía de Guanabara e não um Programa de Despoluição, já que tem outras vertentes”, confirma Alexandre Cardoso, secretário estadual de Saneamento e Recursos Hídricos.

Hoje, o PDBG prevê a construção de novas Estações de Tratamento de Esgoto (ETE), usinas de reciclagem e compostagem de lixo e a melhoria do sistema de coleta. No entanto, houve uma regressão em termos de concepção ambiental. Pelo projeto original haveria um nível secundário de tratamento de esgoto que iria além da simples filtragem de resíduos sólidos. Seriam usadas substâncias químicas para diminuir a carga patológica do esgoto. Essa tendência mudou “por uma opção social”, segundo Cardoso. “Preferimos fazer mais estações com tratamento apenas em nível primário”, justifica o secretário. Não há ainda previsão de quando as novas ETE poderão expandir seus níveis de tratamento.

Como medida imediata, o secretário estuda um projeto de coleta do lixo no espelho d’água da Baía, o que melhoraria o aspecto

das águas mas não afetaria as causas da chegada dos resíduos. Antes de chegar às águas, o lixo assoreia valas e provoca a contaminação de grandes áreas por não permitir o escoamento de esgotos.

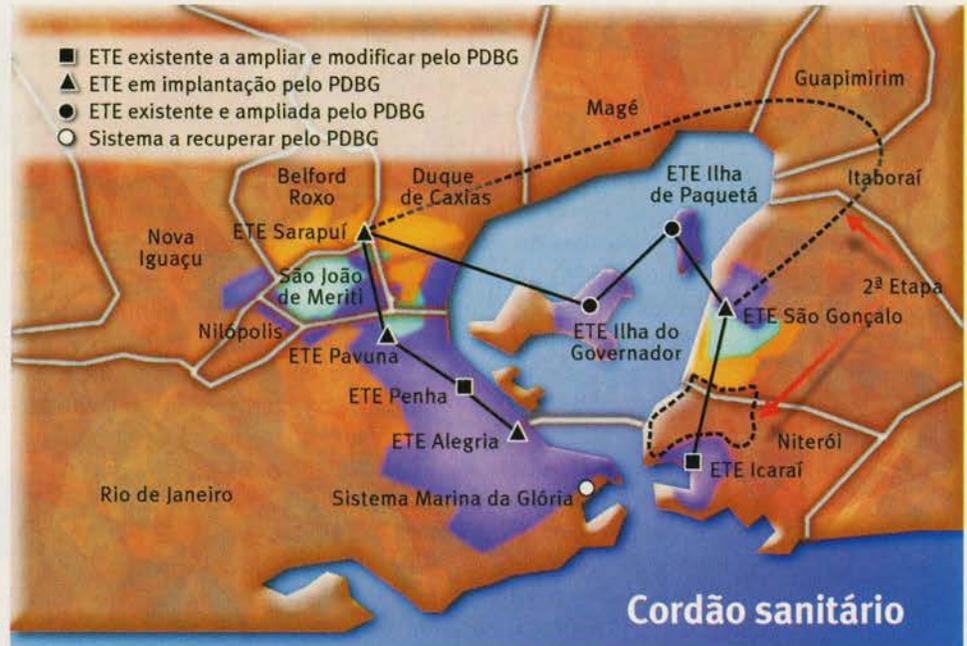
### Financiamento externo

Que obras são necessárias e indispensáveis, não há discordância. “Tudo isso já tinha que ter sido feito há muito tempo. Mas são obras caras e que ninguém vê. Por isso, os políticos nunca quiseram investir. Quando houve a possibilidade de aporte externo é que foi colocado em pauta”, explica o geógrafo Elmo da Silva Amador, um dos fundadores e coordenadores do Movimento Baía Viva, que surgiu em 1992, quando a Baía de Guanabara passou a ser centro das atenções dos políticos, após a Eco-92.

O PDBG tem diversos patrocinadores: US\$ 350 milhões foram

financiados pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), US\$ 237 milhões pela agência japonesa The Overseas Economic Cooperation Fund (OECF) e US\$ 206 milhões pelo Governo do Estado do Rio de Janeiro.

“É uma ironia que, para conseguir financiamento externo, usem a vestimenta ecológica e, na hora de investir, o problema ambiental seja reduzido, a concepção seja exclusivamente sanitária. Estamos reivindicando ações baratas na área de meio ambiente – da ordem de planejamento e gestão ambiental. O custo previsto da cláusula de Projetos Ambientais é de US\$ 19,2 milhões, muito pouco em relação às demais obras”, lamenta Amador.



## A degradação de um paraíso tropical

A ocupação desordenada pode ser considerada como a causa essencial para a degradação da Baía de Guanabara. O modelo histórico da colonização, baseado na mão-de-obra escrava e na rapinagem de recursos naturais, fez crescer uma população no entorno da Baía, sem consciência dos recursos hídricos e naturais que o ecossistema oferecia. Uma passagem do livro *Baía de Guanabara e ecossistemas periféricos: homem e natureza*, do geógrafo Elmo da Silva Amador, retrata bem o início de toda essa problemática:

“...Três naus comandadas por Gonçalo Coelho penetraram na Baía de Guanabara, desvendando para o mundo ocidental a imagem de um paraíso tropical. Naquele longínquo verão, nas águas da Guanabara, houve um choque de dois mundos, de duas concepções de vida e de universos. Dentro das naus impulsionadas pelos ventos, vinham agentes do mercantilismo europeu, preocupados em conquistar novas terras e mercados para a produção de mercadorias de valor de troca e inteiramente inadaptados para os ecossistemas da Guanabara. Nas frágeis canoas e ubás, impelidas por braços fortes, estavam os povos do paraíso tropical, organizados num sistema primitivo de socialismo, despreocupados com a acumulação de bens e riquezas.”

Não só a área original da Baía diminuiu. A perda da profundidade por assoreamento evoluiu de 18 cm por século para os atuais 81 cm por século. Ecossistemas periféricos como brejos, alagados, lagunas, pântanos e manguezais foram destruídos no século 18, resultando em inundações. No século 19, a floresta tropical foi desmatada e teve início a crise de abastecimento de água; a população da bacia contribuinte atingiu 500 mil

habitantes e a capacidade de autodepuração das águas da Baía foi ultrapassada. No início do século 20, a orla foi modificada e aterrada e as praias naturais, desfiguradas.

Mas foi na década de 1950, depois de cristalizado o modelo de desenvolvimento urbano-industrial, que houve o grande marco no processo de poluição e degradação da Baía de Guanabara. Com os aterros que acompanharam a abertura da Avenida Brasil, a expansão de indústrias poluidoras e a falta de saneamento básico junto à expansão demográfica, passou a haver uma mudança radical na qualidade das águas, flora, fauna, balneabilidade das praias e declínio da pesca na Baía.

As demais obras rodoviárias – Aterro do Flamengo, Ponte Rio-Niterói, Rodovia Niterói-Manilha, Linha Vermelha – e as instalações ligadas à indústria do petróleo para sustentar suas demandas, como a Refinaria de Duque de Caxias (Reduc), passaram a responder por grandes cargas de óleos e graxas, metais pesados, fenóis e carga orgânica. Apareciam as falhas estruturais.

Na década de 1980, anunciava-se uma grande dívida estrutural decorrente do processo histórico de colonização do entorno da Baía de Guanabara. Foi concebido, então, um plano-diretor de saneamento básico pela Companhia Estadual de Águas e Esgotos (Cedae), que ficou encostado devido aos altos orçamentos e à dificuldade de financiamentos.

Com a Eco-92, abriram-se as portas para parcerias estrangeiras em causas ambientais e o então governador Leonel Brizola (1990-1994) rebatizou o projeto. Tiveram início as negociações para o Programa de Despoluição da Baía de Guanabara (PDBG) que perdura até hoje. Mas o novo nome não serviu para a mudança de rumos. Só no governo Marcello Alencar (1994-1998) chegaram os recursos externos e as obras tiveram início. (L.P.C.)

O engenheiro Luiz Bevilacqua, do Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC), acredita que “tratar esgoto” é importante mas também alerta para o perigo real da poluição. “Não há como pensar em despoluição se não houver fiscalização efetiva sobre as indústrias. As descargas industriais da Baixada causam uma poluição perigosa pois afetam a vida nos mangues e transferem a contaminação aos moluscos que servem para a alimentação humana”, explica Bevilacqua.

Para isso, o LNCC, em parceria com o Programa de Engenharia Oceânica da Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia (Coppe), está desenvolvendo um estudo acadêmico sobre os modelos de dispersão de poluentes na Baía sob a supervisão do engenheiro Luiz Landau. “Fazemos uma visualização, atra-

vés da realidade virtual, do transporte dos poluentes, do tempo de degradação e analisamos qual o nível de tratamento a ser implantado sem afetar o ecossistema. A partir daí, podemos indicar qual a tecnologia que deve ser utilizada no processo”, explica Landau. “De nada adianta, por exemplo, você derramar um pó tóxico no tapete e querer limpar com uma vassoura. Tem que usar aspirador de pó, conhecer a tecnologia adequada”, compara Bevilacqua.

Para Amador, além das pesquisas, é “preciso acabar com certos tabus”. “A Marinha, por exemplo, aterra onde quer, a hora que quer. Os cascos dos navios são lavados na Baía, óleos são derramados”, lamenta o geógrafo. “Nossa única vantagem é que o BID [Banco Internacional de Desenvolvimento] obriga os programas que financia a terem uma fiscalização popular. Para a segunda fase do Programa, ainda sem previsão de ser implementado pois o Brasil esgotou a possibilidade de endividamento exterior, conseguimos

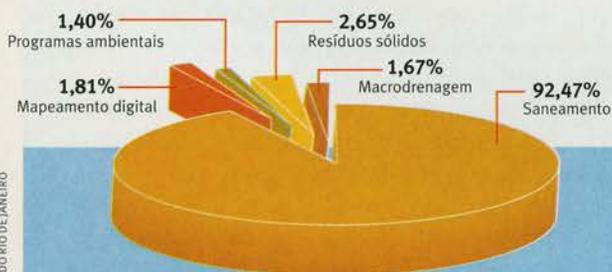
colocar uma cláusula sobre assoreamentos”, acrescenta.

A cláusula do PDBG denominada Projetos Ambientais Complementares prevê o controle da poluição industrial, monitoramento das águas da Baía e educação ambiental, com coordenação da Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (Feema). Hoje os componentes do Programa estão divididos em saneamentos terrenos, projetos ambientais complementares, lixo, mapeamento digital e macrodrenagem.

### Foco na população

Mas o foco – voltado para as águas da Baía – do PDBG também é criticado. Liz Maria de Almeida, epidemiologista do Núcleo de Estudos de Saúde Coletiva da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), acredita que falta maior atenção aos problemas da população. “Demorei a entender que no PDBG a paciente era a Baía. Ela estava doente e tinha que ser tratada. O que sobrasse de benefícios para a população ao

## Distribuição dos recursos



## O que já foi feito na Baía

O Programa de Despoluição da Baía de Guanabara (PDBG) vem sendo elaborado há 10 anos. Muitos dos diversos projetos ainda não foram implementados. Os avanços principais estão nas obras relacionadas ao saneamento, principal foco do projeto. Segundo o engenheiro Renato do Espírito Santo, coordenador do PDBG, o fato desse setor ser o principal foco de ação é justificável: “Quando o PDBG surgiu, o problema principal do Rio de Janeiro era o saneamento. O estado não estava aparelhado, por isso a ênfase do programa é água e esgoto.”

O PDBG foi dividido em cinco etapas, que se encontram nas seguintes fases:

**1** • A área de *macro drenagem*, que cuida basicamente de obras relativas à urbanização, à canalização e à dragagem dos rios, está quase concluída. Foram investidos US\$ 12,5 milhões nos rios Piraquara, Timbó e das Pedras, além de estudos hidrodinâmicos e geotécnicos nos canais do Cunha e do Fundão,

localizados no município do Rio. Resta a conclusão de uma rede hidrometeorológica, com 25 estações, que medirá os índices pluviométricos da capital e indicará as áreas sujeitas a inundações.

**2** • O setor de *resíduos sólidos* é responsável pelos sistemas de coleta e destino final do lixo urbano e do hospitalar. Metade do projeto original está pronta. As usinas de lixo dos municípios de Niterói, Magé e São Gonçalo estão em fase de conclusão e o fornecimento de equipamentos de coleta para os municípios está em fase final. A construção de aterros sanitários e de estações de transferência de lixo nos municípios de São João de Meriti e Nilópolis está sendo retomada.

**3** • A etapa de *mapeamento digital*, totalmente concluída, forneceu informações técnicas para a determinação das obras necessárias ao PDBG. A principal ação desse setor foi a cobertura aerofotogramétrica de 12 municípios da bacia da Baía e a atualização dos mapas da região. Equipamentos de informática foram distribuídos às prefeituras, e com eles foi possível ler os dados do *software* produzido com as informações cartográficas obtidas a partir da cobertura aérea.

**4** • Os *programas ambientais complementares* — só com

PRINCIPAIS FONTES DE POLUIÇÃO	CARACTERÍSTICA DA POLUIÇÃO
 Cerca de 6 mil indústrias	<b>80%</b> da poluição industrial lançada na Baía é proveniente de apenas <b>52</b> indústrias
 Refinaria Duque de Caxias (REDUC)	<b>1,4t/dia</b> de óleo, representando <b>20%</b> do total lançado, além dos despejos contendo fenóis, metais pesados e micropoluentes orgânicos
 16 terminais marítimos de petróleo	<b>1t/dia</b> de óleo
 Dois portos comerciais	<b>2,3t/dia</b> de óleo
 2 mil postos de serviços de combustível e 32 estaleiros	<b>2,3t/dia</b> de óleo, que representam <b>33%</b> do total lançado na Baía
 Lançamento de esgotos domésticos de 7,3 milhões de habitantes	<b>20m³/s</b> de esgoto doméstico, sendo que apenas <b>2,7m³/s</b> recebem tratamento
 Vazadouros de lixo (o Aterro Metropolitano de Gramacho, por exemplo)	Vazão de <b>800m³/dia</b> de chorume <b>7,5 t/dia</b> de rejeito sólido
 Ocupação de terra pública que margeia os rios e encostas	Lançamento de lixo e esgoto doméstico, sem qualquer espécie de controle
 Cargas poluidoras despejadas diariamente na Baía	Orgânica (DBO): <b>400t</b> Orgânica industrial: <b>64t</b> Metais pesados: <b>0,3t</b> Lixo doméstico: <b>6t</b> Carga de óleo: <b>7t</b>

redor seriam apenas efeitos colaterais. Mas se a população não estiver envolvida desde o início, pode se colocar tudo a perder. Os responsáveis não procuraram conhecer a real situação de vida das pessoas antes de conceber o Programa no gabinete. Agora, não adianta encanar água e esgoto se a população não sabe construir nem usar o banheiro”, constata Liz, que participou de uma análise dos impactos do programa sobre as condições de saúde da população, encomendada pelo governo Marcello Alencar (1994-1998) e que não teve continuidade no governo Garotinho. “Esse tipo de estudo é necessário, mas na verdade eles (governo) queriam saber o quanto estariam economizando em saúde para cada tostão gasto com o Programa. Só que saúde é qualidade de vida, não há como dizer o valor de uma criança não morrer de diarreia na Baixada”, avalia a epidemiologista.

**Letícia Palha Carvalho**

*Ciência Hoje/RJ*

30% do previsto pronto — constituem a etapa mais atrasada do PDBG. Os programas consistem em uma série de projetos como educação ambiental, controle dos resíduos industriais e proteção das reservas da mata atlântica — o desmatamento dessas áreas é uma das causas do assoreamento da Baía. Por causa dessa área de atuação, algumas indústrias vêm implantando sistemas de tratamento de resíduos e a Feema (Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente) teve seu laboratório central reformado, além de ser equipada com veículos para fiscalização ambiental. Atualmente o cronograma está sendo reorganizado para a retomada dos projetos.

**5** • O projeto de *saneamento* foi concluído em 50%. O tratamento do esgoto e o abastecimento de água são o foco desse setor. Quase todos os oito reservatórios de água da baixada estão prontos, faltando apenas a conclusão de dois deles em São Gonçalo. As obras de setorização do abastecimento da água em comunidades da região ainda estão sendo feitas. Na ilha de Paquetá, a parte sanitária foi finalizada. A estação de tratamento de esgoto (ETE) foi reformada e ampliada, o sistema de redes instalado e o emissário submarino está em operação.

“A ilha já apresenta sinais de retorno da fauna, os camarões voltaram a aparecer e os pescadores já estão usufruindo esses benefícios”, afirma o coordenador do programa. A única obra que falta em Paquetá é a recuperação de um reator biológico extra, direcionado para o tratamento do esgoto. Na Ilha do Governador, as obras também se encontram bastante adiantadas: a ETE está operando, assim como as redes de esgoto e água. Em Niterói, a estação de Icaraí está sendo ampliada e o emissário submarino já opera normalmente. Com a reforma da estação de tratamento da Penha e a construção da ETE de Alegria (ambas localizadas no município do Rio), a zona da Leopoldina e os bairros da Tijuca, Méier, Centro e arredores terão tratamento de esgoto. Duas estações novas estão sendo construídas na Baixada Fluminense. “Na Baixada não havia nenhuma estação de tratamento, 800 mil habitantes da região serão atendidos”, diz Renato. Em São Gonçalo, a estação de tratamento de esgoto está quase pronta.

**Rachel Ruiz Romano**

*Ciência Hoje/RJ*

**ECONOMIA** Críticas aos rumos da economia brasileira e aos resultados da obediência à cartilha neoliberal marcam seminário no Rio

# Fatos e mitos do desenvolvimento

**O**bater das asas de uma borboleta na China pode causar um maremoto na África. Esse conceito da física quântica parece adequar-se à economia mundial contemporânea. Hoje, a fuga de meia dúzia de investidores de um país emergente pode resultar no desemprego de milhares de pessoas no outro lado do mundo. “O que temos a ver com desvarios que acontecem tão longe?”, indagaria a sociedade atingida. “É o mercado financeiro”, tentaria explicar algum perplexo cidadão.

A atual submissão do Brasil às regras dessa ‘entidade’ abstrata, supostamente sem pátria, aparentemente desvinculada de fatores concretos – o mercado financeiro – foi o tema central do seminário ‘Desenvolvimento: fato e mito’, uma iniciativa das universidades Federal e do Estado do Rio de Janeiro (UFRJ e UERJ), que ocorreu em setembro e teve o apoio da editora Vozes. Com o auditório 11 da UERJ sempre lotado, o seminário inspirou-se em textos do livro *Estados e moedas no desenvolvimento das nações*,

organizado pelo professor de política internacional da UFRJ e da UERJ José Luis Fiori e lançado pela Vozes durante o evento.

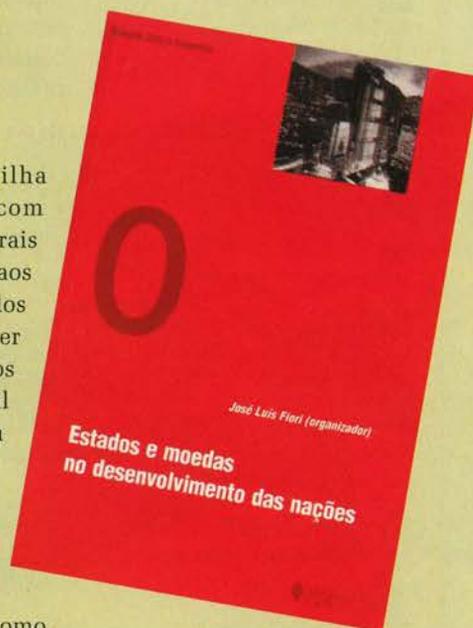
Os 16 palestrantes foram unânimes em criticar os rumos da economia brasileira e apontar os maus resulta-

dos da obediência à cartilha neoliberal, preconizada com veemência pelos países centrais – Estados Unidos à frente – aos países emergentes. Muitos dos conferencistas afirmaram ser um mito a noção de que o caos seria inevitável caso o Brasil ampliasse sua autonomia em relação aos cânones do capital internacional. Segundo eles, o fato é que existem alternativas a serem buscadas para a promoção do desenvolvimento e justiça social, como provam as experiências de outros países periféricos, como China e Coréia. E essas alternativas passariam pela retomada de ideais nacionalistas, com a adoção de estratégias sob medida para o Brasil – e não o cardápio *prêt-à-porter* que o país vem consumindo em obediência ao Fundo Monetário Internacional.

Entretanto, apontaram alguns, também é fato que qualquer alternativa inclui algum relacionamento com os Estados Unidos, cujo papel no cenário mundial foi descrito não mais como o de uma nação hegemônica em busca de seus próprios interesses, mas como o do mais poderoso império da história. A explicação para tamanho poder está, de acordo com alguns conferencistas, não no grau de produtividade do país, mas na posição norte-americana no mercado financeiro.

## Globalização versus rentabilidade social

Primeiro conferencista do seminário, o economista Celso Furta-



do parabenizou os organizadores pela iniciativa. “É importante que a universidade se levante contra esta aparente cegueira”, disse Furtado, referindo-se à estagnação da economia brasileira em nome da estabilidade do real. Furtado advertiu sobre a possibilidade de o país “deslizar” para regimes fortes: “Em razão dos resultados econômicos, caminhamos para um tensão social crescente que pode ameaçar a democracia.”

Para Furtado, à atual situação, em que as medidas pela estabilidade da moeda e o temor à fuga dos investidores externos se impõem em detrimento das políticas de crescimento, seria preferível um pouco de inflação com algum desenvolvimento. “Globalização é ideologia para embalar ingênuos. Cabe ao Brasil definir os termos de sua inserção nesse cenário sob o critério de rentabilidade social. Os Estados Unidos, que crescem sem parar, são um exemplo de protecionismo que contradiz as idéias da globali-

**Globalização é ideologia para embalar ingênuos. Cabe ao Brasil definir os termos de sua inserção nesse cenário sob o critério de rentabilidade social.**

**CELSO FURTADO**



zação”, disse Furtado. “O subdesenvolvimento só pode ser superado com políticas públicas bem definidas.” A participação do célebre economista, ministro da Fazenda no governo João Goulart e hoje vivendo em Paris, levou o seminário às manchetes dos principais jornais e telejornais brasileiros.

Também o embaixador Rubens Ricupero teceu veementes críticas ao modo como a economia brasileira vem sendo conduzida. “Ninguém come estabilidade. Não questiono a economia de mercado, mas é preciso formar um verdadeiro mercado, do qual todos participem. Nesse cenário cinzento, ainda há matizes favoráveis que podem ser explorados”, disse Ricupero. “Questiono a noção de que a integração no mercado internacional é imprescindível para o crescimento. Ora, o que importa é a qualidade da inserção. O Brasil colonial era totalmente integrado ao mercado internacional e no entanto gerou um país submisso”, resumiu. Secretário-geral da Conferência das Nações Unidas sobre o Comércio e Desenvolvimento (Unctad), ele lembrou que, sob o atual modelo, os investimentos externos aumentaram exponencialmente, mas em setores que não acrescentam aos esforços de exportação. “É o *hot money* que está entrando. Desses recursos, mais da metade não fica aqui. As remessas para o exterior aumentaram de US\$ 700 milhões para 7,7 bilhões”, alertou Ricupero.

### Capital e estados nacionais

Um dos coordenadores do evento e organizador do livro *Estados e moedas no desenvolvimento das nações*, José Luiz Fiori disse que os países centrais estão “vendendo” duas idéias-força aos países emergentes para sustentar os ideais de globalização. A primeira é a de que “o mercado é um só e todos se beneficiarão; no pano-

rama da globalização já não deve haver competição entre estados”. A outra é a de que “a competição não apenas não é essencial ao mercado internacional como é destruidora do capitalismo”. De acordo com o professor, contradizendo tais idéias, a história mostra que a competição entre nações foi, durante a formação do capitalismo, fator decisivo para a união entre capitais nacionais e seus respectivos estados. “O futuro promete mais competição”, afirmou Fiori.

Também na opinião de Franklin Serrano, professor do Instituto de Economia da UFRJ, o processo de desenvolvimento nada tem de automático e está diretamente relacionado à aplicação de estratégias desenhadas pelos Estados nacionais, tomando em consideração as relações internacionais. “Não cabe perguntar por que nem todos os países se desenvolvem e sim como e por que conseguem chegar lá”, afirmou Serrano. Segundo ele, a tendência natural dos países é a divergência e não a convergência de interesses; a prosperidade de um país está ligada ao poderio militar, ao controle da moeda, das finanças internacionais e da tecnologia.

Na opinião do embaixador Samuel Pinheiro Guimarães, diretor do Instituto de Pesquisas em Relações Internacionais do Itamarati, a atual globalização fundamenta-se na apropriação das regiões antes dominadas por regimes comunistas, em que megasempresas e Estados nacionais disputam mercados e territórios. “Nessa disputa, a transferência de riqueza de um país para outro ou de um país para o âmbito privado tem base na posse da tecnologia”, disse Guimarães. Outro modo de transferência de riqueza são os empréstimos (“que financiam os ricos mas são cobrados de todos”); a distribuição de dividendos aos acionistas; e a distribuição de pro-

### Capitalismo em crise

O economista e deputado federal do Partido dos Trabalhadores Aloízio Mercadante apontou sinais de falência geral no modelo neoliberal. “Surtem evidências em toda parte. Crises na Colômbia, no Equador, na Venezuela, na Argentina, no Chile. O Brasil é parte desse processo”, analisou Mercadante. “Nossa posição no cassino financeiro é gravemente vulnerável. E isso tudo num cenário de abertura comercial ingênua”, disse. O deputado criticou ainda o caminho das privatizações: “76% do patrimônio público estão privatizados e, apesar do aumento da carga tributária, tudo é consumido pela dívida pública.”

De acordo com Mercadante, não há saída fácil para essa situação, mas o custo de uma alteração de rumo será menor do que as consequências da continuação do atual modelo. Ele revelou que o PT prepara um projeto com soluções “criativas” que permitiriam a retomada do crescimento sem pressionar a balança de pagamentos.

O professor da Fundação Getúlio Vargas Paulo Nogueira Batista Jr. disse que, 10 anos depois de implementada, a agenda liberal – caracterizada pela abertura comercial e pela retração do Estado nas questões de mercado – dá claras mostras de não estar funcionando. “O óbvio se impôs”, disse Batista Jr. “Os países ricos que nos venderam a idéia de uma economia de mercado sem a regulação do Estado nunca aplicaram essa dieta inteiramente”, afirmou.

Batista Jr. lembrou que na década de 1990 o crescimento da economia brasileira foi inferior ao registrado ao final dos anos 80, a chamada “década perdida”. Além disso, afirmou ele, a taxa de de- ▶

Nossa posição no cassino financeiro é gravemente vulnerável. E isso tudo num cenário de abertura comercial ingênua. ALOÍZIO MERCADANTE



**O fato é que vejo a indústria desmantelada, a agricultura tratada aos tapas, o crédito difícil para as empresas. Não dá mais para esperar o bolo crescer para distribuí-lo.**

**JOÃO SAYAD**



semprego foi maior. “Apesar da privatização de empresas estatais, a dívida do governo aumentou. Grande parte da agenda neoliberal foi cumprida, mas os benefícios não chegaram aos brasileiros e o país ficou ainda mais dependente das economias internacionais”, disparou o economista da FGV.

A participação do Estado em economias subdesenvolvidas como fator de proteção à soberania nacional foi defendida por Batista Jr. “Mas no Brasil parece acontecer o contrário. O BNDES, por exemplo, declara-se disposto a financiar empresas estrangeiras na compra de empresas brasileiras. Ora, é o oposto do que o banco devia estar fazendo”, alertou.

“O que há de errado no diagnóstico feito por nós, heterodoxos? Por que nosso ponto de vista é derrotado? Seremos ingênuos?”, indagou João Sayad, ex-ministro do Planejamento e professor da Universidade de São Paulo. “O fato é que vejo a indústria desmantelada, a agricultura tratada aos tapas, o crédito difícil para as empresas”, completou. “Não dá mais para esperar o bolo crescer para distribuí-lo”, pregou. Segundo Sayad, desenvolvimento é autonomia nacional, portanto está relacionado, à vontade da nação. “Desenvolvimento não cai das mãos de capitalistas estrangeiros, ou do mercado ou de meras modificações nas leis. Desenvolvimento tem a ver com um projeto nacional, que é o que falta às nossas elites”, criticou.

Em sua palestra o professor Luiz Gonzaga Beluzzo, da Faculdade de Economia da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), resumiu uma análise dos regimes monetários da segunda

metade do século 10 até os dias de hoje, mostrando em que rede o Brasil foi apanhado, principalmente após a imposição do padrão dólar, em 1979. Nessa nova ordem mundial, em que se consolidou a *financeirização* da riqueza, os países emergentes são os mais vulneráveis, o Brasil entre eles. Nesse novo quadro, disse Beluzzo, os Estados Unidos não só consolidaram sua hegemonia mundial como ganharam poder efetivo sobre as economias alheias.

### **Novo império**

Para Aloísio Teixeira, do Instituto de Economia da UFRJ, é muito importante definir bem a dimensão do poder dos Estados Unidos no cenário internacional. “A palavra certa é império, e este poder se fundamenta em três pilares: inovação tecnológica, força militar e moeda forte”, afirmou. Ele explicou que, em 1979, quando os Estados Unidos desatrelaram o dólar do padrão ouro, criou-se um quadro sem paralelo na história. “Só Roma teve tanto poder”, disse. Segundo ele, o Brasil resistiu por uma década, a de 80, até que a elite sucumbiu para subordinar-se inteiramente à nova ordem. Para ele, a saída para o Brasil está relacionada à reinvenção de nossa moeda e à preservação da democracia. Já na opinião de Theotônio dos Santos, professor de economia da Universidade Federal Fluminense, o domínio norte-americano não é mais tão estável e sofre a ameaça das economias asiáticas, sob a liderança do Japão.

Wilson Cano, professor-titular de economia na Unicamp, fez uma análise de como os países latino-americanos conduziram suas economias desde a crise de 1929 até o ano da adoção do padrão dólar. Enquanto os países latino-americanos (liderados por Argentina, Brasil e México) buscavam consolidar seus processos de industrialização, os Estados

Unidos não só ampliaram seu aparato industrial como conseguiram transformar o dólar em parâmetro internacional, desvinculando a moeda da balança de pagamentos. “Hoje está claro que qualquer proposta séria de desenvolvimento e distribuição de renda passa longe desse modelo atrelado ao FMI. Para retomar o crescimento, precisaremos olhar de modo diferente para o nosso carro, nossos aparelhos eletrônicos. Mas as elites parecem não saber disso”, alertou. “Temos que repensar a inserção internacional do Brasil, alinhando o país com o Terceiro Mundo. O que se faz hoje é prometer brioques ao povo”, disparou.

### **Shopping center, catedral da classe média**

O economista Carlos Lessa, decano do Centro de Ciências Jurídicas e Econômicas da UFRJ, também criticou o comportamento da elite e da classe média brasileiras, depositando todas as suas esperanças no povo. “Ao mesmo tempo em que assistimos à erosão do neocapitalismo enquanto ideologia, vivemos uma espécie de cristalização dessa ordem capitalista, a que chamamos pós-modernidade, que pressupõe a idéia de império – norte-americano – sob uma nova mitologia que mantém todos alinhados ao dólar. Um suspiro de Clinton pode provocar flutuações na bolsa”, disse.

Lessa apontou também o outro lado do discurso ambientalista, em que os países ricos, consumidores de 90%

**Temos que repensar a inserção internacional do Brasil, alinhando o país com o Terceiro Mundo. O que se faz hoje é prometer brioques ao povo.**  
**WILSON CANO**





das matérias-primas do mundo embora não as produzam, passam agora a defender uma geopolítica de contenção condicionada ao equilíbrio ecológico. Nesse cenário, afirmou, “a elite vê a riqueza na liquidez do dólar e a classe média, atrelada aos sonhos dos ricos, se imbeciliza nas catedrais do consumo. Nossa classe média não teve testes históricos, como guerras e fome, para reforçar os valores morais.”

Na mais longa e mais emocionada participação no seminário, a ex-deputada Maria da Conceição Tavares, professora emérita do Instituto de Economia da UFRJ, afirmou que o Brasil nunca esteve tão profundamente subordinado aos interesses externos como hoje. “Dessa vez o impasse é *pra valer*”, disse ela, prevendo que nos próximos 10 anos haverá um enfrentamento de classes, possivelmente em meio a uma crise mundial. Segundo a economista, atualmente o Brasil não passa de “um butim de primeira classe”. “Não temos a menor importância geopolítica para eles, não temos inimigos. É a Ásia o ponto de conflito”. Para ela, o ano de 2001 (de campanha presidencial) será decisivo: “Estaremos à beira de uma crise muito pesada, com falta de recursos para todos os setores.”

### Superexploração do trabalho chega ao Primeiro Mundo

Para o sociólogo Emir Sader, professor da Faculdade de Serviço Social da UERJ, uma novidade significativa na economia mundial é que os povos dos países desenvolvidos estão sendo incluídos no fenômeno da superexploração do trabalho. Segundo Sader, nunca houve tanta gente no mundo vivendo de seu próprio trabalho. No caso dos Estados Unidos, grande parte do atual crescimento se deve à remuneração do trabalho abaixo do valor, um modelo antes restrito aos “quintais” e, dentro do

## China e Coréia do Sul

Os casos da China e da Coréia do Sul foram apresentados como exemplos de economias que conseguem emergir traçando caminhos próprios, evitando a submissão ao sistema financeiro internacional.

“Depois de partir de patamares equivalentes aos do Brasil em busca de seu desenvolvimento, inclusive enfrentando crises semelhantes, a Coréia do Sul já nos olha como um parceiro a fornecer mão-de-obra barata e matéria-prima em abundância”, ironizou Luciano Coutinho, professor-titular da Faculdade de Economia da Unicamp, ao comparar as trajetórias dos dois países emergentes. Segundo ele, a Coréia do Sul superou a crise cambial de 1997 e manteve-se à tona por ter investido na sustentação de um superávit comercial em torno de 25%, além de manter reduzida sua exposição à globalização. Resistindo a grandes pressões, o país obteve razoável autonomia em relação às dietas prescritas pelo FMI, moderando as privatizações, limitando a abertura comercial e criando novos mecanismos de controle para os investimentos externos. Ou seja, ao contrário do Brasil, seguiu uma receita independente e foi bem-sucedido.

O caso da China foi comentado por Carlos A. Medeiros, professor do Instituto de Economia da UFRJ. Ressaltando que a trajetória da China não pode ser explicada sob a mesma ótica geral usada para analisar casos de industrialização em economias atrasadas, o economista afirmou que o crescimento econômico com mudança estrutural da China resulta de três vetores principais: a estratégia dos Estados Unidos visando ao desgaste da ex-União Soviética, que favoreceu o deslocamento dos interesses americanos para a China; a ofensiva norte-americana com o Japão e uma complexa estratégia do governo chinês para afirmar a soberania do Estado sobre o território e a população através do crescimento econômico e da modernização da indústria.

Depois de enfrentar um duro período de fome (‘o grande salto para a frente’, no final da década de 50 e início da década de 60, em que o esforço desmedido para implantar uma indústria de base reduziu drasticamente a produção agrícola) e uma longa fase de grandes conturbações internas (‘a revolução cultural’, na década de 60, em que foi promovido o maciço deslocamento da população urbana para o campo), a China iniciou seu namoro com o Ocidente, retomando o relacionamento com os Estados Unidos e reintroduzindo sua economia nos meandros do mercado.

De acordo com Medeiros, três movimentos ajudaram a impulsionar a taxa de crescimento da China ao longo da década de 80: o manejo dos investimentos estatais entre os diferentes setores produtivos e a liberalização do comércio privado para os excedentes agrícolas que resultaram, no início dos anos 80, no crescimento da produtividade agrícola e do setor de bens de consumo.

Hoje, apesar de manter o isolamento ideológico e as regras internas diferentes do resto do mundo, a China consegue impor termos próprios de negociação no mercado externo, é campeã absoluta em crescimento econômico (com base em produtividade e não em riqueza monetária, como o crescimento dos Estados Unidos). Para Medeiros, o grande argumento do gigante comunista é o tamanho de seu mercado. “No momento, eles tratam de melhorar o perfil de exportações e de combater a pobreza com base não na distribuição de cestas básicas, mas na criação de condições de trabalho para a população”, disse o economista.

território americano, limitado aos negros e imigrantes. De acordo com Sader, mesmo nos Estados Unidos, os novos empregos anunciados como dado de crescimento econômico são precários, o que vem obrigando os trabalhadores a buscarem uma segunda colocação e aumentarem sua jornada de

trabalho. Na visão de Sader, a união das lutas de sindicatos e centrais de trabalhadores dos países é a única possibilidade de reversão desse processo.

**Renata Moraes**

Especial para *Ciência Hoje/RJ*

**SAÚDE PÚBLICA** Luz ultravioleta é 'remédio' para destruir colônias de microrganismos que proliferam em sistemas de ar-condicionado

## Edifícios doentes

**P**neumonias, doenças respiratórias e infecções diversas: esse é o quadro típico da 'síndrome dos edifícios doentes', causada pela proliferação de colônias de bactérias, fungos e vírus nos dutos dos sistemas de ar-condicionado. As conseqüências podem ser funestas, como atesta a morte do ministro Sérgio Motta. A bactéria *Legionella pneumophila*, responsável pela septicemia que o matou, estava nos dutos de ar-condicionado de seu gabinete.

O episódio foi determinante para que, em agosto de 1998, o Ministério da Saúde aprovasse uma portaria obrigando os operadores de sistemas de ar-condicionado a garantir qualidade para o ar interior. A portaria sugere o uso de produtos biodegradáveis para a desinfecção dos sistemas. No entanto, esses agentes biocidas acabam deixando resíduos que, por efeito acumulativo sobre o organismo das pessoas, podem levar à intoxicação e, em alguns casos, até à morte.

A luz ultravioleta é uma alternativa à ação química desses produtos. Mas nem todos os tipos de



GUTO NOBREGA

luz ultravioleta são eficazes para matar vírus, bactérias e fungos que contaminam o ar e a tubulação de ar-condicionado. Para agir como germicida, seu comprimento de onda deve ser de 253,7 nanômetros (ver 'Luz ultravioleta').

A ação dessa radiação sobre os microrganismos é física: ela pe-

netra na membrana de suas células e destrói o DNA. A luz ultravioleta germicida atinge as gotículas aerotransportadoras em que flutuam os microrganismos e os extermina com "99,9% de eficácia", segundo Márcio Oliveira, presidente do Sindicato dos Profissionais da Química do Estado de Minas Gerais.

Oliveira patenteou internacionalmente a aplicação da tecnologia de radiação ultravioleta para desinfetar dutos de ar-condicionado. Pesquisado desde o início deste século, o combate a microrganismos com radiação ultravioleta já era utilizado no tratamento de água, na indústria de alimentos e na sanitização de ambientes.

A luz ultravioleta germicida é produzida por lâmpadas elétricas parecidas com as lâmpadas fluorescentes comuns. A energia consumida por elas é convertida

Fábrica da TechnoAir System do Brasil, onde são fabricadas as lâmpadas ultravioleta germicidas



FOTOS: CEDIDAS PELA TECHNOAIR SYSTEM DO BRASIL

em energia ultravioleta. Essas lâmpadas são equipadas com um envelope de vidro que filtra a radiação emitida pelo gás ozônio, prejudicial à saúde.

Para a instalação das lâmpadas, os dutos de ar-condicionado são seccionados logo antes da saída por onde obrigatoriamente passa todo o ar que será insuflado. A luz ilumina o interior dos dutos sob a forma de feixe laminar. Assim, não há interferência no ambiente a ser climatizado, que não é diretamente iluminado. As pessoas ali presentes só se expõem à luz refletida pelo teto e pelas paredes, o que não chega a ser prejudicial à saúde ou a irritar os olhos. "O processo é 100% inócuo", garante Oliveira.

O limite de exposição à luz ultravioleta germicida é menor que  $0,2 \text{ mW/cm}^2$ , acima de oito horas. Esse patamar foi calculado pelo Instituto Nacional de Segurança e Saúde Ocupacional, dos Estados Unidos, país onde a luz ultravioleta germicida vem sendo usada há mais de 50 anos em hospitais, clínicas e laboratórios.

No Brasil, as lâmpadas ultravioleta germicidas estão sendo fabricadas e comercializadas desde julho deste ano pela TechnoAir System do Brasil, instalada em Contagem (MG). Segundo Rainy Menezes, diretor de *marketing* da empresa, seu preço varia entre 25 e 50% do preço total de um sistema de ar-condicionado implantado.

A instalação das lâmpadas é feita a partir de um estudo do ambiente climatizado. Seu número e potência dependem de fatores como volume de ar tratado, tempo de climatização, velocidade de vazão ou diferencial térmico. Segundo Márcio Oliveira, a instalação, operação e manutenção das lâmpadas é simples. Em geral, elas duram aproximadamente 10 mil horas.

As vantagens do uso da luz ultravioleta germicida decorrem de sua ação física: ela não produz resíduos tóxicos e funciona contra todos os tipos de microrganismos, que não têm como criar resistência a essa técnica. Além disso, ao contrário dos produtos quí-



**Técnico instala sistema de ar-condicionado dotado de equipamento que combate microrganismos**

## Luz ultravioleta

**A luz ultravioleta é uma parte do espectro de energia eletromagnética gerada pelo Sol. Embora seja chamada de 'luz', ela não é visível: seu comprimento de onda é superior àquele que pode ser percebido pelo olho humano. Existem três tipos de luz ultravioleta. O tipo A, de ondas longas, tem baixo poder de penetração na pele e é responsável pelo bronzeamento. O tipo B, com maior poder de penetração, pode causar câncer e envelhecimento da pele. O tipo C, de ondas curtas, não existe na radiação solar. É nesse tipo de radiação que se inclui a luz ultravioleta germicida, usada para desinfecção do ar.**

micos biocidas, a radiação ultravioleta permite a desinfecção constante do ar recirculado.

A difusão dessa tecnologia pode contribuir para a melhoria da qualidade do ar interior no Brasil, que, na opinião de Oliveira, continua tão ruim quanto antes da portaria do Ministério da Saúde. "Os riscos ainda são os mesmos. A fiscalização ainda não está equipada para atender à determinação da portaria."

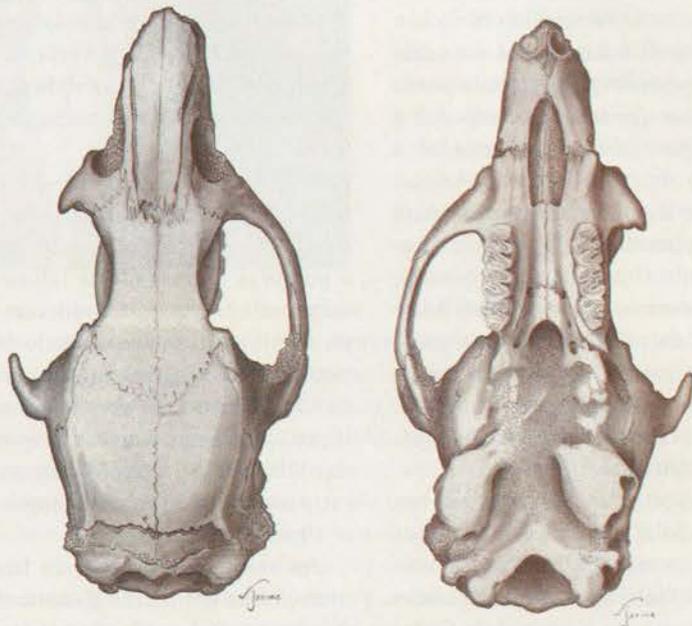
**Bernardo Esteves**

Especial para *Ciência Hoje*/MG

# Um rato enorme

**Figura 1.**  
Vistas dorsal  
e ventral  
do crânio  
do roedor  
*Noronhomys*  
*vespuccii*

**H**á fortes indícios de que o navegador italiano Américo Vespúcio (c.1454-1512) tenha estado na ilha de Fernando de Noronha (PE) em 1503 e de que tenha mencionado, em seus diários, a existência de “um rato enorme”. Essa descrição era considerada um mistério, já que os únicos ratos atualmente encontrados em Fernando de Noronha são o rato-preto e o camundongo, introduzidos anos depois pela ocupação humana. Mas durante uma expedição científica realizada na década de 1970 pelos pesquisadores Michael Carleton e Storrs Olson, do Museu Nacional de História Natural do Instituto Smithsonian (Estados Unidos), diversos esqueletos foram recolhidos. Um deles pode ser a chave para esse mistério.



ronha, descoberta em julho de 1503 pelo português Gonçalo Coelho. Vespúcio teria chegado à ilha em agosto do mesmo ano. Entre suas anotações, constam descrições de aves, lagartos, cobras e ratos muito grandes. As aves citadas pelo navegador existem até hoje em Fernando de Noronha. Pressume-se que os lagartos mencionados sejam da espécie *Mabuya maculata*. Quanto às cobras descritas por Vespúcio, acredita-se que se tratem dos lagartos *Amphisbaenia ridleyi*, facilmente confundidos com serpentes.

Mas como o relato da existência de um grande rato nunca fora confirmado muitos pesquisadores questionavam a veracidade dos escritos de Vespúcio. Afinal, os únicos ratos que habitam hoje a ilha são o rato-preto (*Rattus rattus*) e o camundongo (*Mus musculus*). Mesmo que tivessem vindo nos navios de Gonçalo Coelho os ratos não poderiam, em tão pouco tempo, ter se multiplicado e crescido a ponto de chamar a atenção de um viajante. No final

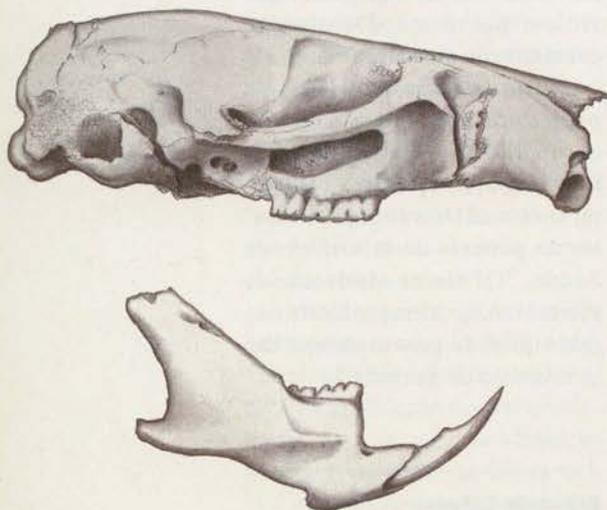
do século 19, o naturalista J.C. Branner levantou a hipótese de que o rato descrito por Vespúcio seria uma espécie nativa, extinta com a ocupação humana. Falta-ram, no entanto, provas para sustentar tal argumento.

## A peça que faltava

A prova só seria encontrada na década de 1970 e analisada recentemente, quase três décadas depois. Entre os esqueletos colhidos por Michael Carleton e Storrs Olson em Fernando de Noronha, destaca-se o de um grande roedor desconhecido para a ciência. Os pesquisadores do Instituto Smithsonian batizaram-no de *Noronhomys vespuccii* em homenagem ao navegador italiano, única pessoa que teria descrito o espécime vivo. Os resultados do trabalho foram apresentados na edição de março da revista *American Museum Novitates*.

O terreno arenoso onde o esqueleto foi encontrado dificultou a datação precisa do fóssil, mas sua mineralização deixa claro que não

**Figura 2.**  
Vista lateral  
do crânio e  
mandíbula  
esquerda do  
*Noronhomys*  
*vespuccii*



se trata de um animal contemporâneo. O *Noronhomys vespucii* era um roedor de hábitos terrestres, pesando cerca de 250 g. Como Fernando de Noronha nunca formou uma faixa de terra contínua com o continente, seus ancestrais provavelmente chegaram à ilha pelo mar, flutuando em troncos de madeira. As espécies mais próximas a *N. vespucii*, do gênero *Holochilus*, têm hábitos aquáticos que devem ter sido revertidos para um comportamento terrestre com o isolamento do local.

Os pesquisadores acreditam que a espécie existiu no século 16 e que no século 19 já havia sido extinta. Eles apontam como principal causa da extinção a ocupação humana, que teria provocado alterações no hábitat e introduzido novos predadores, como gatos domésticos. Outro possível fator para o desaparecimento do roedor na ilha seria a introdução inadvertida de ratos e camundongos, que podem ter lhes transmitido doenças, além de acirrar a competição por alimentos.

Os dados levam a crer que havia seis vertebrados terrestres endêmicos na ilha: o rato *N. vespucii*, os répteis mabuia (*Mabuya maculata*) e a cobra-de-duas-cabeças (*Amphisbaenia ridleyi*) e as aves sebitó (*Vireo gracilirostris*), a cocoruta (*Elaenia ridleyana*) e a saracura (*Rallus* sp.). Como o rato e a saracura foram extintos, pode-se afirmar que um terço da fauna endêmica desapareceu. “As ilhas oceânicas têm o ecossistema frágil, já que os animais evoluem separadamente. Além disso, animais e plantas introduzidos pela ocupação humana representam um sério risco para as espécies endêmicas”, esclarece o ornitólogo José Maria Cardoso, do Departamento de Zoologia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

**Bruno Magalhães**  
Ciência Hoje/RJ

**TOXICOLOGIA** Efeitos do adoçante no organismo causam polêmica

## O lado obscuro do aspartame

**E**m diversas partes do mundo vêm se discutindo os possíveis efeitos negativos do aspartame, substância presente em muitos produtos dietéticos que chegou a ser taxada de “veneno químico” por alguns pesquisadores. Tal preocupação é justificável, uma vez que o aditivo é consumido em mais de 70 países, inclusive no Brasil.

O aspartame foi descoberto acidentalmente em 1965 pelo químico norte-americano James Schlatter, mas seu consumo só foi liberado pelo *Food and Drug Administration* (FDA) – órgão norte-americano responsável por testar drogas, alimentos e cosméticos – em 1981, após a realização de diversos estudos toxicológicos.

No Brasil, o livre comércio de dietéticos, entre eles os que continham aspartame, foi autorizado em 1988. Até então, esses produtos eram vendidos apenas em farmácias, mediante a apresentação de receitas médicas. Uma vez aprovado pelo Ministério da Saúde brasileiro, o aspartame tornou-se um aditivo comum em diversos alimentos e nos últimos anos vem conquistando, além dos diabéticos, um mercado cada vez maior de consumidores preocupados em manter a forma física. O produto fornece apenas quatro calorias por grama e seu poder edulcorante é até 200 vezes maior que o do açúcar de cana.

Mas as informações que circulam a respeito desse adoçante não são animadoras. Existem pesquisas que o apontam como responsável por problemas de saúde que

vão de dores de cabeça, insônia e vertigens a doenças crônicas como esclerose múltipla, cegueira e tumores cerebrais. Alguns médicos e cientistas acham que as doenças causadas pelo aditivo são pouco divulgadas pela imprensa e muitos dos sintomas sofridos por seus consumidores jamais chegam a ser associados ao produto.

Os defensores do aspartame, entre eles David Hattan, membro do FDA, asseguram que o adoçante é totalmente confiável, uma vez que foi aprovado em mais de 100 estudos toxicológicos. No entanto, pesquisadores como Erik Millstone, da Universidade de Sussex (Grã-Bretanha), acusam os fabricantes de adoçantes de manipular os órgãos de saúde pública e entregar relatórios falsos ao FDA, encobrindo assim a toxicidade desse suplemento alimentar cujos três componentes químicos – ácido aspartâmico, fenilalanina e metanol – seriam perigosos para o organismo humano.



### Componentes malignos

O aminoácido fenilalanina, encontrado naturalmente no cérebro, não pode ser metabolizado por algumas pessoas, as chamadas fenilcetonúricas. Segundo o professor Russell Blaylock, da Escola de Medicina da Universidade do Mississippi, essa substância reduziria as taxas de serotonina do cérebro, causando depressão e problemas emocionais, inclusive em pessoas que não apresentam fenilcetonúria, doença que causa retardo mental devido ao acúmulo do aminoácido fenilalanina no organismo.

No caso do metanol, as consequências podem ser mais graves. Há evidências de que, no intestino, esse elemento oxida-se em formaldeído, substância não-degradável que, se ligada às proteínas, as deteriora. A acumulação de formaldeído no organismo seria um dos fatores responsáveis pela formação de tumores cerebrais.

O bioquímico e médico nutricionista Ênio Cardillo Vieira, da Universidade Federal de Minas

Gerais, lembra que os estudos que apontam o aspartame como substância cancerígena foram realizados apenas em animais, não se sabendo se os mesmos efeitos ocorrem em seres humanos. Vieira acredita que só chegaremos a respostas concretas após alguns anos de pesquisas e que, por enquanto, “a questão do aspartame está *sub judice*”.

A dúvida gira em torno do seguinte: até que ponto pequenas doses do adoçante, como as usadas num cafezinho, fariam mal? Apesar disso, recomenda o médico, deve-se evitar a ingestão de grandes quantidades de produtos com esse aditivo. Segundo David Hattan, o metanol é de fato perigoso ao organismo. No entanto, garante ele, as doses dessa substância liberadas pelo aspartame equivalem às produzidas durante a digestão de frutas cítricas.

Mariem Rodrigues Cunha e Kléber Baptista, pesquisadores da Divisão de Bromatologia, Toxicologia e Medicamentos da Fundação Ezequiel Dias (Funed), em Belo Horizonte, acreditam que as drogas aprovadas pelo FDA estão dentro de uma margem de segurança. “Elas só são aprovadas após muitos testes”, afirmam. Segundo eles, o aspartame, único adoçante artificial totalmente metabolizável, não causa danos ao organismo se os limites de ingestão diária do produto, dados em miligramas por quilo, forem respeitados. Mas chamam a atenção para um detalhe que às vezes passa despercebido: tais limites diários irão variar de acordo com o peso de cada indivíduo. O aspartame, cuja quantidade máxima de ingestão diária é de 40 mg/kg, permite que uma pessoa de 70 kg, por exemplo, consuma 2.800 mg do produto por dia. É necessário, portanto, fazer cálculos a partir das dosagens que constam nas embalagens. Cunha destaca que o importante no momento é verificar se a quantidade de aditivo

presente nos produtos condiz com o que está especificado nos rótulos, uma tarefa que cabe aos órgãos de Saúde Pública e aos pesquisadores.

### Terrorismo tóxico?

Nos Estados Unidos, o aumento do número de casos de esclerose múltipla, doença que se caracteriza por alternar períodos de agravamento e de melhora, vem sendo associado ao crescente uso de aspartame. Uma vez que o efeito do metanol no organismo produz sintomas semelhantes aos da doença, é preciso verificar se a melhora do quadro clínico de um paciente com esclerose múltipla se deve à diminuição do consumo de dietéticos ou se isso não passa de mera coincidência.

O médico norte-americano H. J. Roberts, especialista em diabetes, vai ainda mais longe quando se trata de criticar o aspartame. Ele alega que o consumo desse suplemento é responsável pelo aumento dos índices de tumores cerebrais em seu país. Os fabricantes rebatem a crítica garantindo que essa correlação não foi cientificamente comprovada.

Pesquisadores que asseguram a confiabilidade do aspartame, como Jeff Stier, do Conselho Americano para Ciência e Saúde, alegam que o que está havendo é uma onda de rumores contra o aditivo, divulgados pelos chamados “terroristas tóxicos” e que se espalha rapidamente via Internet.

Saber em quem confiar – se nos que aprovam ou nos que condenam o aspartame – é uma questão delicada. Na dúvida, é melhor pensar duas vezes antes de aposentar o tradicional açúcar de cana.

**Maya Mitre**

Especial para *Ciência Hoje*/MG



ORNITOLOGIA Quase 300 espécies, várias ameaçadas, vivem no Parque Nacional da Serra da Canastra

# Um refúgio para muitas aves

FOTO DE EDSON ENDRIGO

**E**m 1819, em viagem pelo interior do Brasil, o botânico francês Auguste de Saint-Hilaire (1779-1853) observou a cachoeira Casca d'Anta (figura 1), em Minas Gerais, e registrou esse momento: "Dentro em pouco começamos a ouvir o barulho da cachoeira (...). De repente avistei o seu começo e logo em seguida pude vê-la em toda a sua extensão (...). No ponto onde a água cai há uma depressão no cume do paredão de rochas, formando um sulco largo e profundo que vai descendo em ziguezague até uns dois terços da altura da pedreira (...). De um ponto ainda bastante elevado, onde termina a fenda, despeja-se majestosamente uma cortina de água (...). O terreno que se estende abaixo da cascata é bastante irregular, e um outeiro coberto de verdejante relva esconde a parte inferior da cortina de água. Do lado direito desce até ela uma mata de um verde sombrio. É essa a nascente do São Francisco."

A descrição da cachoeira impressiona, mas na verdade Saint-

Hilaire enganou-se: a verdadeira nascente do rio São Francisco está situada cerca de 14 km acima desse ponto. Hoje, essa nascente e o ecossistema que a cerca, um dos mais ameaçados do Brasil, localizado entre os domínios do cerrado e da mata atlântica, compõem o Parque Nacional da Serra da Canastra. Criado em abril de 1972 no sudoeste mineiro para garantir a conservação desse ecossistema, o Parque tem 71.525 ha. A maior parte dessa área situa-se no alto de uma grande chapada, onde a altitude máxima é de 1.500 m. Nesse platô o relevo é ondulado, com muitas nascentes e córregos nos vales e afloramentos rochosos existentes nos pontos mais altos.

A vegetação dominante é a do cerrado, em suas diferentes formações. A mais freqüente é o campo limpo (revestido por graminéas, com poucas árvores ou arbustos muito distantes entre si) (figura 2), seguida pelo campo sujo e pelo campo rupestre (presente nos afloramentos rochosos), mas também há manchas de mata ▶



Figura 1. As fendas existentes nas rochas próximas à cachoeira Casca d'Anta servem de dormitório para os andorinhões *Cypseloides senex*, *C. fumigatus* e *Streptoprocne zonaris*.

FOTO DE LUÍS F. SILVEIRA

Figura 2. Os campos, presentes em grande parte do parque, são alguns dos habitats mais ameaçados do Brasil, recebendo muito pouca atenção para a sua conservação

**Figura 3.** O pato-mergulhão, uma das espécies de anatídeos mais ameaçadas, tem no Parque Nacional da Serra da Canastra um dos seus principais refúgios



FOTO DE WOLFF BARTMANN

atlântica, mata de galeria (nas margens dos rios) e de campo cerrado. Essa diversidade de ambientes reflete-se na comunidade de aves que frequenta a região ou a habita.

Embora seja muito visitada por pesquisadores e observadores de aves, a região do parque tinha apenas uma lista de aves, elaborada pelo observador de aves inglês Bruce Forrester em 1993, com base em relatórios de vários autores. Essa lista, porém, não indicava o tipo de evidência em que se baseava cada registro. Este trabalho apresenta uma nova lista de aves do Parque Nacional da Serra da Canastra, a partir de levantamento realizado durante pesquisas sobre hábitos e preferências de habitat do pato-mergulhão (*Mergus octosetaceus*), uma das aves mais raras e ameaçadas de extinção em toda a região neotropical (figura 3).

Esse levantamento, baseado principalmente em gravações e/ou fotografias, foi realizado durante dois anos tanto dentro do parque quanto em um raio de cerca de 10 km em torno dos seus limites. A lista obtida para a região continha 282 espécies de aves, mas outras foram relacionadas em uma relação à parte, pois

foram registradas ali por autores que não forneceram maiores evidências dessa presença. Atualmente, graças a evidências fornecidas por outros autores, a lista principal ganhou 11 acréscimos (figura 4), ampliando para 293 o total de espécies de aves observadas nesse parque nacional. Outras aves da segunda relação ainda aguardam melhores evidências para entrar na lista principal.

A grande maioria das aves listadas é típica do cerrado e de outras formações abertas do cen-

tro do país. É interessante notar que, na parte baixa do parque, onde já não existem campos naturais e as florestas são mais extensas, com abundância da palmeira juçara (*Euterpe edulis*), ocorrem aves mais comuns na mata atlântica, como o tangarazinho (*Ilicura militaris*), o pavó (*Pyroderus scutatus*), o tucano-de-bico-verde (*Ramphastos dicolorus*) e o barbudinho (*Phylloscartes eximius*).

Uma parcela elevada das espécies presentes no parque está incluída hoje em algum critério de ameaça de extinção. Aves como o pato-mergulhão, que dependem de rios com corredeiras e água de alta qualidade, possivelmente só conseguem viver dentro do parque, já que fora dele as alterações ambientais são significativas, o que reduz o número de territórios disponíveis para novos casais. De todas as espécies que habitam o Parque Nacional da Serra da Canastra, é sem dúvida a mais ameaçada: o número de casais adultos encontrado (apenas seis) é preocupante. O futuro dessa ave passa obrigatoriamente pela efetiva proteção da mata ciliar nos rios, em áreas fora do parque nacional. Também é preciso co-

**Figura 4.** Aves recentemente incluídas na lista principal do parque nacional

NOME CIENTÍFICO	NOME POPULAR
<i>Accipiter striatus</i> .....	Gavião-miúdo (GK)
<i>Falco ruficularis</i> .....	Cauré (LS)
<i>Micropygia schomburgkii</i> .....	Maxalalagá (DB)
<i>Bartramia longicauda</i> .....	Maçarico-do-campo (GK)
<i>Asio flammeus</i> .....	Mocho-dos-banhados (LS)
<i>Caprimulgus longirostris</i> .....	Bacurau-da-telha (PD)
<i>Schiffornis virescens</i> .....	Flautim (LS)
<i>Turdus subalaris</i> .....	Sabiá-ferreiro (JM)
<i>Basileuterus flaveolus</i> .....	Canário-do-mato (JM)
<i>Hemithraupis guira</i> .....	Saíra-de-papo-preto (GK)
<i>Pipraeidea melanonota</i> .....	Viúva (LS)

Obs.: As iniciais indicam os nomes dos observadores — Guy Kirwan (GK), Dante Buzzetti (DB), Pedro Develey (PD), Jeremy Minns (JM) e Luís Fábio Silveira (LS).

locar ninhos artificiais na região, para aumentar as chances de reprodução do pato-mergulhão, já que a espécie faz ninhos em ocos nas árvores, espaço raro e disputado por outros animais, como tucanos e maitacas.

Outra espécie que depende das matas do parque para sobreviver é o tapaculo-de-brasília (*Scytalopus novacapitalis*) (figura 5). Esse minúsculo passarinho (apenas 10 cm), observado pela primeira vez em 1957, nos arredores de Brasília (daí o nome da espécie, *novacapitalis*), ainda pode ser visto em quase todas as matas na parte alta da Serra da Canastra. Facilmente detectado por seu canto, um pio monótono que pode estender-se por até cinco minutos, esse tapaculo prefere as áreas mais sombrias e úmidas das matas para viver.

As aves mais interessantes da Serra da Canastra, muitas também ameaçadas de extinção, estão nos campos. O galito (*Alectrurus tricolor*) vive nas poucas áreas com árvores esparsas ou arbustos mais altos (figura 6). Os machos têm as penas da cauda com um formato pouco usual em aves e preferem as partes mais altas das árvores, de onde realizam vôos territoriais. O período reprodutivo vai de setembro a dezembro, e os dois filhotes abandonam o ninho com uma plumagem mais discreta, semelhante à da mãe.

Nas áreas de campo limpo, com poucas árvores ou arbustos, a maioria das aves passa o dia alimentando-se no solo, enquanto outras usam as finas hastes dos capins como poleiros, saindo dali em pequenos vôos em busca de comida. A maioria das espécies vistas nesses campos tem pequeno porte (de 9 a 20 cm), como a corruíra-do-campo (*Cistothorus platensis*), o papa-moscas-do-campo (*Culicivora caudacuta*), os papa-capins (*Sporophila*), o campainha-azul (*Porphyrospiza caeruleascens*) e os caminheiros



**Figura 5.** O tapaculo-de-brasília pode ser facilmente encontrado nas matas da parte alta do parque

(*Anthus*). Desses últimos, o caminheiro-grande (*Anthus nattereri*) é o mais ameaçado (figura 7), com apenas mais três registros recentes em Minas Gerais.

Quatro aves não-passeriformes merecem atenção especial, por sua raridade: a codorna-mineira (*Nothura minor*), o inhambu-carapé (*Taoniscus nanus*), a maxalalagá (*Micropygia schomburgkii*) e o curiango-do-banhado (*Eleothreptus anomalus*). As três últimas foram recentemente registradas no Parque Nacional da Ser-

ra da Canastra. A presença dessas aves dentro de uma unidade de conservação é importante, inclusive por permitir o estudo de sua história natural, conhecimento que pode ser aplicado na detecção de novos locais de ocorrência. Nos casos do curiango-do-banhado e da maxalalagá, não havia registros recentes em Minas Gerais. O primeiro, que só fora observado em 1847, foi novamente avistado no parque entre os anos de 1996 e 1998, e a vocalização da maxalalagá, até há pouco des-



**Figura 6.** O galito, com sua cauda de forma curiosa, é encontrado no parque com maior facilidade entre setembro e fevereiro



**Figura 7.** Uma das espécies mais raras dos campos brasileiros, o caminheiro-grande prefere locais onde as gramíneas ainda são baixas

**Figura 8.** O bico-de-pimenta é uma das espécies mais comuns no parque, chamando a atenção pelo seu canto forte



FOTOS DE EDSON ENDRIGO

conhecida, foi gravada pelo ornitólogo Dante Buzzetti este ano, na mesma área onde ocorre o inhambu-carapé.

O campo rupestre, um dos habitats menos frequentes no parque, abriga entre outros o papamoscas-de-costas-cinzentas (*Polystictus superciliaris*), só encontrado em regiões de maior altitude. Com 10 cm, esse pássaro vive nas pequenas árvores e arbustos, procurando insetos entre os galhos. Das espécies que vivem principalmente no cerrado e em outras formações abertas, o bico-de-pimenta (*Saltator atricollis*) é

uma das mais comuns (figura 8). O canto forte e o comportamento gregário, aliados à coloração, fazem desse pássaro um dos mais notados em todo o parque, junto com os canários-do-campo (*Sicalis*) e a maria-preta-de-penacho (*Knipolegus lophotes*).

A Serra da Canastra também é um excelente local para observar mamíferos de grande porte. Em seus campos ocorrem ainda espécies ameaçadas de extinção, como o veado-campeiro (*Ozotocerus bezoarticus*), o lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*) e o tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga*

*tridactyla*) (figura 9). O parque é um dos principais refúgios dessa última espécie, encontrada ali em grande quantidade.

Os campos naturais estão desaparecendo rapidamente do Brasil, sem receber a adequada atenção do governo e da população quanto à sua preservação. Ocupando pequena fração dentro dos cerrados, os campos sofrem com as queimadas, que abrem espaço para pastagens e lavouras. Por se situarem em terrenos em geral planos e não possuírem grandes árvores, são mais fáceis de serem 'limpos'.

A enorme tragédia ecológica que acontece nos cerrados brasileiros leva consigo também seus campos e suas aves, muitas delas exclusivas e dependentes dessas formações vegetais. O Parque Nacional da Serra da Canastra exerce um importante papel na preservação desses ambientes, e o registro, ali, de 21 espécies de aves que fazem parte das listas da fauna ameaçada no país serve como um alerta para que se preservem urgentemente outras áreas de campos naturais no Brasil.

**Luís Fábio Silveira**

Departamento de Zoologia (pós-graduando), Universidade de São Paulo



**Figura 9.** Das várias espécies de mamíferos que habitam o Parque Nacional da Serra da Canastra, a mais comum é certamente o tamanduá-bandeira

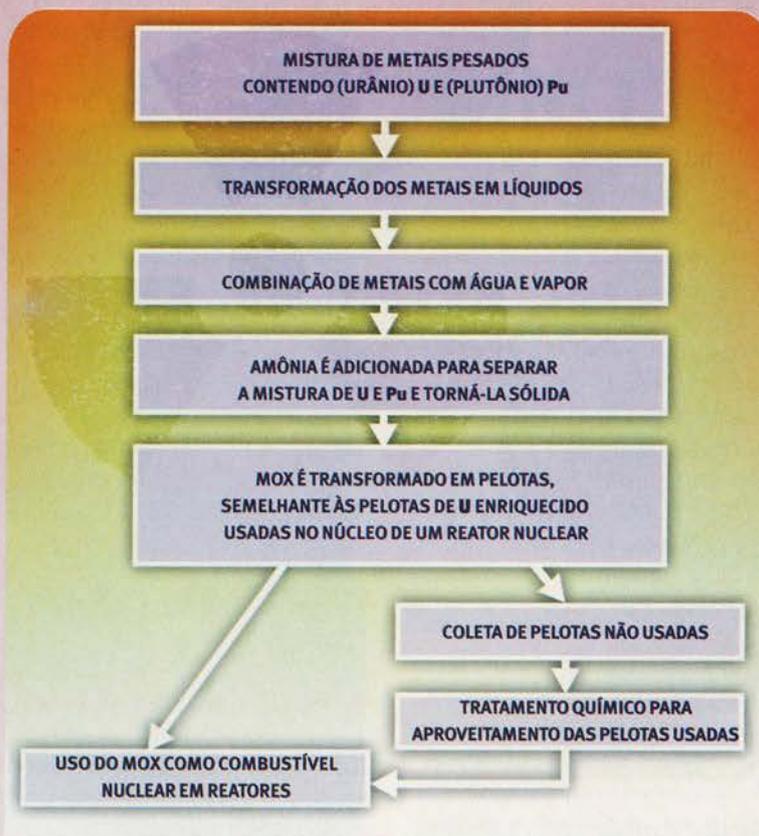
INDÚSTRIA NUCLEAR Acidente ocorrido no Japão põe em xeque segurança de nossas usinas

# As perguntas sem resposta de Tokaimura

Situada a 110 km a nordeste de Tóquio, Tokaimura é uma cidade com 34 mil habitantes, que convive com a indústria nuclear há várias décadas – o primeiro reator nuclear do Japão foi construído lá. Hoje existem cerca de 15 instalações nucleares em Tokaimura. Uma delas é a planta de processamento de urânio da JCO Co., uma subsidiária da Sumitomo Metal Mining Co.

A unidade da Sumitomo em Tokaimura processa uma mistura de óxido de plutônio-urânio (MOX), que passou a ser desenvolvida no Japão a partir de 1965. O combustível nuclear MOX é essencial para alimentar a indústria nuclear japonesa. O Japão gera cerca de 35% de sua eletricidade por meio de reatores nucleares de potência. O MOX é usado nos reatores nucleares em substituição ao urânio enriquecido a pouco mais de 3% de U-235. A planta de processamento de Tokaimura foi projetada para uma capacidade de 10 t de metal inicial por ano. Um fluxograma simplificado do processamento é mostrado na figura.

Tudo indica que o acidente ocorreu devido a um episódio de criticalidade com o material fissil – MOX ou urânio enriquecido. É bom lembrar que quando os átomos se fissionam, nêutrons são liberados e podem ser absorvidos – após moderados por meio de espalhamento nos átomos de hidrogênio da água – e capturados pelos núcleos de átomos físeis provocando nova fissão. Um episódio de criticalidade ocorre quando uma reação nuclear em



Fluxograma simplificado do processamento do MOX

cadeia, isto é, uma seqüência de fissões, torna-se auto-sustentável. No máximo 2,5 kg de material fissil (U-235) poderiam ser colocados num mesmo recipiente contendo água para que se evitasse o episódio de criticalidade. No caso de Tokaimura, cerca de 16 kg de material fissil foram colocados num mesmo recipiente. Isso significa mais de seis vezes a quantidade máxima que evita a ocorrência de episódios de criticalidade.

A rigor, vários episódios de criticalidade já ocorreram ao redor do mundo. Um dos mais famosos foi o ocorrido em Rhode Island, nos Estados Unidos, em 1964. O acidente de Tokaimura

foi classificado pela Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) como sendo de gravidade 4, numa escala de 1 a 7, sendo 7 o equivalente a um acidente como o de Chernobil.

Uma das conseqüências nefastas dos episódios de criticalidade é a liberação de grande quantidade de energia, em forma de radioatividade e calor. Os níveis externos de radioatividade na planta de Tokaimura elevaram-se para cerca de 15 mil vezes o nível normal, principalmente devido ao vazamento de gases radioativos. Dois trabalhadores diretamente envolvidos no acidente estão em situação crítica, podendo vir a falecer. Um terceiro está em condição con-

siderada séria. Outros 46 trabalhadores e moradores nas cercanias da planta foram expostos à radioatividade em vários níveis. Sabe-se ainda que mais de 150 moradores das redondezas tiveram que permanecer em casa, com portas e janelas fechadas, para evitar maiores exposições à radiação. As recomendações de abrigo, contudo, envolveram 300 mil pessoas.

Uma lição importante a ser tirada de imediato do acidente de Tokaimura é que de pouco adianta insistir em ter uma ótima cultura de segurança. Se um acidente relativamente grave acontece, a credibilidade de todo o setor nuclear é posta em cheque.

As informações mais recentes indicam que os operadores que atuaram no processo não eram bem treinados e não mediram a quantidade de urânio no cilindro-padrão antes de derramarem a quantidade excessiva no tanque de processamento. Entretanto, é sabido que o supervisor desses operadores tem experiência suficiente com o processo e teria autorizado o procedimento errôneo com o objetivo de acelerar o processo de enriquecimento. Trata-se de falha grave na cultura de segurança.

Continuam a existir muitas perguntas sem respostas no acidente do Japão. Porém, a mais importante delas, que é repetida em diversos países com indústrias nucleares, é a seguinte: será que nossa cultura de segurança é adequada? Essa pergunta passa a ser tão mais importante quando há promiscuidade e conflito de interesses nas atividades de fomento e fiscalização reunidas sob a égide de um mesmo órgão, como costuma acontecer em diversos países, entre os quais não há como excluir o Brasil.

#### **Anselmo S. Paschoa**

Departamento de Física,  
Pontifícia Universidade Católica  
do Rio de Janeiro

## FRUTICULTURA

### MELANCIA SEM OBSTÁCULOS

Uma espécie de melancia sem caroços foi desenvolvida pelo engenheiro agrônomo Manoel Abilio de Queiróz, da Embrapa Semi-Árido de Petrolina (PE). O fruto é resultado de um cruzamento entre duas linhagens de melancia diferentes: uma com 44 cromossomos e outra, normal, com 22 cromossomos. A melancia híbrida é mais prática para o consumo e preserva o mesmo sabor das espécies consumidas



no Brasil. Além disso, tem a vantagem de ser resistente ao oídio, doença causada pelo fungo *Sphaeroteca fuliginea*, que queima as folhas e impede o desenvolvimento normal dos frutos.

O híbrido foi produzido para se adequar às condições brasileiras. “As variedades estrangeiras de melancia sem sementes – que vêm do Japão ou dos Estados Unidos – não se adaptam aqui, são suscetíveis a muitas doenças”, afirma Queiróz.

Como a nova fruta ainda apresenta alguns rudimentos de sementes em sua polpa, os pesquisadores estudam como corrigi-la. “Estamos fazendo testes, mas esses rudimentos podem ser ingeridos com a polpa sem nenhum problema”, diz Queiróz. No começo de 2000, as melancias serão plantadas por agricultores, para verificar os resultados obtidos nas experiências. O projeto tem apoio do Banco do Nordeste, do CNPq e da Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (Facepe).

## TECNOLOGIA

### CHUPETA TERAPÊUTICA

Já está no mercado o primeiro dosador terapêutico em formato de chupeta produzido no Brasil. Esse dosador especial, chamado de Bebemed, permite que crianças possam ingerir doses seguras de medicamentos através de um método simples e de fácil aplicação. Sobretudo nos primeiros meses de vida, os bebês – dotados de reflexos de sucção e deglutição muito acentuados – têm dificuldade para tomar remédios administrados por meio de colheres ou conta-gotas. Muito sensíveis a sabores com que não estão acostumados, quase sempre rejeitam o medicamento ou engolem apenas parte dele, comprometendo a eficácia do tratamento.



A regulação do fluxo do remédio na chupeta é feita externamente, a partir de um simples giro do recipiente. O Bebemed é produzido pela empresa Zaner Infantil, sediada em São Paulo. Esse dosador terapêutico conta também com o apoio de dentistas, interessados em usar a chupeta como aplicador de flúor. O Bebemed conta com o selo de qualidade do Instituto da Qualidade dos Brinquedos e Artigos Infantis.

## SAÚDE PÚBLICA

**LINGÜIÇA LIGHT**

Uma lingüiça com baixo teor calórico e pouco colesterol pode ajudar no combate à obesidade e evitar problemas cardíacos. Pesquisadores da Faculdade de Saúde Pública (FSP), da Universidade de São Paulo (USP), substituíram a gordura de porco da lingüiça pela carragena, goma vegetal obtida ao juntar água morna a algas marinhas desidratadas.

“A idéia é simples. Basta trocar a gordura de porco, equivalente a 20% da lingüiça, por um substituto adequado”, explica a engenheira agrônoma e professora da FSP, Elizabeth Torres. Para a pesquisa foram preparados quatro tipos de lingüiça: um com a goma vegetal, outro com amido modificado de mandioca, outro com proteína microparticulada de soro de leite e o último com farelo de aveia. Todas as lingüiças foram compa-

radas à tradicional, feita com gordura de porco. “Todas as substâncias apresentaram bons resultados, mas a goma vegetal mostrou a maior redução de lipídios (79,1%), calorias (47,7%) e ácidos graxos (53,3%)”, conta Elizabeth.

A pesquisa foi aprovada no *Institute of Technologists*, principal congresso mundial na área de nutrição, em julho deste ano. Duas lingüiças devem ser produzidas por empresas e vendidas aos consumidores: a com carragena, que apresentou a maior redução de gordura, e a de proteína microparticulada por ser considerada a mais saborosa. A próxima etapa é substituir o lombo do porco pelo frango, obtendo um alimento mais saudável e com teores ainda menores de gordura e calorias.



## GENÉTICA

**MUTAÇÃO BENEFICIA PORTADORES DO HIV**

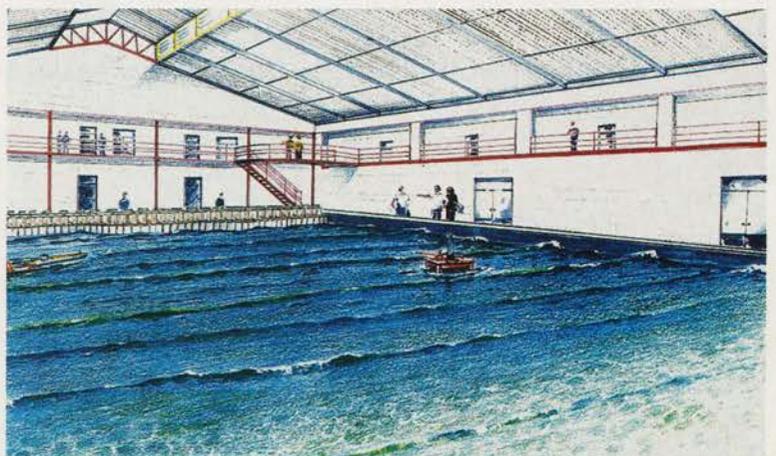
Estudo realizado na Unifesp, em São Paulo, identificou uma mutação genética que beneficia portadores do vírus HIV. A alteração genética ocorre no gene responsável pela produção da proteína CCR5, a que o vírus se liga para infectar as células de defesa do organismo. Uma vez no interior das células, o vírus se reproduz e acaba por destruir a célula. O estudo de dois anos demonstrou que a mutação faz com que seus portadores resistam melhor às terapias com medicamentos.

Foram acompanhados 177 pacientes, dos quais 20 apresentavam a mutação. Submetidos a três tipos de terapias com drogas variadas e acompanhados por 11 meses, 60% dos pacientes portadores da alteração genética apresentaram aumento na produção de células de defesa do organismo durante o tratamento, independentemente do tipo de medicação usada. Apenas 33% dos pacientes sem a mutação apresentaram resultado semelhante. “Novas investigações deverão ser feitas e poderão contribuir para melhorar o esquema terapêutico adotado para portadores do HIV”, diz Conceição Aparecida Acceturi, da Disciplina de Doenças Infecciosas e Parasitárias da Unifesp e autora do estudo.

## EDUCAÇÃO

**LABORATÓRIO CAPACITARÁ ENGENHEIROS NA EXPLORAÇÃO DE PETRÓLEO**

Foi iniciada, no fim de julho, a construção do Laboratório de Engenharia e Exploração de Petróleo (Lenep), em Macaé (RJ). Fruto de uma parceria do governo do estado com a Petrobras, a Fundação Estadual do Norte Fluminense (Funorte) e a Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF), o Lenep formará engenheiros especializados na extração de petróleo, que terão aulas na UENF. As atividades do laboratório, orçado em R\$ 5,6 milhões, devem começar no ano que vem. A idéia é que empresas de petróleo estrangeiras, ao se instalarem no país, utilizem a tecnologia do Lenep. A Universidade qualificará, também, funcionários da Petrobras, garantindo-lhes vagas na pós-graduação do curso de engenharia.





Nesta edição, a revista traz o quarto dos cinco vencedores do **1º Concurso Em Foco / Ciência Hoje de Fotografias**, que receberam como prêmio uma assinatura anual de *CH*. A imagem mostra um espécime adulto do pingüim-gentoo (*Pygoscelis papua*) alimentando um de seus filhotes na Ilha do Elefante, localizada a 90 milhas ao norte da Estação Antártica Brasileira Comandante Ferraz. Durante dois meses, pesquisadores do projeto 'Saúde e estresse do elefante marinho do Sul' permaneceram na ilha, analisando aspectos clínicos e ecológicos dos elefantes marinhos. E descobriram, no local, uma rica fauna de aves e mamíferos marinhos convivendo lado a lado, como pingüins, petréis, pombas-do-cabo, andorinhas-do-mar e elefantes marinhos. A foto é de autoria de **Larissa Rosa de Oliveira** (Grupo de Estudos de Mamíferos Aquáticos, Rio Grande do Sul).

**ECOLOGIA** Usar plantas nativas no paisagismo urbano pode trazer benefícios sociais e econômicos

# A diversidade nos jardins

Grande parte das árvores plantadas nas cidades brasileiras, em parques e ruas, não é nativa, mas importada de outros continentes. Essa estratégia de paisagismo impede que os próprios brasileiros conheçam a riqueza de sua flora e que os turistas identifiquem o local em que estão. Selecionar e utilizar espécies nativas, ornamentais ou frutíferas, poderia trazer uma série de vantagens para as cidades beneficiadas e valorizaria a natureza brasileira aos olhos das futuras gerações.

Por **William Ernest Magnusson e Albertina Pimentel Lima**, da *Coordenação de Pesquisa em Ecologia, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia.*



FOTOS DE RACHEL RUIZ ROMANO

Espécie nativa da Ásia, a amendoeira é muito usada para arborização urbana no Brasil

O mundo moderno permite, em especial através da televisão e do cinema, a apreciação da grande variedade de ambientes e culturas existentes. Entretanto, ao mesmo tempo, a globalização apresenta uma visão cada vez mais padronizada de muitos dos aspectos culturais e naturais. A tela do computador é semelhante tanto em Moçambique quanto no Canadá, ou em São Paulo. Duplas de locutores – um homem e uma mulher – apresentam notícias similares em jornais televisivos no mundo inteiro, e os parques e jardins de todas as cidades, em todos os continentes, estão ficando mais e mais homogêneos, com o uso das mesmas espécies.

Isso também ocorre no Brasil, através da intro-

dução, há mais de um século, de espécies exóticas. Parte dessa homogeneização do paisagismo público está ligada à eficiência, mas muito dela decorre da capacidade promocional de algumas empresas e até de comodismo. É difícil ir contra as forças econômicas, mas as autoridades e a sociedade deveriam levar em conta que os jardins podem contribuir, e muito, para a apreciação da diversidade biológica de um país.

No Brasil, hoje, é difícil determinar em que cidade a pessoa está apenas através das árvores existentes em suas ruas. Na região Norte, o turista encontra mangueiras (*Mangifera indica*, espécie asiática) e palheteiras (*Clitoria fairchildiana*) de Belém ▶

Natural da África, o flamboyant também pode ser visto em ruas e praças de cidades brasileiras

A espécie mais comum nas praias, em todo o país, é o coqueiro-da-baía, que apesar desse nome veio provavelmente das ilhas do Pacífico

(PA) a Rio Branco (AC). No Centro-Oeste, a preferência é dada aos flamboyants (*Colvillea racemosa* e *Poinciana regia*, espécies africanas) e amendoeiras (*Terminalia catappa*, espécie asiática). No Sul, podem ser encontrados eucaliptos (espécies do gênero *Eucalyptus*, originário da Austrália) e figueiras que foram introduzidas (espécies do gênero *Ficus*, em geral asiáticas). As praias do litoral têm casuarinas (espécies do gênero *Casuarina*, australianas) e coqueiros (*Cocos nucifera*, originário provavelmente das ilhas do Pacífico).

Nem todas as espécies vistosas podem resistir às condições urbanas, em especial à poluição. Algumas espécies adequadas para jardins não crescem bem nas ruas, e somente as mais resistentes podem ser plantadas nos centros das grandes cidades. No entanto, é quase impossível prever quais espécies crescerão bem sob cada combinação de condição de solo, luz, drenagem, frequência de vandalismo, e poluição. Somente com experimentação as prefeituras poderão determinar as melhores espécies para cada região dentro de cada cidade. Espécies nativas como quaresmeiras (*Tibouchina* spp.), ipês (*Tabebuia* spp.), oitis-da-praia (*Licania tomentosa*), palheteiras (*Clitoria fairchildiana*) e patas-de-vaca (*Bauhinia* spp.) já são usadas em uma variedade de situações urbanas. No entanto, estas são uma proporção pequena das árvores plantadas e uma seleção muito restrita da flora brasileira.



### A falta de ambientes originais

Uma criança em viagem de férias aprecia pouco a paisagem natural das muitas cidades por onde passa. Quando os turistas se afastam dos centros históricos, pouca coisa lembra a eles que estão em uma cidade em particular, e isso tem um resultado negativo. Os turistas só permanecem em um lugar quando sentem que encontram ali um ambiente original. É compreensível que cidades européias ou norte-americanas apresentem jardins mais homogêneos. Nessas regiões, as floras são relativamente homogêneas e é limitado o número de espécies adaptadas às condições climáticas extremas, com invernos rigorosos. A biodiversidade brasileira, em contraste, supera a de qualquer outro país, e há poucas áreas onde a temperatura é realmente limitante.

Uma primeira etapa na ampliação da diversidade paisagística seria a seleção de espécies nativas que crescessem bem em cada região, com a ajuda das universidades e de profissionais locais. Essas espécies teriam prioridade nos projetos de paisagismo dos municípios. Com isso, os turistas reconheceriam pelo menos que estão no Brasil, e não em algum outro país tropical. Considerando que cada área do país tem seu conjunto de espécies básicas, cada prefeitura escolheria aquelas mais características de sua microrregião. Essas diferenças entre as cidades impediriam que a produção de mudas para paisagismo fosse dominada por grandes empresas, o que estimularia pequenos produtores locais. As escolas também poderiam colaborar nessa tarefa, promovendo ao mesmo tempo a educação ambiental.

A escolha das espécies também deve seguir critérios mais adequados. Espécies frutíferas de grande porte, por exemplo, são apropriadas para parques, mas não para ruas, onde as frutas podem danificar os veículos. Espécies de pequeno porte (mesmo as frutíferas, nesse caso) são apropriadas para o lado da





rua com fios elétricos. Não faz sentido gastar dinheiro público na poda de árvores grandes por causa de fios elétricos e telefônicos, como as prefeituras fazem atualmente. Já em áreas de baixa renda, onde as famílias não têm o costume nem a condição financeira para comprar frutas, o plantio de árvores e arbustos frutíferos nas ruas forneceria um complemento alimentar importante para as crianças.

As prefeituras podem ainda estimular o plantio de espécies nativas floridas, de pequeno porte, nos jardins privados. Isso transfere parte do custo do paisagismo para o setor privado e promove orgulho cívico. Algumas das espécies ornamentais mais belas do mundo são brasileiras e é triste ver jardins cheios de plantas exóticas, só porque são as mais disponíveis no mercado.

### A participação da sociedade

Nos anos 60, havia uma crença geral na Austrália de que as espécies nativas daquele continente não eram adequadas para jardinagem. Essa situação começou a mudar após a criação da Sociedade para o

Cultivo de Plantas Australianas, que aos poucos criou uma representação em cada cidade. Hoje, o paisagismo com espécies nativas é a meta de quase todas as prefeituras e a Austrália está exportando flores de espécies nativas, em uma indústria de milhões de dólares. Tanto que muitas espécies que infestam os jardins do Sul do Brasil vieram da Austrália. O exemplo australiano mostra que a formação de sociedades locais, por jardineiros amadores, poderia ter, a longo prazo, um grande efeito na política nacional nessa área.

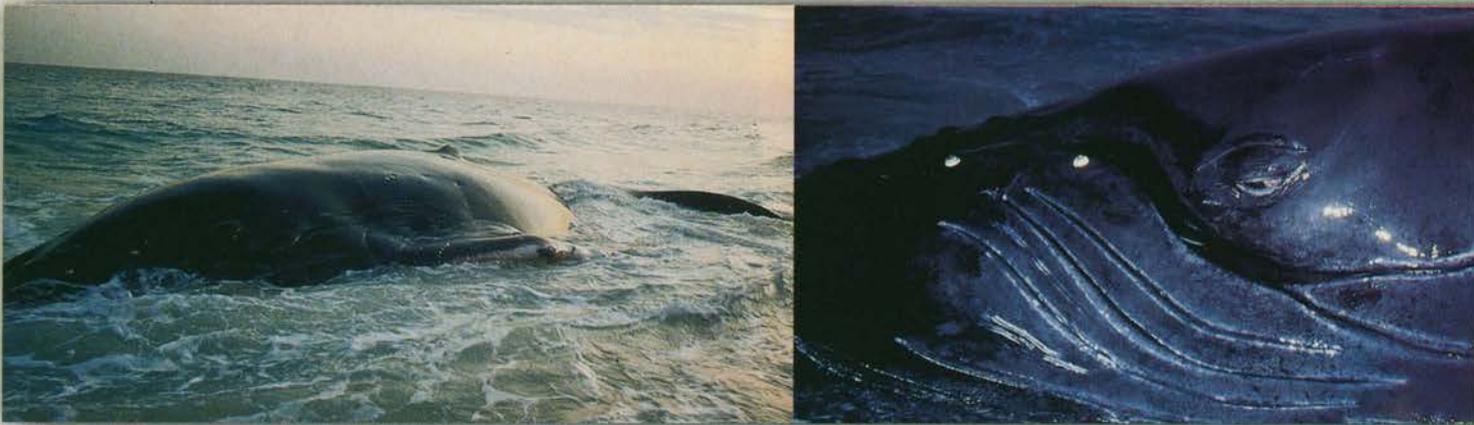
Algumas universidades e prefeituras já estimulam o uso de espécies nativas, mas são tentativas feitas em escala local, quando o paisagismo com espécies nativas deveria ser adotado como uma meta em várias escalas, de jardins particulares até o governo federal. As listas de plantas regionais recomendadas para paisagismo em cada região poderiam ser elaboradas por órgãos como o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) ou a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), em colaboração com as universidades de cada área. Já as listas de espécies mais características de cada cidade seriam escolhidas pelas prefeituras, através de seus setores de parques e jardins ou de meio ambiente, contando com a colaboração de escolas, associações particulares e empresários locais, principalmente na produção de mudas.

O Brasil teria muito a ganhar com um planejamento desse tipo. Uma vantagem importante seria a diminuição da pressão para introduzir espécies potencialmente nocivas à agricultura e à natureza brasileiras. Além disso, a renda de empresas locais aumentaria, assim como o potencial turístico das cidades. E, talvez mais importante, a diversidade paisagista e cultural poderia ser mais bem apreciada pelas crianças, que nas próximas décadas estarão tomando decisões sobre o meio ambiente. ■

**Embora muito comum no Brasil, a mangueira também não é nativa das Américas, e sim da Ásia**

**Poucas espécies nacionais, como o oitá-da-praia, podem ser encontradas em ruas de cidades como o Rio de Janeiro**





**ECOLOGIA** Leigos podem ajudar animais até a chegada da equipe de resgate

## Socorro para baleias e golfinhos encalhados

O salvamento de baleias e golfinhos que encalham vivos na praia quase sempre depende do trabalho de especialistas, mas 'primeiros socorros' podem ajudá-los a resistir até a chegada da equipe de resgate.

Aplicar esses socorros, com as devidas cautelas, aumenta a chance de sobrevivência dos animais para o posterior tratamento por especialistas, a fim de devolvê-los, sãos e salvos, ao seu hábitat.

Por **Liliane Lodi**, do Projeto Golfinhos, mantido pela Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, pela MacArthur Foundation e pela Cetacean Society International.

**Figura 1.** Uma fêmea de baleia-jubarte com 11 m de comprimento encalhou a 24 de agosto de 1991 na praia de Vilatur, em Saquarema (RJ). Após várias tentativas, o animal foi devolvido ao mar em 26 de agosto, usando-se uma rede especial cedida pelo Corpo de Bombeiros de Cabo Frio e com a ajuda de um rebocador, no primeiro resgate com sucesso de uma baleia no litoral brasileiro

**O** Brasil tem cerca de 8 mil km de costa e uma imensa bacia hidrográfica. Nas águas territoriais brasileiras já foram registradas 39 espécies de cetáceos (baleias e golfinhos), mas é possível que outras espécies freqüentem o litoral brasileiro, embora ainda não tenham sido reportadas. Essa diversidade pode ser avaliada se pensarmos que existem 79 espécies de cetáceos no mundo. Das espécies encontradas no Brasil, apenas uma, o boto-cor-de-rosa (*Inia geoffrensis*), vive exclusivamente em rios.

Desde o final dos anos 70 os pesquisadores brasileiros sabem da ocorrência de encalhes de baleias e golfinhos vivos em nosso litoral. Esse fato, porém, só chegou ao conhecimento do público leigo no início dos anos 90, graças ao aumento do inte-

resse pelo estudo de cetáceos no Brasil e à maior divulgação dos encalhes desses animais pela mídia (figura 1). Nos últimos 22 anos, vários casos foram registrados anualmente.

Até o momento, há registros de encalhes no Brasil para o golfinho-de-dentes-rugosos (*Steno bredanensis*), o golfinho-pintado-pantropical (*Stenella attenuata*), o golfinho-pintado-do-atlântico (*S. frontalis*), o golfinho-rotador-de-bico-curto (*S. clymene*), o golfinho-listrado (*S. coeruleoalba*), o golfinho-de-risso (*Grampus griseus*), o golfinho-comum-de-bico-curto (*Delphinus delphis*), o golfinho-cabeça-de-melão (*Peponocephala electra*), a orca (*Orcinus orca*), a baleia-piloto-de-peitorais-curtas (*Globicephala macrorhynchus*), a franciscana (*Pontoporia brainvillei*), o cachalote (*Physeter*



FOTOS DE BIA HETZEL

*macrocephalus*), a baleia-jubarte (*Megaptera novaeangliae*), a baleia-minke (*Balaenoptera acutorotata*) e até mesmo a baleia-azul (*B. musculus*), o maior animal que já existiu no planeta. No total, esses registros incluem 15 espécies.

Além de requererem cuidados especiais, os cetáceos são animais de grande porte (entre 1,5 m e 30 m de comprimento) e portanto de difícil manuseio. O que fazer, então, para diminuir o sofrimento de um animal que encalha vivo e tentar devolvê-lo ao mar? Alguns procedimentos, baseados no conhecimento científico atual sobre essas espécies, podem servir como 'primeiros socorros', a serem ministrados até a chegada dos especialistas ou da equipe de resgate ao local.

Em qualquer encalhe, manusear (tocar ou mover) o animal é uma atividade difícil. O sucesso do salvamento dependerá do tamanho do animal, da sua idade, do seu estado de saúde (figura 2), do tempo em que está encalhado, das condições ambientais e do suporte logístico adequado disponível.

Um encalhe pode ser causado por vários fatores, isolados ou em conjunto. Entre eles estão: topografia e condições oceanográficas complexas, poluição, condições climáticas, predadores, toxinas naturais, distúrbios geomagnéticos e erros de navegação (enquanto seguem o contorno geomagnético), perseguição de presas em águas rasas, doenças, distúrbios de colocação (localização pelo eco) em águas rasas, coesão social, ferimentos relacionados a humanos e até morte natural. A mortalidade natural é alta em indivíduos muito jovens, diminui com a maturidade e cresce em idades avançadas.

### Os perigos e a avaliação inicial

Os encalhes de baleias ou golfinhos vivos podem desmistificar a noção popular de

que tais animais são altruístas, pacatos e brincalhões. Todo animal encalhado está com problemas e seu comportamento é imprevisível. Normalmente dóceis, podem ficar agressivos e perigosos, por seu tamanho e força, desproporcionais para os humanos. Para tentar ajudá-los, é preciso cuidado, bom senso e muitas precauções.

É necessário, sempre, usar luvas e cobrir os ferimentos existentes no corpo. Cetáceos são portadores de bactérias, fungos e vírus variados. Mesmo aparentemente saudáveis, podem transmitir doenças ao ser humano, como leptospirose, tuberculose, brucelose, erisipela, anisiquiase, candidíase e outras. Apesar dos riscos, poucos ferimentos sérios e doenças foram relatados como resultado do trabalho com animais encalhados vivos.

O primeiro passo, antes de qualquer socorro, é definir o estado do animal. Essa avaliação pode ser realizada por qualquer pessoa e inclui três categorias básicas: o animal é considerado 'alerta' se responde de imediato a estímulos (sons ou toques), 'fraco' se só responde após vários estímulos, e 'muito debilitado' se não responde. Tal avaliação ajuda a decidir sobre os primeiros socorros e permite que os especialistas contatados forneçam orientações adequadas para cada situação até a chegada da equipe de resgate ao local.

O contato com a instituição local envolvida com a conservação de cetáceos deve ser feito logo após a avaliação do estado do animal, antes de administrar os primeiros socorros, fornecendo a localização exata do encalhe e informações sobre o acesso ao local. Os especialistas, além de estarem aptos a tomar as medidas necessárias após os primeiros cui- ▶



Figura 2. Fêmea de orca, com 6,2 m de comprimento, encalhada em 3 de setembro de 1981 na ilha de Cabo Frio (RJ). Apesar das tentativas de resgate, o animal morreu na noite do mesmo dia



**Figura 3.** Transporte, pela equipe de resgate, do golfinho-cabeça-de-melão encalhado na praia Vilas do Atlântico (BA) em 16 de julho de 1996 — o animal foi medicado e depois devolvido com sucesso ao mar

dados (figura 3), podem obter valiosas informações científicas.

### Os primeiros socorros

Em geral, cetáceos encalhados apresentam estresse e fadiga respiratória. Se o animal estiver preso em pedras ou outros obstáculos, deve-se tentar — se possível — libertá-lo e colocá-lo em uma posição estável, com o ventre para baixo. Se colocado de lado, a respiração pode ser dificultada pela entrada de água no orifício respiratório, no alto da cabeça.

O animal nunca deve ser puxado pelas nadadeiras e pela cabeça: o manuseio deve ser feito pelos flancos ou pela base de sua nadadeira dorsal.

Areia, pedrinhas, conchas ou algas aderidas aos olhos, ao orifício respiratório e às nadadeiras devem ser retiradas com jatos d'água, tomando cuidado para não impedir a respiração. O animal deve ser mantido na sombra, sob uma lona, ou sob um lençol apoiado em estacas (figura 4). Para conservar sua pele úmida, devem ser aplicados sobre a maior área possível do corpo do animal toalhas ou panos encharcados de água, de cores claras — as cores escuras absorvem mais calor. É preciso molhar constantemente os panos, evitando obstruir o orifício respiratório.

O maior problema de um golfinho ou baleia encalhado vivo é livrar-se do calor. A pele escura dos cetáceos absorve calor, a camada de gordura o retém e o sistema circulatório, que normalmente ajudaria a dissipá-lo através das nadadeiras, pode agir lentamente, não dando a proteção necessária e levando o animal a uma hipertermia. Aplicar lanolina, vaselina ou óxido de zinco (nunca protetores solares ou outros preparados) na área exposta ao sol protege a pele e ajuda a prevenir a desidratação. As extremidades do corpo devem ser mantidas frias. Para isso, deve-se cavar buracos ao redor das nadadeiras peitorais e da cauda ou, se possível, cobrir as nadadeiras com sacos cheios de gelo picado.

**Figura 4.** Os primeiros socorros a um cetáceo encalhado vivo incluem manter o animal na sombra, com uma lona ou lençol, e umedecer constantemente sua pele



É preciso evitar ruídos e movimentos próximos, que perturbam o animal, e luzes e flashes diretamente sobre seus olhos, à noite. O local do encalhe deve ser isolado, pedindo-se o auxílio de autoridades (salva-vidas, policiais etc.) para manter afastados os curiosos e evitar que o animal seja ferido, o que ocorre com frequência no Brasil. A Lei nº 7.643, de 18 de dezembro de 1987, proíbe a perseguição, o molestamento intencional e a captura de cetáceos em águas jurisdicionais brasileiras.

### Encalhes em massa

O encalhe em massa é o que reúne mais de um cetáceo (exceto a dupla fêmea e filhote). Na costa brasileira, já foram registrados encalhes múltiplos envolvendo de dois a cerca de 240 animais. Nem todas as espécies altamente sociais encalham em massa, mas esse tipo de encalhe sempre envolve espécies sociais. O socorro a um encalhe em massa exige principalmente esforço coordenado. Os socorros básicos aos animais são os mesmos de encalhes isolados, mas é preciso ajudar também os que ainda estão (total ou parcialmente) na água.

A prioridade é dada aos animais que estão na água, que devem ser mantidos afastados da praia. Animais encostados uns nos outros, em águas rasas, devem ser colocados em posição estável — sempre lembrando que o manuseio indevido (pela nadadeira ou cabeça) pode fazer com que se debatam, ferindo a si mesmos e provavelmente às pessoas que os estiverem auxiliando.

Deve-se evitar que os animais saiam da água e amontoem-se na praia, mas sem empurrá-los de volta ao mar aberto. Isso pode dispersar o grupo, resultando em muitos encalhes isolados ao longo de vários quilômetros de costa, em vez de um só. O 'puxa-empurra' de voluntários, mesmo bem intencionado, pode causar mais danos aos animais do que a permanência na posição original de encalhe. Graves ferimentos podem ser causados pelo uso indevido de cabos, cordas, ganchos e outros objetos.

Se a conformação da costa permitir, deve-se cavar valas do mar até o animal encalhado, fundas e largas o suficiente para permitir a entrada de bom volume d'água na maré enchente. Tais canais reduzirão significativamente o sofrimento dos animais devido à retenção de calor, e permitirão concentrar o socorro individual nos animais que estejam mais afastados da água.

FOTO DE ALEXANDRE MELQUIAS

BASEADO EM GÉRACI E LOUNSBURY, 1993

**Figura 5. Tabela de peso aproximado de cetáceos, em função do comprimento**

Comprimento	Peso
2 m .....	100 kg
2,5 m .....	180 a 230 kg
4 m .....	700 kg
7 m .....	1.400 a 1.660 kg

### Casos de devolução ao mar

Em geral, cetáceos encalhados não estão saudáveis o bastante para retornar ao mar. Assim, isso não deve ser feito logo. A melhor opção é esperar que especialistas cheguem ao local. No entanto, se o contato for impossível, se a demora alongar-se ou se for difícil manter o animal na praia e parecer haver uma chance razoável de que ele sobreviva, deve ser tentada uma operação cuidadosa de devolução ao mar.

Primeiro, é preciso verificar se não há pedras, corais ou outros obstáculos no local onde o cetáceo será colocado. O animal não deve ser rolado na areia: as nadadeiras podem ser danificadas e ele pode reagir negativamente. O ideal é colocá-lo sobre uma lona ou plástico resistente e largo e levá-lo até a água. Seis adultos carregam um animal de pequeno porte (ou 16, se de médio porte). O tamanho permite estimar o peso (figura 5), mas tais aproximações não devem ser usadas para a administração de medicamentos e anestésias.

Já na água, o animal deve ser mantido durante algum tempo na superfície, de preferência após a arrebentação, para que se aclimate gradualmente e se acalme (figura 6). Às vezes, esse processo pode levar algumas horas, até que ele seja capaz de suportar a si próprio, sem pender para os lados. Depois, é preciso observá-lo por algum tempo para se certificar de que não voltará à praia. O retorno direto à praia indica que não adianta levá-lo de novo ao mar. Independentemente do sucesso da operação, é importante registrar, se possível em fotografia ou filme, as características do animal (inclusive feridas, marcas e cicatrizes). Isso ajudará a identificar a espécie – e em alguns casos o próprio animal – no caso de novo encalhe, alguns dias após.

### Centros de salvamento

O primeiro centro – no Brasil – dedicado somente à reabilitação de mamíferos aquáticos encalhados vivos está sendo construído pelo Projeto Mamíferos Marinhos na

localidade da Praia do Forte, no litoral norte da Bahia. As instalações do Centro poderão receber não só cetáceos, mas também pinípedes (foca, lobo-marinho, leão-marinho e elefante-marinho), sirênios (peixe-boi) e mustelídeos (lontra e ariranha).

O Centro terá tanques para pequenos cetáceos e sirênios, ambientes específicos para pinípedes e mustelídeos, um tanque raso para cirurgias e administração de medicamentos e um tanque para manter peixes que servirão de alimento para animais em tratamento, salas de cirurgia e necrópsia, centro de nutrição, alojamento, farmácia e um museu para visitação.

No Brasil, infelizmente, o número de instalações adequadas para reabilitação de cetáceos encalhados e de veterinários especializados ainda é insuficiente (figura 7). O resgate, portanto, depende da união de esforços, das tentativas de salvamento no local do encalhe e, principalmente, da crença de que o salvamento será possível.

O Projeto Golfinhos promove desde 1998 treinamentos para o salvamento de baleias e golfinhos encalhados vivos nas comunidades da baía da Ilha Grande, no litoral sul do Rio de Janeiro, ampliando, na região, as chances de sobrevivência dos animais. É muito importante que outros grupos de estudos de cetáceos realizem esse tipo de treinamento em suas áreas de atuação. Isso permitirá reduzir o sofrimento e a mortalidade de cetáceos, já tão prejudicados por capturas acidentais em redes de pesca, por colisões com embarcações e pela degradação de seus habitats.



**Figura 6. Maneiras corretas para manter um cetáceo enfraquecido dentro da água, evitando segurá-lo pela cabeça ou pelas nadadeiras**



**Figura 7. Uma fêmea de golfinho-de-risso, encalhada na praia de Cantagalo (BA) em 21 de junho de 1998, tinha ferimentos por arpão. Medicada em uma clínica veterinária, ela morreu três dias depois (a necrópsia revelou que havia sacos plásticos de lixo e de arroz em seu estômago e que o arpão havia perfurado seu fígado)**

ECOLOGIA Intensidade da luz solar que atinge a planta na floresta determina formato e cor das folhas

# Forma da bromélia depende da luz

Como todas as plantas, as bromélias dependem da luz solar para a fotossíntese, mas podem sofrer graves danos se a insolação for excessiva. Para se proteger do sol direto, ou para buscar sua luz em áreas mais sombreadas, essas plantas adaptam, às vezes de modo drástico, a forma e a coloração de suas folhas. Estudo feito com uma espécie de bromélia encontrada na mata atlântica provou essa relação direta entre a intensidade de luz de um ambiente e as características das folhas desse vegetal.

Por **Luciana Cogliatti-Carvalho** (mestranda em ecologia) e **Carlos Frederico Duarte da Rocha**, do *Setor de Ecologia do Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.*

Figura 1. A bromélia *Neoregelia johannis* é encontrada, na Ilha Grande (RJ), tanto dentro da mata atlântica quanto em áreas mais expostas ao sol



FOTOS DE C.F.D. DA ROCHA

**A** quantidade de luz que atinge determinado ambiente tem forte influência sobre vários aspectos da forma das plantas que ali vivem e das funções orgânicas de suas células. Isso acontece porque os vegetais, ao contrário da maioria dos animais, não podem se locomover por conta própria, para procurar um ambiente mais propício ao seu desenvolvimento. Por isso, as plantas têm, em geral, grande habilidade de alterar a forma de suas folhas e/ou seu metabolismo em resposta às mudanças ambientais.

Dependendo da quantidade de luz que incide sobre uma planta, ela poderá ter determinada colo-

ração (decorrente da concentração de pigmentos, substâncias que também têm diversas outras funções), tamanho ou formato. Essa capacidade de adaptação dos vegetais a ambientes heterogêneos é conhecida como 'plasticidade'.

As características do local onde a planta está fixada (seu microhabitat) dentro de uma floresta – mais aberto ou mais fechado – determinam o grau de insolação ou de sombreamento sobre ela. A quantidade de luz que penetra em uma floresta, porém, não é homogênea, variando muito em suas várias partes e até em pontos distantes apenas alguns centímetros um do outro. Isso porque as florestas têm

várias 'camadas' (em sua estrutura vertical), formadas por vegetais de diferentes alturas, tamanhos de copa, número e tamanho de folhas, que favorecem ou prejudicam a insolação. Cada local, portanto, proporciona condições de vida particulares para uma planta.

## Estudo com bromélias

As bromélias (nome popular das espécies da família Bromeliaceae) são plantas em geral com caule curto e oculto, em torno do qual as folhas dispõem-se em círculo, formando uma 'roseta'. Várias delas crescem no chão (como o abacaxi), inclusive em desertos e outras regiões áridas. A maioria, porém, prefere viver nas florestas, sobre galhos e troncos de árvores, e nestas a forma e a coloração das folhas em geral varia muito. Essa variação fez muitos pesquisadores perceberem que indivíduos da mesma espécie têm folhas com um formato, quando vivem expostos ao sol (forma insolada), ou com outro, quando vivem em locais com menos luz (forma de sombra).

Estudo feito em uma população da bromélia *Neoregelia johannis* (figura 1), na mata atlântica da Ilha Grande, no litoral fluminense, mostrou diferenças acentuadas, entre os indivíduos, no tamanho e na coloração das folhas. À medida que outros indivíduos da espécie eram analisados, aumentavam as variações nas formas das folhas, sugerindo que não existiriam apenas as duas formas gerais (de sol e de sombra), mas uma sucessão de formas. Para uma determinada forma da bromélia, parecia haver uma quantidade de luz específica em seu microhabitat.

Essa dedução levou à hipótese de que a folha da bromélia modifica sua forma (tamanho, espinhos no bordo e na coloração) em resposta à quantidade de luz que atinge seu microhabitat. Considerando que, no interior da floresta, há uma variação gradual e contínua de iluminação, as folhas deveriam responder a isso variando suas formas também de modo gradual – ou, em outras palavras, a quantidade de luz que chega a uma planta determina a forma que ela terá quando adulta.

Para testar essa hipótese, a intensidade de luz

incidente nos microhabitats de 21 bromélias da espécie *N. johannis* foi registrada, durante um ano, com um luxímetro (figura 2). Esse aparelho mede a quantidade de luz em lux (unidade de fluxo luminoso por área) – um lux equivale à quantidade de luz recebida por um objeto situado a 1 m de uma vela-padrão, na ausência de outras fontes de luz. As medidas foram realizadas ao longo do dia (das 8 h às 17 h), em dias nublados e ensolarados e em diferentes meses e estações do ano, incluindo a época seca (inverno) e a chuvosa (verão). Isso permitiu determinar de modo acurado a quantidade média de luz que atingia cada uma das plantas em seu microhabitat na floresta.

Também foram medidas algumas características morfológicas das folhas das 21 bromélias: comprimento e largura, área de superfície, comprimento, largura e número de espinhos e distância entre espinhos adjacentes. Para obter esses dados foi usado um paquímetro (com precisão de 0,1 mm). As comparações entre a intensidade de luz e a forma das folhas foram efetuadas por análise estatística.

## Diferentes efeitos da luz

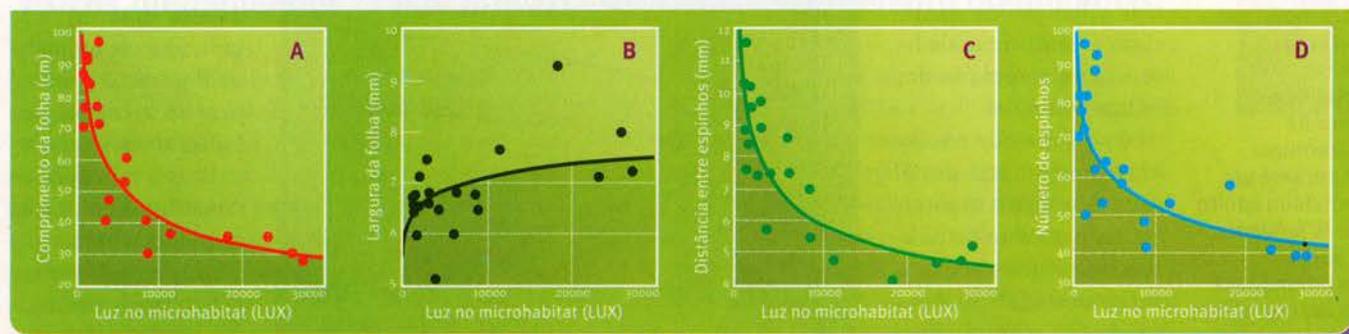
Os resultados, publicados em *Selbyana* (v. 19-2, p. 240, 1998), conceituada revista de botânica dos Estados Unidos, indicaram forte relação entre as características das folhas das bromélias e a luz incidente em cada microhabitat (figura 3). Isso comprova a existência de uma variação gradual e contínua de formas de folhas de bromélias e a vinculação dessas diferenças à quantidade de luz que cada microhabitat recebe.

As bromélias que habitam locais mais sombreados



**Figura 2.** A medição, com o luxímetro, da intensidade da luz que atinge as bromélias evidenciou a influência desse fator nas características das folhas

**Figura 3.** Relação entre a intensidade média de luz no microhabitat de *N. johannis* e o comprimento da folha (A), a largura da folha (B), a distância entre espinhos (C) e o número de espinhos (D) — cada ponto corresponde à medição em um exemplar da planta e a linha representa o ajuste das várias medições





**Figura 4.** São evidentes as diferenças de forma e coloração dos indivíduos de *N. johannis* que vivem expostos à luz solar (A) e em áreas sombreadas (B)



**Figura 5.** O modelo-padrão do fenótipo (o conjunto das características externas de um organismo) permite determinar como será um indivíduo adulto de *N. johannis*, a partir da intensidade da luz que atinge seu microhabitat

dos têm folhas mais compridas e mais estreitas (mas com maior superfície) do que as que vivem em áreas expostas ao sol (figura 4). As plantas fixadas em áreas de sombra aumentam sua superfície foliar

para tentar receber maior quantidade de luz solar, já que esta é essencial para certas atividades metabólicas vegetais (como fotossíntese e crescimento). Já as bromélias que vivem sob sol direto não precisam se 'esticar' em busca de luz. Ao contrário, elas reduzem a área foliar, para evitar que a insolação e a temperatura de seu microhabitat causem um excesso de evaporação da água presente nas folhas.

Nos indivíduos de *N. johannis* mais expostos à luz solar, os espinhos da borda das folhas são mais robustos, mais compridos, mais largos e mais próximos entre si, mas ocorrem em menor número. Tais espinhos provavelmente protegem as folhas contra herbívoros, que atacam mais facilmente as plantas que vivem em áreas mais abertas. Nas bromélias fixadas em locais sombreados, os espinhos são menores e mais espaçados, provavelmente em função do maior alongamento das folhas.

Além do tamanho e da forma, a coloração das folhas dos indivíduos da espécie também varia de acordo com a intensidade da luz. A coloração é dada por pigmentos: clorofilas *a* (verde-escuro) e *b* (verde-claro), carotenóides (amarelo) e antocianina (vermelho). As bromélias que vivem sob sol direto têm coloração de verde-claro a verde-amarelado, com a extremidade das folhas vermelha.

Os pigmentos amarelos (carotenóides) protegem as células vegetais contra o excesso de radiação solar, que pode causar graves danos, exercendo nas plantas papel

semelhante ao da melanina na pele humana e em outros animais. Além disso, nas plantas expostas ao sol direto o principal responsável pela fotossíntese (presente em maior concentração) é a clorofila *b*, que tem coloração verde-claro. O vermelho nas pontas das folhas decorre da presença da antocianina. Tóxico para alguns animais, esse pigmento protege a planta, junto com os espinhos, contra os herbívoros.

Já as bromélias que vivem em microhabitats sombreados, recebendo luz solar em menor quantidade, são verde-escuras, graças à maior concentração de clorofila *a*, pigmento também responsável pela fotossíntese. A maior proporção desse tipo de clorofila permite uma fotossíntese mais eficiente em locais sombreados, garantindo a produção de energia para os processos metabólicos e fisiológicos da planta e compensando a menor incidência de luz solar.

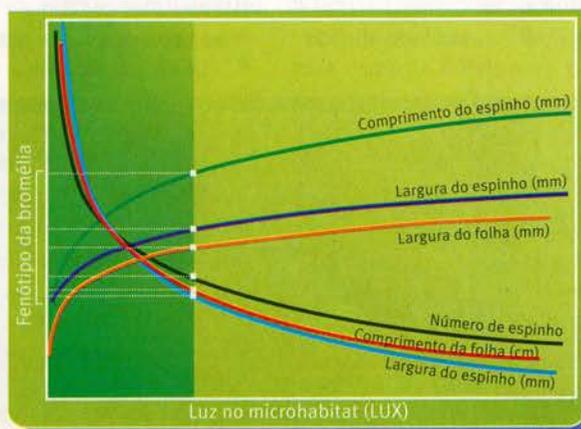
### Mais dados são necessários

Os estudos realizados na Ilha Grande basearam-se apenas em variações nas folhas de uma espécie de bromélias. Seria interessante que estudos futuros incluíssem na análise as variações nas características das flores das bromélias, importantes para o reconhecimento da espécie e do gênero.

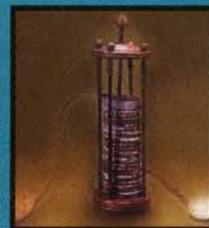
As variações nas características individuais de uma mesma espécie de bromélias são adaptações de cada planta para melhorar seu desempenho (na fotossíntese e no crescimento, por exemplo) e aumentar suas chances de sobrevivência na floresta. O estudo do comportamento ecofisiológico e do desenvolvimento das bromélias, e de sua interação com os fatores ambientais, possibilita entender as causas da variedade de formas das folhas, cores e tamanhos dessas plantas na natureza.

Os resultados das pesquisas na Ilha Grande permitiram desenvolver um modelo que prevê que forma a bromélias terá quando adulta, a partir da quantidade de luz que recebe em seu microhabitat

(figura 5). Assim, conhecendo-se a quantidade de luz que atinge o microhabitat de um determinado indivíduo de bromélias na floresta, é possível prever a forma das folhas e suas características gerais, além de tamanho e coloração da planta adulta, se as condições do ambiente não forem drasticamente alteradas. ■



# Uma descoberta eletrizante



Quando acendemos uma lanterna, conferimos a hora no relógio ou escutamos um programa de rádio não passa por nossas cabeças que essas atividades só são possíveis hoje graças a uma das maiores invenções do século 18. A pilha que torna o nosso dia-a-dia cada vez mais simples resultou de experiências sobre eletricidade conduzidas, no fim de 1799, pelo físico italiano Alessandro Volta (1745-1827), professor da Universidade de Pávia. Em carta datada de 20 de março de 1800, Volta relatava à Royal Society (Grã-Bretanha) a construção de um aparelho formado por uma pilha de discos, de dimensão de moedas e de diferentes metais, com o qual conseguira obter faíscas e choques elétricos.

**E**mbara os fenômenos elétricos fossem conhecidos desde a Antigüidade – Tales de Mileto relatara no século 6 a.C. a atração de cabelos humanos por um bastão de âmbar depois de atritado –, foi no começo do século 18

que as pesquisas sobre eletricidade se difundiram entre os físicos, iniciando-se um período ativo de experimentações e proposição de teorias. Destaca-se entre os personagens mais envolvidos com esse estudo o químico francês Charles François de Cisternay Du Fay (1698-1739), para quem a eletricidade era “uma propriedade que consistia em atrair corpos leves”. Baseando-se em experiências com várias substâncias, ele foi o primeiro a dividir os corpos em dois grandes grupos – os “vítreos” e os “resinosos” – segundo seu comportamento elétrico.

A existência de dois ‘tipos’ de eletricidade foi também comprovada de forma independente pelo cientista norte-americano Benja-

mim Franklin (1706-1790), que desconhecia os trabalhos desenvolvidos na Europa. Foi Franklin que introduziu o termo ‘carga elétrica’ para designar as duas ‘formas’ de eletricidade e lhes atribuiu os sinais positivo e negativo. Ao observar que corpos pontiagudos eram capazes de transmitir eletricidade a outros corpos, ele também acabou inventando o pára-raios.

Em meados do século 18, já existiam máquinas elétricas, baseadas na geração de eletricidade por atrito, que eram as grandes atrações nas academias, onde físicos profissionais e amadores realizavam experiências. O físico holandês Pieter van Musschenbroek (1692-1761), da Universidade de Leyden, desenvolveu um aparelho em 1746 que ficaria conhecido como garrafa de Leyden. Ele usou uma garrafa de vidro com água, tampada com uma rolha atravessada por um



**Figura 1. Galvani mostrando a seus discípulos o efeito da eletricidade sobre os músculos de uma rã, em pintura de autor desconhecido**

prego, e apoiou o prego no pólo de sua máquina elétrica. Em seguida, aproximou o prego de um objeto qualquer, provocando uma forte faísca. A partir de então, o aparelho passaria a ser um importante instrumento de pesquisas elétricas.

Uma nova conceituação da eletricidade esboçava-se no fim do

século 18 apoiada, por um lado, nos princípios de Franklin e, por outro, nas medidas do químico inglês Henry Cavendish (1731-1810) e do físico francês Charles-Augustin de Coulomb (1736-1806). Cavendish havia demonstrado que um corpo era capaz de armazenar eletricidade, além de

provar que era possível medir sua carga. Já Coulomb definira a lei segundo a qual dois corpos com cargas elétricas de sinal oposto se atraem na razão direta do produto de suas cargas e na razão inversa do quadrado da distância que os separa.

Nessa época também surgia a idéia de que, além da eletricidade observada nas máquinas e na garrafa de Leyden, existiria também a eletricidade animal, encontrada apenas nos seres vivos. Entre os interessados na eletricidade animal, destacava-se o fisiologista italiano Luigi Galvani (1737-1798). A ele atribui-se a descoberta, em torno de 1780, de que um choque elétrico aplicado à perna de uma rã, recém-separada de seu corpo, provoca movimentos violentos (figura 1). Alguns historiadores dizem que foi, na verdade, um dos alunos de Galvani que observou esse efeito. O professor tinha reconhecida fama de avaro e costumava reaproveitar instrumentos estragados, podendo ser encontradas em seu laboratório pinças com hastes de metais diferentes. Foi ao encostar uma dessas pinças na rã dissecada que o aluno de Galvani teria observado as contrações musculares.

O fisiologista italiano atribuiu esse efeito a uma 'eletricidade animal' que se descarregaria sobre os músculos quando estimulada por outras descargas elétricas. Sua hipótese era a de que, na rã, o músculo e seu nervo seriam equivalentes às duas superfícies condutoras (chamadas de armaduras, na gíria de laboratório) que constituem um condensador elétrico, como a garrafa de Leyden. Do mesmo modo que salta uma faísca elétrica quando as armaduras são postas em contato, haveria também descarga quando se põem o músculo e o nervo em contato através de um fio metálico.



## Vocação para a pesquisa

**Alessandro Volta** nasceu em 18 de fevereiro de 1745, na cidade de Como, na Lombardia. Educado em escola jesuítica, sua família esperava que ele seguisse a carreira religiosa. Mas seu interesse pelos fenômenos elétricos o levou a estudar os relatos sobre as experiências com eletricidade dos especialistas da época e os conceitos sobre cargas elétricas e suas manifestações. Volta saboreou, por exemplo, as invenções de Pieter van Musschenbroek, que criou a garrafa de Leyden (o primeiro condensador elétrico), do abade francês Jean Antoine Nollet (1700-1770) e do italiano Giovanni Batista Beccaria (1716-1781), que desenvolveram dispositivos fundamentais, como o eletroscópio (o primeiro instrumento para visualizar facilmente a presença da eletricidade).

Com apenas 24 anos, em 1769, Volta publicou seu primeiro trabalho, como habitual na época, em latim: *De vi attractiva ignis eletricí* (Sobre a força atrativa do fogo elétrico). Foi o marco inicial para outras realizações multidisciplinares.

Em 1775, por decisão dos governantes de sua cidade natal, recebeu a cátedra de física experimental do Ginásio Real de Como. Nas férias de 1776, em passeio de barco no lago Maggiore (cerca de 35 km a leste de Como) percebeu que, ao cutucar o fundo limoso com uma vara, desprendiam-se grandes bolhas gasosas que, se recolhidas em frascos de laboratório, podiam ser queimadas. Volta batizou essa substância gasosa de 'ar inflamável nativo dos pântanos'. Tratava-se do gás metano – o mais simples do grupo dos hidrocarbonetos, formados apenas de carbono e hidrogênio –, de fórmula  $CH_4$ . A substância é o constituinte fundamental do biogás, gerado naturalmente na decomposição de vegetais, seja em pântanos ou nos geradores freqüentemente usados como fonte alternativa de energia.

Pensando em como poderia provocar a combustão explosiva desse gás através de uma faísca elétrica, o físico desenvolveu um balão semi-esférico, de gargalo longo, com dois eletrodos na base, abastecido com metano e ar. Ao aplicar nos eletrodos um dispositivo capaz de gerar uma descarga elétrica, obtinha uma estrondosa explosão, equivalente a um tiro de arma de fogo. Por isso, o dispositivo passou a ser conhecido como 'pistola de Volta'. O cientista transformou esse equipamento em um instrumento para medir a força de uma explosão. Não contente, em mais um aperfeiçoamento do aparelho, desenvolveu um método para determinar a quantidade de oxigênio presente no ar, através da intensidade da explosão obtida com a pistola.

Nomeado em 1778 pelo conde Firmian para o cargo de 'professor de física particular' na Universidade de Pávia, Volta formulou, a partir de experimentação, a equação dos condensadores, que estabelece que a carga acumulada corresponde ao produto da capacidade do condensador pela tensão elétrica.

Além de inventar vários instrumentos para medir a eletricidade, Volta foi considerado o pioneiro da eletroquímica e um dos cientistas que mais contribuíram para a expansão do eletromagnetismo e da eletrofisiologia. Ele morreu em 3 de março de 1827, em sua residência de campo.

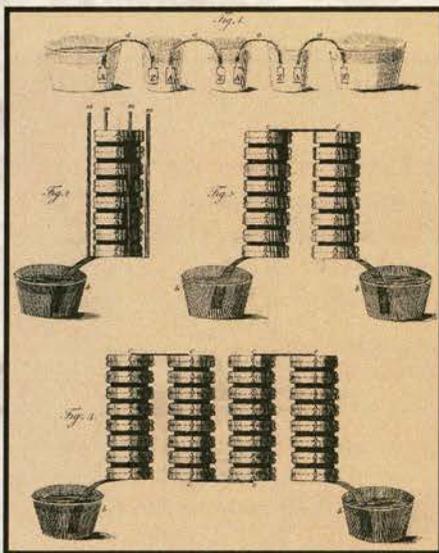
## A eletricidade 'artificial'

Os experimentos de Galvani despertaram o interesse de Alessandro Volta no início da década de 1790. A partir do conhecimento acumulado em seus próprios estudos (ver 'Vocação para a pesquisa'), Volta sugeriu que as contrações observadas por Galvani seriam causadas por uma eletricidade 'artificial'. Segundo ele, o choque elétrico na pata da rã – assim como o provocado ao encostar a pinça na nossa língua – resultava da diversidade dos metais da pinça.

Para demonstrar sua teoria, Volta teve a idéia de amplificar o efeito elétrico colocando vários pares de metais diferentes em contato sucessivo (associação em série, no jargão dos especialistas), através de um terceiro condutor – um papel ou tecido embebido em salmoura. Para isso, construiu um aparelho que repetia, sistemática e alternadamente, discos de prata, zinco e papel ou tecido umedecido com água e sal. Cerca de 30 desses conjuntos de três discos foram mantidos empilhados, apoiados em um suporte de hastes verticais de madeira (figura 2). Quando aproximava as extremidades de dois fios de cobre, um previamente ligado à base e outro ao topo da pilha, saltava uma faísca elétrica. A descarga do ar-

tefato também causava a contração muscular da perna de rã. Por isso, Volta chamou seu aparelho de 'órgão elétrico artificial'. Ele acabava de inventar a pilha.

Havia na época um grande interesse em torno da eletricidade



no mundo inteiro, que abrangia também as possíveis aplicações práticas. Assim, Volta foi convidado em 1801 por Napoleão Bonaparte, então cônsul da França, para que apresentasse os efeitos elétricos de sua pilha (figura 3). Foi nessa oportunidade, no Instituto Nacional da França, que o físico italiano recebeu uma medalha de ouro de Napoleão, escrevendo em seguida para seus familiares: "À vida acomodada de uma glória vã

prefiro a tranqüilidade e doçura da vida doméstica." Sua frase revela o caráter introvertido e tranqüilo do físico italiano, que soube equilibrar sua vida familiar com sua atividade profissional.

## As novas aplicações

Cada pilha fornece uma tensão elétrica que é medida em volts, unidade física cujo nome homenageia o físico italiano. As baterias costumam ser associações em série de pilhas, o que permite obter maiores tensões elétricas. As pilhas têm hoje mais aplicações do que se imagina. Todo veículo automotivo usa baterias chumbo-ácidas. Nos automóveis de passeio, as baterias são conjuntos de seis pilhas de grades de dois tipos, uma de chumbo e outra de chumbo revestido com óxido de chumbo, mergulhadas em

ácido sulfúrico.

Os telefones celulares, ao longo desta década, usaram pelo menos três tipos de bateria: as de níquel-cádmio, as de níquel-hidreto metálico e atualmente as de íon lítio. Relógios de pulso, calculadoras portáteis e os ponteiros *laser* dos conferencistas usam pilhas na forma de botão (com diâmetro inferior a 1 cm e espessura de alguns milímetros) de óxido de mercúrio ou óxido de prata. Os pequenos aparelhos de surdez usam pilhas-botões de diâmetro ainda menor, baseadas em zinco e oxigênio do ar – uma tentativa de produzir pilhas que minimizem as agressões ambientais. Sem contar o benefício que os marcapassos, movidos por pilha de lítio-iodeto de lítio, trouxeram para muitos que apresentam problemas cardíacos.

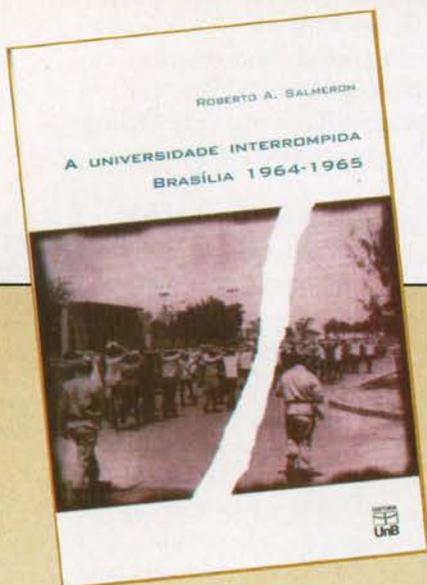
Figura 2. Pilhas construídas por Volta, segundo desenhos publicados pela Royal Society



Figura 3. Volta exhibe seus aparelhos elétricos para Napoleão, em pintura de autor desconhecido

**José Atílio Vanin**

Instituto de Química,  
Universidade de São Paulo



# O resgate dos anos dourados

## A universidade interrompida, Brasília 1964-1965

Roberto A. Salmeron

Brasília, Ed. UnB, 484 pp., R\$ 36

**A UnB: uma experiência idealista interrompida pelo obscurantismo**

**T**odo professor, todo estudante, todo político, todo cidadão preocupado com o bem-estar e a prosperidade de nosso país se beneficiaria em ler este belo livro. Nele se aprende a dar valor à liberdade e ao regime democrático, vendo os desmandos que sua falta pode provocar.

O autor, o professor Roberto Salmeron, é um destacado físico brasileiro, de renome internacional, tendo ocupado por muitos anos posições importantes no Cen-

tro Europeu de Pesquisas Nucleares (CERN), em Genebra, Suíça, e, posteriormente, na Escola Politécnica de Paris, onde hoje é diretor emérito de pesquisas.

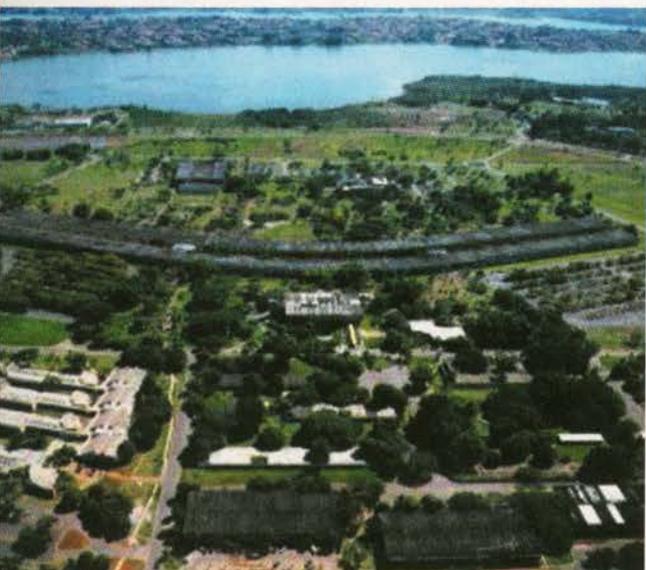
Salmeron foi um membro proeminente do grupo de notáveis brasileiros que se uniram em Brasília em torno do ideal de criar uma universidade à altura da vocação de grandeza de nosso país. Em menos de dois anos, o sonho desmoronou: a intolerância e o obscurantismo o interromperam. Salmeron e outros 222 professores tiveram que optar por um pedido coletivo de demissão, por não encontrarem ali as mínimas condições de dignidade, respeito e liberdade acadêmica que permitissem o exercício do magistério.

Não se tem notícia, nem antes nem depois de outubro de 1965, de que tenham ocorrido 223 renúncias simultâneas de professores de uma mesma universidade. Unidos pelo mesmo e profundo sentimento de frustração, muitos deles – a maioria – sem perspectiva imediata de novo emprego e indiferentes a possíveis retaliações de um governo autoritário, todos optaram pelo desligamento. Que força tão grande ligava es-

sas pessoas de credos políticos tão diversos, de formações tão díspares e idades tão variadas a tomar uma atitude extrema e insuportada como essa?

A resposta pode ser encontrada se observarmos que o desprendimento material é consequência do idealismo. O mesmo desprendimento já se havia manifestado antes, quando o físico experimental Roberto Salmeron, o físico teórico Jaime Tiomno, o químico Otto Gottlieb, o jurista A. L. Machado Neto, o biólogo Antônio Cordeiro, o compositor Cláudio Santoro e diversos outros abandonaram suas carreiras, muitas vezes em países e locais de trabalho bem mais desenvolvidos, em troca de um emprego mal remunerado e até sem contrato de trabalho assinado. Em compensação, havia a emoção, a euforia, o entusiasmo de estar envolvido em uma tarefa pioneira e meritosa, cujo êxito seria recompensa bem maior do que o salário, conforto ou quaisquer vantagens materiais.

O livro de Salmeron é claro, sistemático, objetivo e completo, sem ser nunca monótono. Escrito por um dos principais personagens do drama, ele conta a saga da Universidade de Brasília desde



sua pré-história, ou seja, a partir de sua precursora, a Universidade do Distrito Federal, que viveu três anos e meio (1935-1939) e sucumbiu vítima da prepotência.

Ele dá conta das gestões iniciais para a criação da UnB, das dificuldades e empecilhos superados, em um relato agradável e permeado de episódios interessantes, como o argumento usado por Vítor Nunes Leal – atendendo uma sugestão de Oswaldo Trigueiro – para convencer Juscelino Kubitschek a promulgar o decreto criando a Universidade: na lápide de seu túmulo, Thomas Jefferson pediu que, em vez de seu título de presidente dos Estados Unidos, constasse que ele fundara a Universidade de Virgínia.

Na parte I, intitulada 'A construção', o autor descreve ainda cenas da vida universitária durante aqueles breves e intensos anos. Fala dos concertos semanais organizados por Cláudio Santoro e Yulo Brandão e refere-se, um a um, ao trabalho de alto nível que se iniciava nos institutos de ciência.

Infelizmente a parte II – 'A violência' – não é um *happy end*. Nela, Salmeron relata, com riqueza de detalhes e uma surpreendente objetividade (levando-se em conta ter sido ele uma das vítimas dessa violência), a agonia, o desespero diante da estupidez arrogante e o fim, que ele chama de interrupção, de uma iniciativa nobre, altruísta e, acima de tudo, patriótica.

Valeu a pena esperar 34 anos para ver, finalmente, registrado na história um episódio que precisava ser mais bem conhecido, narrado de forma concreta, factual e atraente.

**Elon Lages Lima**

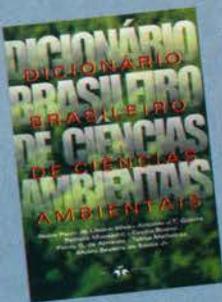
Instituto de Matemática Pura e Aplicada/RJ

**O lago dos espelhos: etnografia do saber sobre a fronteira em Tefé/Amazonas**

**Priscila Faulhaber**

Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi, 215 pp., R\$ 25

Uma cuidadosa pesquisa sobre as fronteiras étnicas e geográficas dos índios da cidade de Tefé (AM) para entender o povoamento indígena, a colonização, a presença militar e a vida atual do local. Esse é o resultado do trabalho da pesquisadora Priscila Faulhaber, do Museu Paraense Emílio Goeldi, apresentado neste livro. Para explicar a situação etnográfica atual, a autora aborda os movimentos étnicos de Tefé e como eles aparecem nos textos históricos que tratam da ocupação do território pelas diversas tribos indígenas. A pesquisadora trata ainda da afirmação da identidade indígena e suas relações políticas com o país, e da construção do folclore da população e sua inserção na cultura nacional. O livro pode ser solicitado pelo endereço do Museu Paraense Emílio Goeldi – Campus de Pesquisa, Av. Perimetral, s/nº, Belém/PA, CEP 66095-480 – ou pelo e-mail: mgdoc@amazon.com.br .



**Dicionário brasileiro de ciências ambientais**

**Pedro Paulo de Lima e Silva, Antonio J.T. Guerra e Patrícia Mousinho (org.)**

Rio de Janeiro, Ed. Thex, 263 pp., R\$ 32

Com a popularização das questões ambientais, vários termos técnicos relacionados ao assunto precisam ser explicados de maneira simples para a sociedade.

Este objetivo é cumprido pelo *Dicionário brasileiro de ciências ambientais*. São mais de 3.700 verbetes de expressões técnicas sobre a legislação brasileira, ecologia, biologia, engenharia, direito, economia e outras áreas ligadas ao meio ambiente. Escrito por uma equipe interdisciplinar, o dicionário é pioneiro no país, servindo, também, de subsídio para o trabalho de pesquisadores e estudiosos que se interessem pelo assunto.

**Diretório de associações e organizações indígenas no Brasil**

**Luís Donisete Benzi Grupioni**

Brasília, Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais – INEP/MEC, 31 pp.

As formas de associação, representação e participação indígena na política brasileira ocorrem de várias maneiras. A heterogeneidade das tribos marca suas atuações em questões locais, regionais e nacionais. Foi com o intuito de reunir as instituições representantes dos índios no país que o antropólogo Luís Donisete Benzi Grupioni, do Grupo de Educação Indígena do Departamento de Antropologia da Universidade de São Paulo (Mari/USP), elaborou o *Diretório de associações e organizações indígenas no Brasil*. Nele estão referências e contatos de 293 associações e organizações indígenas do Brasil, separadas por estados. Amazonas, com 77, e Mato Grosso, com 44, são os estados com o maior número de organizações. Segundo Luís Grupioni ainda há muitas entidades sem catalogação, mas o livro é o mais completo levantamento já feito no país. Os interessados podem solicitar gratuitamente o *Diretório* ao Mari/USP, pelo telefone (11) 818-3301 ou pelo e-mail: grupioni@usp.br .



### Boletim eletrônico

Sou assinante da *CH*. Na seção Cartas do nº 150, encontrei a informação sobre o boletim eletrônico: "Acesse a *homepage* em [www.sbpnet.org.br](http://www.sbpnet.org.br)" Ok! Depois havia: "Entre na área *Jornal da Ciência E-mail*." Onde? Acredito que a informação poderia ser mais completa.

ANGELA B. D. MOURA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO  
GRANDE DO SUL  
PORTO ALEGRE, RS

☞ Para acessar o boletim eletrônico, é necessário entrar no site da SBPC (<http://www.sbpnet.org.br>), acessar o mapa de navegação e, dentro da área do *Jornal da Ciência*, abrir o *JC e-mail*.

### Foto identificada

No artigo 'Líder da cruzada anti-chagas' (*CH* nº 151), aparece na página 85 uma foto de um grupo no Congresso de Caxambu (de 1976), em que uma pessoa não foi identificada. Trata-se de um dos grandes especialistas na doença de Chagas, Rodrigo Zeledon, que trabalhou no Instituto Oswaldo Cruz (RJ), ocupou vários cargos importantes na Organização Mundial de Saúde e foi ministro da Saúde na Costa Rica.

FERNANDO DIAS DE AVILA PIRES  
INSTITUTO OSWALDO CRUZ  
E UNIVERSIDADE FEDERAL  
DE SANTA CATARINA

☞ Agradecemos a atenção e a preciosa colaboração de nosso leitor.



### O Brasil no espaço

Tenho 18 anos e pela primeira vez comprei a *CH*. Estou satisfeito com a revista. Adorei as informações de Otávio L. Bogossian no artigo 'O acesso do Brasil ao espaço' (*CH* nº 152). Com certeza o Brasil só tem a ganhar com as pesquisas e os projetos que vêm sendo desenvolvidos nessa área, como os satélites Saci, CBERS (fundamental para cuidar de nosso imenso território), VLS e participação na Estação Espacial Internacional. Acho que o país deve investir muito mais do que investe em tecnologia espacial, para beneficiar o avanço tecnológico em todos os setores.

LUCIANO BONFIM DE OLIVEIRA  
RIOLÂNDIA, SP

### A morte de Marilyn

Trabalho com a doutora Beatrice Hahn na Universidade do Alabama, estudando a evolução de lentivírus (HIV e SIV) em primatas e acompanhei de perto a pesquisa referente ao trabalho publicado na revista *Nature* (v. 397, nº 6.718), comentado na *CH* (nº 148). (...) Acredito que o trabalho tenha sido erroneamente interpretado. (...) A chimpanzé Marilyn não sucumbiu à Aids, como o comentário coloca. Muito menos a doutora Beatrice o afirmou. Marilyn morreu devido ao parto de gêmeos natimortos. (...) A autópsia mostrou que a chimpanzé sofria de endometria e sepsia. Seu sistema linfático não apresentava sinais de degeneração, típicos da imunodeficiência adquirida, tanto no homem quanto em macacos. (...) Nossa idéia é a de que o chimpanzé africano é um reservatório natural de lentivírus de primatas, e que o vírus foi transmitido à população humana através das práticas de caça desses animais (...). O chimpanzé tem sido infectado pelo vírus por longo tempo, e nessa situação vírus e hospedeiro coevoluíram de tal forma que o SIV não mais causa Aids no animal. Nosso trabalho corrobora essa hipótese (...): cada

subespécie de chimpanzé carrega uma variante diferente do vírus, mostrando que o animal tem sido infectado pelo vírus mesmo antes da separação de suas quatro subespécies (*Pan troglodytes troglodytes*, *P. t. schweinfurthii*, *P. t. verus* e *P. t. vellerosus*). A ausência de patogenicidade é característica das infecções de hospedeiros naturais: todas as espécies de símios africanos já identificadas como portadoras de lentivírus não sucumbem à Aids. (...) A patogenicidade parece estar restrita a hospedeiros que adquiriram o vírus recentemente, como o homem ou macacos asiáticos usados como modelos experimentais da doença.

MARCELO SOARES  
UNIVERSIDADE DO ALABAMA  
BIRMINGHAM, ESTADOS UNIDOS

☞ A *CH* publicará na edição nº 156 (dezembro) artigo do próprio Marcelo Soares sobre a origem e a evolução dos lentivírus de primatas, como o HIV, o causador da Aids.

### Galileu e Saturno

No artigo sobre Titã (*CH* nº 152, p. 31), é dito que Saturno foi descoberto por Galileu. A informação está incorreta, pois Saturno é visível a olho nu e é conhecido desde a Antiguidade. Galileu foi o primeiro a observar seus anéis.

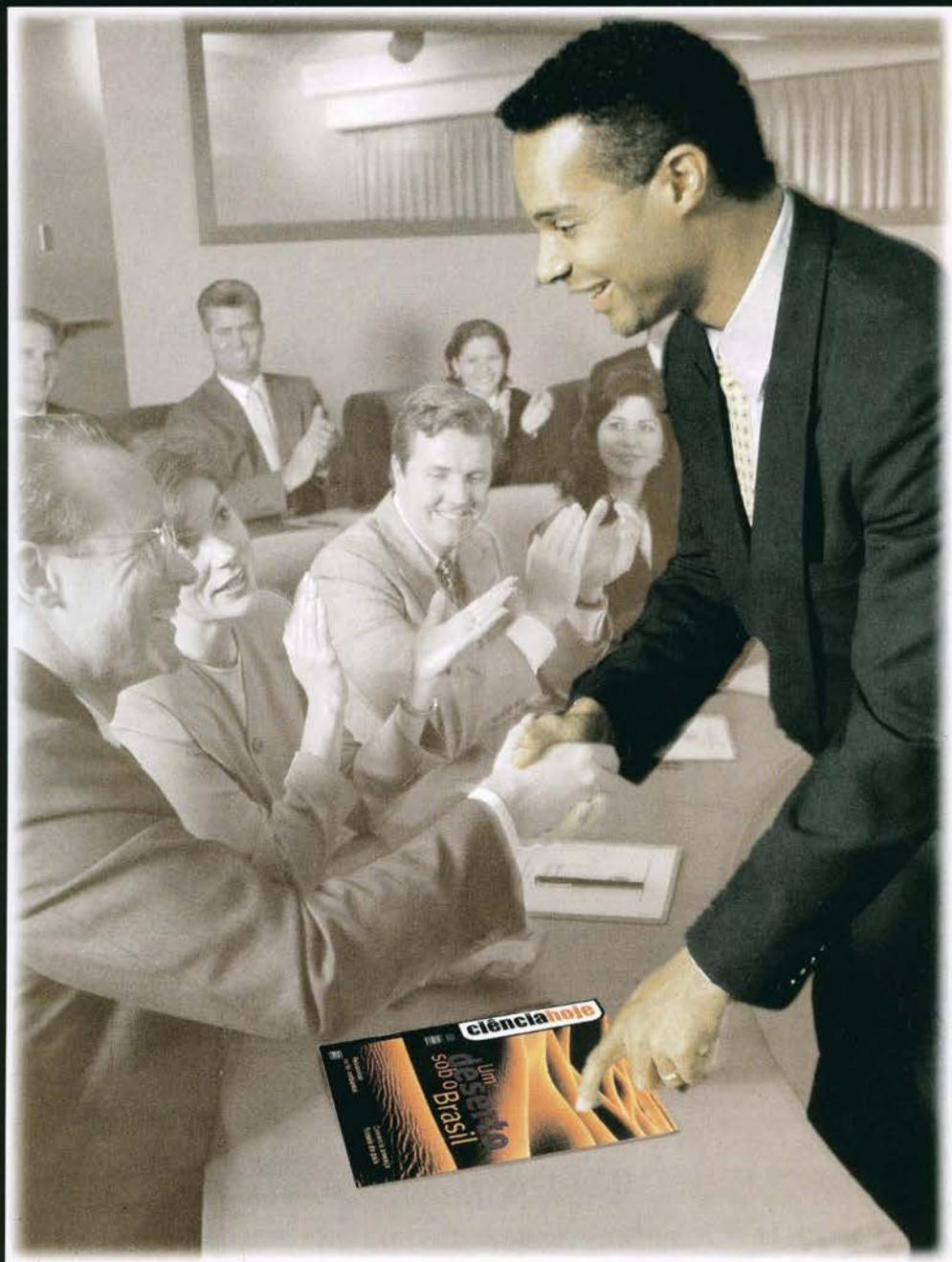
ÉLCIO FRAGOSO  
POR E-MAIL

☞ O leitor está correto. Agradecemos a correção.

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

E-MAIL:  
[chojered@sbpcnet.org.br](mailto:chojered@sbpcnet.org.br)

# Destaque-se.



CH 61

**Assine agora.**

**Ligue grátis:**

**0800-264846**

**e dê o código CH 61**

## **ciência**hoje

**Aventure-se no conhecimento**

Departamento de Assinaturas  
Av. Venceslau Brás, 71 - casa 27  
CEP 22290-140

Botafogo - Rio de Janeiro/RJ

Tel.: (021) 295-4846 / Fax: (021) 541-5342

[www.ciencia.org.br](http://www.ciencia.org.br)

**Se o seu cliente precisa de espaço,  
nós temos todos os continentes.**



## **hospede fácil**

*Hospede Fácil é a Web Farm da Dialdata.  
Um mundo de megabytes que permite a você, WEB Designer,  
aplicar todo o seu talento, sem preocupação com limitação de espaço,  
sob medida para as necessidades do seu cliente.  
A Dialdata / Via Net.Works têm as melhores soluções  
em INTERNET voltada para empresas.  
Procure-nos para saber mais sobre os nossos produtos.*



www.dialdata.com.br  
marketing@dialdata.com.br  
Tel. 0XX 11 829 4731 Fax 0XX 11 822 4588  
Dialdata, uma empresa VIA Net.Works