

# ciênciahoje

REVISTA DE  
DIVULGAÇÃO  
CIENTÍFICA  
DA SBPC

228



VOL. 38  
JULHO  
2006  
R\$ 8,90

**DNA-LIXO**  
Pesquisas indicam  
importância da  
parcela do material  
genético que não  
codifica proteínas

**RONDÔNIA**  
Estrutura  
camponesa  
familiar marca  
produção de café  
na Amazônia

**MERCOSUL**  
Encontro sela  
acordos de  
cooperação  
científica entre  
Brasil e Argentina



**INTERDISCIPLINARIDADE**  
*A ciência busca um novo caminho*



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

**DIRETORIA**

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

**CIÊNCIA HOJE • SBPC**

**Editores Científicos** • Coordenador editorial – Otávio Velho (Museu Nacional/UFRJ) • Ciências Sociais – Maria Alice Rezende de Carvalho (IUPERJ) • Ciências Ambientais – Ricardo Iglesias Rios (Instituto de Biologia/UFRJ) • Ciências Econômicas – Franklin Serrano (Instituto de Economia/UFRJ) • Ciências Exatas – Ivan S. Oliveira (Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas) • Ciências Biológicas – Débora Foguel (Instituto de Bioquímica Médica/UFRJ) • Humanidades – Ricardo Benzaquen de Araújo (IUPERJ)

**REDAÇÃO**

**Editora Executiva** • Alicia Ivanishevich; **Editor de Texto** • Ricardo Menandro; **Setor Internacional** • Cássio Leite Vieira; **Repórteres** • Thaís Fernandes (coordenação), Fred Furtado e Marcelo Garcia; **Revisoras** • Elisa Sankuevitz e Maria Zilma Barbosa; **Secretária** • Theresa Coelho; **Colaboraram neste número** • Cássio Leite Vieira (edição de texto) e Helen Mendes e Rosa Maria Mattos (reportagem)

**ARTE** • Ampersand Comunicação Gráfica S/C Ltda.

**Diretora de Arte** • Claudia Fleury; **Programação Visual** • Carlos Henrique Viviane e Raquel P. Teixeira; **Computação Gráfica** • Luiz Baltar; (E-mail: ampersand@ampersanddesign.com.br)

**SUCURSAIS**

**SÃO PAULO** • Correspondente • Vera Rita da Costa (E-mail: verarita@cienciahoje.org.br). End.: Antiga Reitoria da USP, Av. Prof. Luciano Gualberto, 374. Travessa J, sala 232, Cidade Universitária, CEP 05508-900. São Paulo, SP. Tel.: (0xx11) 3814-6656 e Telefax: (0xx11) 3091-4192

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

**REPRESENTAÇÕES**

**SALVADOR** • Coordenador Científico • Caio Mário Castro de Castilho (UFBA) (E-mail: sbpc@ufba.br). End.: Instituto de Física/UFBA, Campus da Federação, SSA, CEP 40210-340, Salvador, BA. Tel.: (0xx71) 247-2033. Fax: (0xx71) 235-5592

**COMERCIAL E PROJETOS EDUCACIONAIS** • Superintendente • Ricardo Madeira; • **Publicidade** • Sandra Soares; **Projetos educacionais** • Tatiana Marques. End.: Rua Berta, 60 - Vila Mariana, CEP 04120-040, São Paulo, SP. Telefax: (0xx11) 5083-5025 E-mail: cienciasp@cienciahoje.org.br. **Circulação e assinatura** • Gerente • Gláucia Viola. Telefax: (0xx21) 2109-8959. E-mail: glaucia@cienciahoje.org.br

**REPRESENTANTES COMERCIAIS**

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

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

**RECURSOS HUMANOS** • Luiz Tito de Santana

**EXPEDIÇÃO** • Gerente • Adalgisa Bahri

**IMPRESSÃO** • Minister Express Editora de Impressos Ltda.

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

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



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

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

**Apoio**



**ATENDIMENTO AO ASSINANTE E NÚMEROS AVULSOS**

**08007278999**

No Rio de Janeiro: (0xx21) 2109-8999

**CH On-line:** <http://www.ciencia.org.br>

[chonline@cienciahoje.org.br](mailto:chonline@cienciahoje.org.br)

**PARA ANUNCIAR**

TELFAX.: (0xx11) 5083-5025

[cienciasp@cienciahoje.org.br](mailto:cienciasp@cienciahoje.org.br)

**16 Semeando interdisciplinaridade: as 'idéias-vivas' de Gregory Bateson**

A crescente especialização verificada nas diversas áreas da ciência vem preocupando cientistas e levando à busca de um antídoto para esse problema. Esse 'remédio' é uma nova forma de olhar o mundo que nos cerca: a interdisciplinaridade, ou seja, o incentivo a uma maior conexão entre os saberes hoje compartimentados.

Por **Mônica Cavalcanti Lepri**



**30 Camponeses de Rondônia**

A produção familiar de café, ainda presente no centro-leste de Rondônia, fornece um contraponto ao avanço da soja no sul da Amazônia. Os cafeicultores mostram relações de trabalho específicas e enfrentam problemas como a falta de uma rede de comercialização, que facilitaria as exportações desse jovem estado.

Por **Jacob Binsztok**

## 22 Thomas Bayes: o 'cara'!

Um pequeno ensaio sobre probabilidade escrito há mais de dois séculos, por um pároco de um vilarejo da Inglaterra, vem ganhando importância cada vez maior nos meios científicos da atualidade, tornando seu autor figura de destaque em diferentes campos do conhecimento.

Por **Sérgio Danilo Pena**

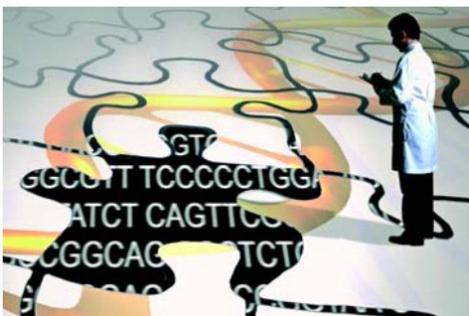
Capa: Escola dos animais,  
de Antônio Rodrigues/  
Foto Cícero Rodrigues



## 36 DNA não-codificador: o lixo que vale ouro?

Antes chamada de DNA lixo, a imensa parcela do material genético humano que não leva à síntese de proteínas vem mostrando ter um papel crucial no organismo. RNAs formados a partir dessa parte do genoma têm propriedades importantes, o que pode torná-los protagonistas de uma revolução na genética.

Por **Paulo de Paiva R. Amaral**  
e **Helder I. Nakaya**



### O LEITOR PERGUNTA

- 4 O que é um *strangelet*? Uma máquina aceleradora de partículas poderia gerar um buraco negro?
- 5 Qual a utilidade da erva urtiga-branca?
- 5 Existe relação entre a umidade do ar e a propagação do som?

### ENTREVISTA

**Yasuhiro Koike**

- 6 **Uma fibra de futuro**  
Pesquisador japonês aponta uma revolução nas comunicações

### MUNDO DE CIÊNCIA

- 9 **Golfinhos têm nome próprio?**  
Cetáceo usa sinais sonoros para identificar cada membro de seu grupo

### A PROPÓSITO

- 15 **Pela hora da morte**  
Descobertas médicas reabrem discussão ética sobre a pena de morte

### EM DIA

- 44 **Por uma 'ciência Mercosul'**  
Cientistas brasileiros e argentinos estabelecem acordos de cooperação
- 48 **Solução econômica para lixo radioativo**  
Sargaço absorve tório e outros elementos de águas contaminadas
- 50 **Válvulas 'recauchutadas'**  
Técnica brasileira corrige problemas cardíacos e evita a rejeição
- 52 **Quem protege a polícia?**  
Números da violência contra policiais do Rio de Janeiro são alarmantes
- 54 **O 'dino-ave' mineiro**  
Achada no Brasil garra fóssil de dinossauro parente das aves atuais

### MEMÓRIA

- 57 **Einstein e a física moderna dos sólidos**  
Trabalho do físico alemão mudou, em 1906, conceitos importantes

### ENSAIO

- 60 **Irradiação e contaminação radioativa. Qual a diferença?**  
Mídia e imaginário popular confundem os perigos da radioatividade

### OPINIÃO

- 62 **Toxinas em alimentos**  
Contaminação por fungos pode causar sérios problemas de saúde

### RESENHA

- 64 **Recordando Maurício Rocha e Silva**  
Resenha do livro *Maurício Oscar da Rocha e Silva: o homem e suas circunstâncias*, de Maria Ignez da Rocha e Silva

### PRIMEIRA LINHA

- 66 **Áreas palustres: classificar para proteger**  
Novo sistema distingue diferentes formas de banhados e pântanos
- 70 **Tartarugas sob ameaça**  
Na Amazônia, esses animais são caçados até em áreas protegidas

73

### CARTAS

### QUAL O PROBLEMA?

- 74 **O teorema da amizade**  
Como usar a geometria para saber quem conhece quem em uma festa

75

### ÍNDICE DO VOLUME 38



## O que é um *strangelet*? Uma máquina aceleradora de partículas poderia gerar um buraco negro?

CARLOS FONSECA, POR E-MAIL

Atualmente sabemos que os blocos fundamentais que constituem a matéria são os *quarks*, classificados em seis tipos: u, d, s, c, t e b. A matéria normal é formada apenas por *quarks* u e d. Os demais *quarks* aparecem, por exemplo, nos processos de colisões de partículas a altas energias em aceleradores ou raios cósmicos. No estado normal da matéria, esses *quarks* ficam confinados dentro dos núcleons (prótons e nêutrons) e não são observáveis.

O *quark* s carrega uma espécie de carga chamada 'estranheza', descoberta nos anos 50. Dentro da teoria que descreve a dinâmica dos *quarks* (cromodinâmica quântica), foi prevista a possibilidade de que, se a matéria tivesse os *quarks* s – além dos tipos u e d –, ela se tornaria mais estável, quando submetida a uma densidade extremamente alta. Para se ter uma idéia, um centímetro cúbico dessa matéria pesaria cerca de 10 bilhões de toneladas. Nessa densidade, os *quarks* confinados no interior dos núcleons seriam liberados no espaço e a matéria passaria a ser formada de *quarks* individuais. Esse estado da matéria é chamado 'a matéria de *quarks* estranha' e uma pequena porção dessa matéria estranha é chamada de *strangelet* (gotinha de estranheza). O *strangelet*, assim como a matéria normal, pode ter tamanho arbitrário e, quanto maior for, mais estável se torna. Se tiver tamanho microscópico, o *strangelet* é bem instável e se transforma rapidamente na matéria usual.

Para criar essa matéria estranha, deve haver uma compressão extraordinária da matéria, como ocorre dentro de uma estrela superdensa, como as estrelas de nêutrons e de *quarks*. O *strangelet* também pode ser criado no cenário de *Big Bang* do universo primordial. Alguns autores associam esse tipo de *strangelet* (*strangelet* cosmológico) à matéria escura que compõe o universo, cuja natureza ainda não conhecemos.

Outra possibilidade de criar o *strangelet* é pela colisão de íons pesados submetidos à energia ultra-relativística, como nos aceleradores de partículas RHIC,

do Laboratório Nacional de Brookhaven (Estados Unidos), e o LHC, do Centro Europeu de Física de Partículas (Cern), na Suíça. Nos experimentos realizados no RHIC nos últimos cinco anos, não foi detectado sinal de formação de *strangelet*, apesar da abundante produção de partículas elementares com carga de estranheza.

Uma das possíveis propriedades dessa hipotética porção de matéria (*strangelet*) é que, ao interagir com a matéria usual, poderia absorvê-la, transformando-se em um *strangelet* maior e, conseqüentemente, com maior estabilidade, o que faria o processo continuar indefinidamente, aumentando cada vez mais a massa do *strangelet*. Assim, um *strangelet* poderia engolir toda a matéria normal a sua volta, até se tornar um buraco negro. Por isso, cada vez que se planeja um novo experimento de colisões nucleares a alta energia, alguns meios de comunicação sensacionalistas costumam questionar se ele poderia desencadear um processo irreversível e levar a uma catástrofe mundial. Isso aconteceu nos anos 70 com o primeiro experimento realizado no acelerador de partículas Bevalac, do Laboratório Nacional Lawrence Berkeley (Estados Unidos), assim como com os experimentos no RHIC a partir do ano 2000 e agora com o projeto do LHC programado para o próximo ano.

Embora não se possa provar rigorosamente que essa possibilidade não exista, na opinião da maioria dos físicos ela é muito remota, já que os *strangelets* microscópicos formados nessas colisões seriam instáveis e, em menos de um milésimo de segundo, se transformariam em matéria comum. Além disso, se fosse possível, já teria acontecido, uma vez que colisões com essa energia vêm ocorrendo na natureza através de raios cósmicos.

**Takeshi Kodama**  
Instituto de Física,  
Universidade Federal do Rio de Janeiro

## ? Qual a utilidade da erva urtiga-branca?

MARIA EUNICE DA SILVA, POR E-MAIL

A urtiga-branca (*Lamium alba*), também chamada de lãmio-branco ou urtiga-morta, é uma erva originária da Europa e da Ásia. Apesar do nome, ela não pertence à mesma família botânica da urtiga comum.

A urtiga-branca é uma planta de fácil cultivo, que pode ser propagada a partir da divisão de suas raízes (rizomas), como se faz com o gengibre. Isso quer dizer que, enterrando-se os rizomas de uma planta original, pode-se produzir uma nova muda. Ela cresce entre 20 e 50 cm e apresenta aspecto denso, com folhas serrilhadas e ligeiramente aveludadas e caule quadrangular que exala odor desagradável. As flores, normalmente brancas, são a parte usada nas preparações populares.

Externamente, a urtiga-branca tem sido empregada em compressas para contusões e queimaduras. Segundo o uso popular, as flores podem ser empregadas também no preparo de infusões ou sucos e, nesse caso, são indicadas principalmente para normalizar as funções intestinais (tanto contra diarreia quanto prisão de ventre), reduzir o muco (catarro) proveniente de infecções nas vias respiratórias, normalizar menstruações irregulares e combater a leucorréia (secreção vaginal). No entanto, nenhum desses usos foi comprovado cientificamente. Também não há informações sobre a toxicologia (composição química e possíveis efeitos tóxicos) e a segurança da planta. Por isso, não é recomendado seu uso sem indicação de um médico ou outro profissional qualificado.

### Fúlvio Rieli Mendes

Centro Brasileiro de Informações sobre Drogas Psicotrópicas, Departamento de Psicobiologia, Universidade Federal de São Paulo



## ? Existe relação entre a umidade do ar e a propagação do som? Quando o ar está mais úmido, a propagação do som é mais rápida?

MARCOS OTA, POR E-MAIL

Em condições normais de temperatura e pressão, a velocidade de propagação do som no ar depende da razão entre a pressão do ar e a sua densidade. Se a pressão for mantida constante, a velocidade de propagação do som aumenta quando a densidade do ar diminui, e vice-versa. Como a densidade do ar diminui à medida que a sua umidade aumenta, pode-se afirmar que o som se propaga mais rapidamente no ar úmido do que no ar seco. Para uma umidade relativa do ar de 50%, o aumento na velocidade de propagação do som é de aproximadamente 0,2%, em relação ao ar totalmente seco.

### Wilson Marques Junior

Departamento de Física, Universidade Federal do Paraná



CARTAS À REDAÇÃO

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

E-MAIL:  
cienciahoje@cienciahoje.org.br

# UMA FIBRA DE FUTURO

FOTO: FRED FURTADO



## Yasuhiro Koike

As fibras ópticas são fios transparentes capazes de transmitir a luz de um lugar a outro, de maneira similar à condução de eletricidade realizada por fios de cobre. Originalmente feitas de plástico, elas passaram a ser fabricadas em vidro (silício), permitindo transmissões mais rápidas e de qualidade. O plástico ficou relegado a um segundo plano até o final da década de 1990, quando o cientista de materiais japonês Yasuhiro Koike desenvolveu a fibra óptica de plástico com índice gradual (Gipof). A invenção – disponível comercialmente desde 2000 – rendeu reconhecimento ao seu criador e revolucionou as telecomunicações, pois possibilitou transmissões de qualidade a um custo total menor.

Diretor do Laboratório de Ciência e Tecnologia de Ponta de Keio, da Universidade de Keio (Japão), Koike continua trabalhando no aperfeiçoamento de sua criação. Mas não se limita à parte técnica – também está preocupado com a relação entre as pessoas e a tecnologia. Para ele, esta é uma ferramenta para tornar nossa vida mais fácil. “Acho que a tecnologia deve contribuir para a sociedade”, afirma. Koike esteve no Brasil para participar do Workshop Internacional de Fibra Óptica Plástica, organizado pelo Laboratório de Instrumentação e Fotônica (LIF) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), que ocorreu de 25 a 28 de abril no Rio de Janeiro. Nesta entrevista exclusiva à *Ciência Hoje*, ele fala da Gipof, da relação entre tecnologia e sociedade e do seu projeto atual.

**Fred Furtado**  
*Ciência Hoje/RJ*

**Na década de 1980, acreditava-se que os plásticos não eram úteis para desenvolver fibras ópticas de transmissão em alta velocidade. Por quê?**

Acreditava-se que o tamanho possível da banda de comunicação através dessa fibra óptica seria limitado; portanto, não seria possível transmitir sinais como o da televisão de alta definição, que requer uma velocidade de 1 gigabit/segundo. Além disso, a perda de qualidade da transmissão, à medida que a luz se propaga – o que chamamos de atenuação – é maior nos plásticos do que no silício. Essas eram as duas principais razões para não se apostar na fibra óptica de plástico.

**No seu primeiro teste para resolver o problema da atenuação, o senhor usou, para fabricar as fibras, o polimetil metacrilato (PMMA), plástico empregado na confecção de lentes, mas não funcionou. O que deu errado e como o senhor solucionou o impasse?**

Supostamente, o PMMA é um dos materiais mais transparentes que existem, mas, na realidade, não é. Ele é composto por carbono, oxigênio e hidrogênio, e o problema está na ligação entre o primeiro e o terceiro elementos. A vibração dessa ligação cai dentro da frequência da luz utilizada em telecomunicações (comprimentos de onda acima de 1  $\mu\text{m}$  [micrômetro]). Isso faz com que a luz que viaja pela fibra seja absorvida pelo PMMA, tornando impossível seu uso. Para impedir isso, sintetizamos um novo material, designado perfluorinado, no qual o hidrogênio é substituído pelo flúor, que é maior e mais pesado, e, conseqüentemente, sua vibração ao se ligar com o carbono é mais lenta. Assim, podemos usar na fibra óptica de plástico perfluorinado comprimentos de onda observados em telecomunicações, o que permite o emprego das tecnologias já existentes.

**Mas, mesmo com esse novo material, ainda restava o problema da taxa de transmissão, não?**

Sim. Esse problema surge porque a luz que atravessa o núcleo da fibra óptica de plástico pode fazê-lo em linha reta, pelo centro, ou refletindo-se nas paredes, em uma trajetória senoidal, que passa várias vezes pela região periférica. Nessa trajetória senoidal, o caminho percorrido é mais longo e a luz chega mais tarde ao fim da fibra, diminuindo a

qualidade do sinal e limitando a largura da banda. Resolvemos esse problema alterando o índice de refração do núcleo. À medida que se afasta do centro, esse índice diminui. Como quanto mais baixo for esse valor, mais rápida é a velocidade da luz, o feixe que passa pela região periférica é mais veloz que aquele que viaja pelo centro. Dessa maneira, o fato de o caminho ser mais longo é compensado pela velocidade maior, e, assim, os dois feixes chegam ao fim da fibra ao mesmo tempo. É como se a luz que viaja pelo centro estivesse na água, que tem um índice de refração de 1,33, e o da periferia viajasse pelo ar, cujo índice é 1.

**Quais as principais diferenças entre a fibra óptica de vidro e a de plástico?**

Embora a fibra óptica convencional seja excelente para transmissões a distância, ela é frágil, não é muito flexível e o diâmetro do seu núcleo, por onde passa a luz, é menor que 10  $\mu\text{m}$ , ou seja, é apenas 10% do diâmetro de um fio de cabelo. É bastante difícil fazer conexões usando esse material, elas têm que ser feitas na fábrica, pois mesmo em conectores de

**A instalação sairia bem mais barata, pois, apesar de o preço por metro da fibra de silício ser menor, os custos totais com esta são maiores do que com a Gipof**

precisão, usados para ligar duas fibras, o erro é de 30  $\mu\text{m}$ . Na Gipof, aumentamos o diâmetro do cerne da fibra para 100  $\mu\text{m}$  ou até 500  $\mu\text{m}$ . Assim, o erro de conexão é desprezível e se torna bem mais fácil conectar as fibras, o que pode ser feito no próprio local de construção onde vão ser empregadas, sem necessidade de aparelhos sofisticados. Além disso, a Gipof é bastante flexível, pode atingir até 90 graus de deformação. Todas essas características tornam essa fibra de plástico a melhor opção para redes em casas, prédios e *campi* universitários, locais que necessitam de muitas conexões. A instalação sairia bem mais barata, pois, apesar de o preço por metro da fibra de silício ser menor, os custos totais com ela são maiores do que com a Gipof.

**Qual a principal contribuição da Gipof?**

Acredito que a principal contribuição seja para as ►

sociedades conectadas por banda larga. Hoje em dia, todos consideram as fibras ópticas muito importantes, mas as de vidro só estão instaladas fora das casas ou dos prédios. Ou seja, transmissões de alta velocidade chegam apenas até a porta do seu lar, depois, têm que seguir em fios de cobre. Para a tecnologia atual de TV e telefonia, isso funciona, mas para a TV de alta definição, não. Para tal, é preciso usar dispositivos de conversão. Com a Gipof, não se necessita usar conversores, pois ela é capaz de transmitir o sinal sem perda de qualidade.

### **A fibra óptica de plástico existe desde a Segunda Guerra Mundial. Por que se demorou tanto para aperfeiçoá-la?**

Na área de fibras ópticas plásticas ou de grandes monitores de vídeo, geralmente são os integradores

**A tecnologia deveria ser apenas uma ferramenta, que viesse a nós, e não o contrário. Em outras palavras, ela deveria nos aproximar, nos fazer retornar a uma comunicação cara a cara**

de sistemas que pensam as novas idéias. Eles são excelentes para projetar, mas sua especialidade é diferente da do cientista de materiais, como eu, que tenho formação na área de polímeros. Eles sempre procuram criar os sistemas com materiais conhecidos, mas as inovações na indústria, historicamente, costumam se originar de novas funções de materiais ou dispositivos, que mudam dramaticamente o conceito dos sistemas. Por exemplo, no modo atual de transmissão de telecomunicação, há uma série de chaves, servidores, subservidores etc. no caminho do sinal até o aparelho final, pois o comprimento do fio de cobre é limitado. Se há um problema, é muito difícil consertá-lo. Quando se usa a fibra de plástico, só precisamos de um servidor principal. A partir deste, ela pode distribuir a transmissão a qualquer dispositivo. Chamamos isso de sistema de rede centralizado. Ele só foi possível graças ao advento da Gipof. Assim, a função do material mudou o conceito do sistema. Geralmente, a inovação se origina da ciência de materiais.

### **O senhor defende que a tecnologia não deve ser apenas útil à sociedade.**

#### **Que outra função ela deve ter?**

A tecnologia deveria ser apenas uma ferramenta, que viesse a nós, e não o contrário. Em outras palavras, ela deveria nos aproximar, nos fazer retornar a uma comunicação cara a cara. Atualmente, está ocorrendo o oposto. Por exemplo, em vez de aproveitar o tempo que têm comigo pessoalmente, meus estudantes me dizem que irão mandar uma mensagem eletrônica para eu ler. Não gosto disso, por isso trabalho com a questão da transmissão de alta velocidade. Dependendo da qualidade do sinal da TV e do telefone, é possível fazer uma entrevista ao vivo, em tempo real, entre o Japão e o Brasil. Eu mesmo já dei aulas em um programa de ensino a distância para alunos de escolas primárias de Keio,

no Japão, e ainda me lembro dos estudantes fazendo perguntas como se estivéssemos na mesma sala, embora a escola estivesse em outra cidade. Meu outro objetivo é facilitar a vida das pessoas. Se um idoso acordar no meio da noite com um problema de saúde, você acha que ele vai conseguir ligar um computador e digitar em um teclado? Provavelmente não, mas se ele tiver apenas que pressionar um botão na TV, que então o conectará, via fibra óptica de plástico, a um hospital, e falar cara a cara com o médico, tudo ficará mais fácil.

### **O senhor acha que outros profissionais pensam da mesma maneira?**

Cientistas e engenheiros tendem a pensar mais na tecnologia em si, negligenciando a relação entre ela e as pessoas. Tenho 52 anos e estou feliz com o meu trabalho, mas também me encontro em um estágio em que me pergunto o porquê da tecnologia. Acho que seu objetivo é contribuir para a sociedade.

#### **Esse é o tema que norteia o seu projeto atual?**

Sim, o projeto Cidade GigaHouse, realizado pela Universidade de Keio, em colaboração com 15 empresas de diversos setores tecnológicos, investe na pesquisa e desenvolvimento de fibras ópticas de plástico para transmissões de alta velocidade, de modo a permitir que elas sejam instaladas em redes locais, aquelas usadas em casas e escritórios. Com isso, poderemos ter todas as aplicações que requerem taxas de transferência de gigabit/segundo ao alcance da população. ■

# Golfinhos têm nome próprio?

Estudo sugere que um tipo especial de assobio emitido por golfinhos-nariz-de-garrafa funcionaria como uma ‘assinatura sonora’, uma espécie de ‘nome próprio’, identificando a posição e a identidade de cada membro do bando. Caso esses resultados sejam confirmados, isso demonstraria que esses mamíferos aquáticos têm uma capacidade cognitiva tradicionalmente associada somente aos seres humanos: a de atribuir sinais sonoros para designar diferentes indivíduos. O artigo foi publicado em *Proceedings of the National Academy of Sciences* (vol. 103, n. 21, pp. 8.293-8.297, 2006).

HTTP://SWFSC.NMFS.NOAA.GOV

**O**s seres humanos são capazes de emitir e compreender uma quantidade imensa de sinais sonoros, que podem ser aprendidos e modificados para dar origem a diferentes línguas e dialetos. Somos capazes, por exemplo, de prestar atenção a uma conversa em particular em meio ao burburinho de uma festa. Ou então de compreender nosso nome quando ele é falado por pessoas com tons de voz bem diferentes.

Um artigo recentemente publicado sobre o comportamento de golfinhos-nariz-de-garrafa (*Tursiops truncatus*) parece indicar que esses mamíferos aquáticos também identificam o som produzido por diferentes indivíduos de seu bando, independentemente da amplitude do sinal sonoro. Embora isso não signifique necessariamente que golfinhos tenham uma linguagem gramatical, como a dos seres humanos, esse trabalho representa um passo a mais para uma maior compreensão da capacidade comunicativa desses cetáceos.

Já se sabia que golfinhos eram capazes de produzir uma grande variedade de sons. Alguns desses sons, chamados ‘cliques’, são usados para produzir ecos em objetos submersos (da mesma forma que um ‘sonar’), permitindo que esses cetáceos cacem em águas com pouca ou nenhuma visibilidade. Outros sons são usados pelos golfinhos preferencialmente em interações sociais dentro do bando.

Estudos já haviam demonstrado, por exemplo, que, quando os golfinhos de um bando se afastam muito uns dos outros, eles come-

çam a emitir um tipo especial de ‘assobio’, e que cada golfinho tem um tipo individual de assobio empregado nessas situações. A partir dessas observações, foi levantada a hipótese de que esses assobios funcionariam como uma ‘assinatura sonora’, uma espécie de ‘nome próprio’, identificando a posição e a identidade de cada membro do bando.

Essa idéia foi reforçada quando golfinhos na natureza foram colocados entre dois alto-falantes submersos emitindo gravações de dois assobios diferentes. Uma das gravações provinha de um parente próximo (mãe ou filho do golfinho que ouvia a gravação), enquanto o segundo alto-falante emitia o assobio de um outro golfinho do mesmo bando, porém sem parentesco próximo. Observou-se então que os golfinhos direcionavam sua cabeça, com maior frequência, na direção do alto-falante que emitia a gravação de um parente próximo. ▶



Após a publicação desse trabalho, em 1999, o mesmo grupo de pesquisa voltou a campo – no caso, uma baía na Flórida (Estados Unidos), onde um grupo de golfinhos selvagens vem sendo estudado continuamente há anos – para tentar realizar experimentos ainda mais sofisticados. Nesse novo experimento, publicado recentemente, os golfinhos ouviram gravações que haviam sido filtradas digitalmente para se tornarem mais semelhantes entre si. Os sons dos assobios produzidos por diversos golfinhos foram processados por um computador, de forma que a amplitude (a ‘altura’) do som fosse igual em todas as gravações, enquanto a variação de frequência (o ‘tom’) mantinha as características originais.

Mesmo com essas transformações na gravação original, a maior parte dos golfinhos testados continuou a virar a cabeça com mais frequência na direção do alto-falante que emitia o som gerado a partir do som de um(a) filho(a) ou da mãe.

Esses novos resultados reforçam a idéia de que os assobios funcionam como sinais que permitem aos indivíduos de um bando se reconhecer, mesmo em situações de baixa visibilidade. Os autores do trabalho também sugerem que o fato de os golfinhos reconhecerem os assobios mesmo quando sua amplitude foi digitalmente modificada é uma característica adaptativa útil para esses mamíferos marinhos, pois as mudanças de pressão em seus mergulhos produziam distorções na amplitude dos assobios. Essas distorções poderiam prejudicar a comunicação entre o bando, caso essa capacidade de discriminação não fosse independente da amplitude.

Se esses assobios forem equivalentes a ‘nomes próprios’, como esses estudos parecem sugerir, os golfinhos-nariz-de-garrafa (*Tursiops truncatus*) teriam então

uma capacidade cognitiva tradicionalmente associada somente aos seres humanos: a de atribuir sinais sonoros para designar diferentes indivíduos.

Outros estudos – alguns deles com o boto-tucuxi (*Sotalia fluviatilis*), espécie de golfinho típica de rios e estuários brasileiros – também indicam que os assobios de reconhecimento variam geograficamente entre grupos de golfinhos, e que golfinhos-nariz-de-garrafa às vezes imitam o assobio característico de outros indivíduos do bando. Além disso, trabalhos sobre o desenvolvimento dos jovens golfinhos dessa espécie documentaram que esse assobio parece ser aprendido pelo golfinho jovem a partir da imitação do som de golfinhos do mesmo bando, mas que não pertencem ao seu grupo familiar próximo. Essa imitação depois é modificada pelo jovem para produzir um padrão único de assobio.

Trata-se, portanto, de evidências fortes de que os assobios de reconhecimento apresentam um componente cultural em sua gênese e sua transmissão entre indivíduos. Até o presente, contudo, não se conseguiu demonstrar que animais na natureza conseguem utilizar sinais sonoros equivalentes a ‘verbos’ para designar ações que relacionem sujeitos e objetos, um dos aspectos fundamentais das estruturas linguísticas humanas.

Talvez essa seja, quem sabe, uma característica única de nossa espécie. Futuros estudos sobre a estrutura social e comunicativa dos golfinhos irão ajudar a esclarecer essa e outras questões.

**Luiz Carlos Serramo Lopez**

Departamento de Ecologia,  
Universidade Federal  
do Rio de Janeiro

BIOLOGIA

**BACTÉRIAS DA MOSCA-DA-FRUTA**

A bactéria *Wolbachia* é conhecida por infectar insetos e alguns pequenos parasitas. Porém, não era muito claro o mecanismo de transmissão desse microrganismo, nesses animais, de mães para filhos. O biólogo brasileiro Horacio Frydman, atualmente na Universidade Princeton (Estados Unidos), acabou de oferecer uma resposta.

Ao estudar a mosca-da-fruta, Frydman percebeu um padrão estranho próximo ao ovário do inseto. Com a ajuda de um microscópio eletrônico, desvendou o mistério: era um foco de infecção causado pela *Wolbachia*. Com um pouco mais de observação, notou que a bactéria habitava a região onde os óvulos da mosca iniciam seu desenvolvimento.

Frydman, ao observar o desenvolvimento de embriões da mosca-da-fruta, percebeu que a *Wolbachia* não infectava o interior das células que dariam origem a várias partes do embrião (ou seja, as chamadas células-tronco), mas sim um nicho estrategicamente posicionado no exterior delas, ambiente responsável por fazer com que elas se diferenciem nos vários tecidos que formarão o novo inseto.

Segundo o biólogo brasileiro, essa localização facilita a transmissão da bactéria das mães para os filhos, bem como a própria multiplicação da *Wolbachia*, determinando o sucesso de adaptação do parasita nos últimos milhões de anos. O trabalho ajuda a entender melhor as interações moleculares entre parasitas e hospedeiros e pode ajudar a desenvolver táticas de controle de vetores de doenças, como os mosquitos da dengue e da malária.

*Nature*, 25/05/06



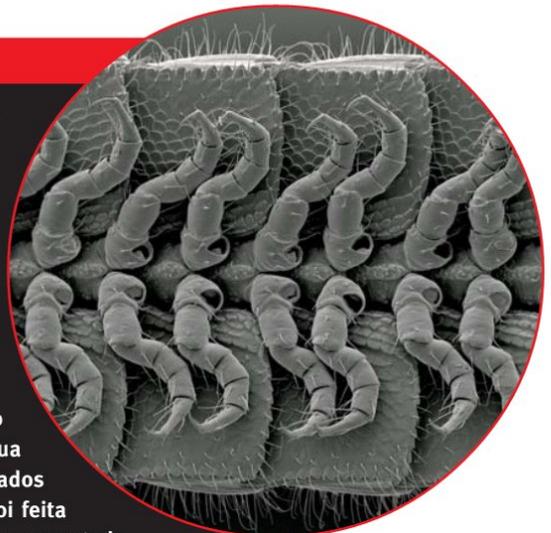
Ovo da vespa *Trichogramma kaykai* infectado com a bactéria *Wolbachia*, mostrada como diminutos pontos brancos na imagem

MERIN SALVEDA AND RICHARD STOUTHAMER / NSF

## EM FOCO

**QUASE MIL PERNAS** • Na língua inglesa, eles são chamados *millipede* (algo como 'mil pés'). Em português, há também a denominação milípede, com o mesmo sentido, mas essas criaturas são mais conhecidas por uma designação mais modesta (e realista): centopéias (cem patas). O fato é que só agora foi de novo apresentada ao mundo uma espécie desse artrópode que faz jus ao nome em inglês: o *Illacme plenipes* chega a ter 750 patas, um recorde entre as cerca de 10 mil espécies conhecidas de centopéias. Essa quantidade de pés se distribui em um corpo com cerca de 3 cm de comprimento e 0,5 mm de largura (figura). O *I. plenipes* estava desaparecido havia exatos 80 anos, desde que foi identificado em 1926. Sua redescoberta se deu em San Benito County, na Califórnia (Estados Unidos). Sua nova descrição, mais minuciosa que a anterior, foi feita por Paul Marek e Jason Bond, da Universidade Carolina do Leste, no estado

da Carolina do Norte. As três fêmeas descritas na breve comunicação tinham entre 662 e 666 patas, enquanto os quatro machos adultos (cerca de 15 mm de comprimento) ficaram com algo entre 318 e 402. Como os cinco 'jovens' descritos tinham ainda menos patas que os adultos, acredita-se que a espécie vá adicionando pés mesmo depois da maturidade sexual. As centopéias (ou lacraias, em algumas regiões do Brasil) são um dos animais terrestres mais primitivos. O destaque mostra uma imagem de microscopia eletrônica das patas da *I. plenipes*.  
*Nature*, 08/06/06



CRÉDITO: PAUL MAREK/JASON BOND / EAST CAROLINA UNIVERSITY

## ZOOLOGIA

## NOVO GÊNERO DE MACACO

No ano passado, a descrição do *Lophocebus kipunji* foi recebida com entusiasmo pela mídia e por especialistas. Afinal, descrever uma nova espécie de primata é sempre um feito científico. Os autores não imaginavam que o achado lhes reservava uma surpresa ainda melhor: esse macaco do sudeste da Tanzânia é, na verdade, um novo gênero – o primeiro caso em 83 anos.

A reviravolta obrigou a troca de nome científico: o *L. kipunji* tornou-se *Rungwecebus kipunji* (o gênero é uma referência ao principal habitat, o monte Rungwe; a espécie, ao nome com que ele é conhecido pelos locais).

Com um topete à Elvis Presley, pelagem entre o cinza e o marrom, bem como detalhes brancos na barriga e ponta da cauda, o rebatizado *R. kipunji* passou a ser classificado como o 'primo' mais próximo dos babuínos do gênero *Papio*.

Os descobridores listam algumas das razões para esse novo primata ter permanecido desconhecido da ciência por tanto tempo: ele é tímido; permanece a maioria do tempo no topo das árvores e raramente vem ao chão; a região que habita é pouco freqüentada por estrangeiros.

Os autores alertam que o *R. kipunji* já se encontra ameaçado pela exploração de madeira e pela caça. Estima-se que sua população seja algo em torno de mil espécimes, apenas. O exemplar analisado para a reclassificação morreu depois de ser capturado por uma armadilha colocada por fazendeiros locais, pois o *R. kipunji* costuma atacar as plantações para se alimentar.

*Science*, 12/05/06



Macho adulto de *R. kipunji*

TIM DAVENPORT / WCS

MEDICINA HIV surgiu a partir de chimpanzés do sudeste de Camarões

## ORIGEM DO VÍRUS DA AIDS

Um grupo internacional de pesquisadores afirma, com base em evidências genéticas, que o vírus HIV, causador da Aids, teve sua origem em chimpanzés selvagens no sudeste de Camarões (África). Um tipo de vírus símio parece ter sido a fonte inicial.

Já se acreditava que o HIV teria se desenvolvido a partir de um vírus símio transmitido supostamente a caçadores por volta de 1930, quando surgiram os primeiros casos da doença, em Kinshasa, na República Democrática do Congo. Mas um fato intrigava quem tentasse estudar essa relação:

exames de sangue em animais mantidos em cativeiro nem sempre indicavam a presença do SIVcpz (sigla, em inglês, para vírus

da imunodeficiência símia dos chimpanzés).

Para driblar a impossibilidade de coletar sangue de populações selvagens, a estratégia da equipe, formada por europeus, norte-americanos e camaroneses, foi recolher fezes (quase 600 amostras no total) da subespécie de chimpanzé *Pan troglodytes troglodytes* em vários pontos das florestas camaronesas. Com esse material, traçou-se o perfil genético do SIVcpz, com base em anticorpos e ácidos nucleicos presentes no material.

### M, de mortal

A relação genética entre o SIVcpz e o HIV foi classificada como “muito próxima”. A partir das análises, foi possível deduzir não só que os três grupos de HIV identificados até hoje (HIV-1 M, HIV-1 N e HIV-1 O) têm sua origem nesse tipo de vírus símio, mas também que eles foram transmitidos de modo independente. Dos três, o ‘M’ se tornou o responsável pela pandemia mundial. O do grupo ‘N’ (não pandêmico) permanece confinado a Camarões, segundo os autores. A fonte primária do ‘O’, no entanto, permanece misteriosa. Os pesquisadores também não descartam a possibilidade de haver outras



Mãe e filhote chimpanzés no Parque Nacional de Gombe (Tanzânia). Ela é SIV positivo

MIKE WILSON

## ROBÓTICA

### MÃOS COM TOQUE HUMANO

Um dos grandes desafios da robótica avançada acabou de ser vencido: um sensor foi capaz de sentir texturas com a mesma sutileza tátil das pontas dos dedos humanos. O novo artefato poderá servir de ponto de partida para o desenvolvimento de equipamentos que permitam aos médicos realizar cirurgias que precisem ser minimamente invasivas.

A invenção é basicamente formada por filmes especiais (dielétricos) intercalados com camadas de folhas finíssimas de ouro e de nanopartículas de um sal (sulfeto

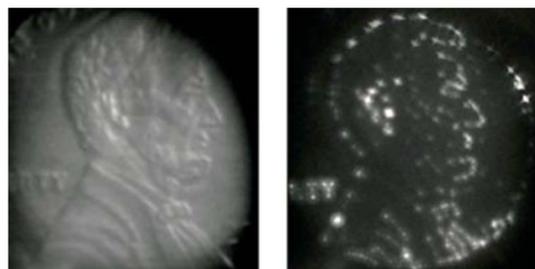
de cádmio). Quando o artefato, que é flexível, é submetido a pressão, um fenômeno físico (eletroluminescência) faz com que ele emita luz (cuja intensidade é proporcional à força aplicada). Câmeras captam os raios luminosos emitidos.

Os autores, Ravi Saraf e Vivek Maheshwari, ambos da Universidade de Nebraska (Estados Unidos), testaram a sensibilidade da ‘mão robótica’ com uma moeda de um centavo de dólar. O equipamento foi capaz de revelar as rugas da roupa do presidente Lincoln, bem como as duas letras finais da palavra *Liberty* (Liberdade), como mostram as figuras ao lado.

O próximo passo, segundo eles, será acrescentar à invenção a ‘sensação’ de temperatura, para imitar por completo a mão humana.

Até agora, a resolução de equipamentos semelhantes era da ordem de milímetros. O novo invento, segundo os autores, chega à casa de 40 micrômetros (cerca de metade do diâmetro de um fio de cabelo), sensibilidade equivalente à das pontas dos dedos humanos.

*Science*, 09/06/06



SCIENCE / V. MAHESHWARI E R. SARAF / UNIVERSIDADE DE NEBRASKA



A parte em destaque do mapa (colorida) corresponde ao local onde vive a subespécie *Pan troglodytes troglodytes*

linhagens de SIVcpz que possam infectar humanos.

Os pesquisadores mostraram que, em alguns grupos, até 35% dos chimpanzés eram portadores do SIVcpz. Os cientistas estão agora investigando: i) se as diferenças genéticas entre o SIVcpz e o HIV ocorreram em função desse 'salto' entre espécies; ii) por que os chimpanzés não apresentam nenhum sintoma semelhante à Aids.

Esses resultados foram recebidos com entusiasmo por especialistas e deverão ajudar a orientar os trabalhos para o desenvolvimento de uma vacina contra a Aids.

*Science*, 26/05/06

**GARDÊNIA E DIABETES** • A ciência provou o que a tradicional medicina chinesa já sabia: o extrato do fruto da gardênia é eficaz para tratar os sintomas do diabetes tipo 2, doença causada pela deficiência de produção e/ou de ação do hormônio insulina no organismo, o que leva ao aumento das taxas de açúcares no sangue, entre outras complicações decorrentes desse quadro. A proteína genipina, presente no fruto da *Gardenia jasminoides* (arbusto que atinge cerca de 2 m de altura e é famoso pela beleza de suas flores), foi capaz, em testes com camundongos, de bloquear a ação da UCP2, uma enzima que, em alta concentração, inibe a secreção de insulina pelas células beta do pâncreas, onde o hormônio é produzido. Nos testes, derivados da genipina também se mostraram eficazes, o que aumenta as esperanças de que novas drogas com base nessa proteína sejam desenvolvidas para uso terapêutico. No entanto, os autores alertam que, antes disso, ainda será necessário verificar se a inibição da UCP2 tem algum efeito colateral para o organismo. (*Cell Metabolism*, 07/06/06)



## SINTONIA FINA

**No último dia 08 de junho, foi aprovada pela FDA** (órgão que regulamenta medicamentos e alimentos nos Estados Unidos) a primeira vacina contra o câncer de colo de útero. Segundo o fabricante, a empresa Merck, o medicamento, testado em cerca de 30 mil mulheres (3 mil delas no Brasil), de 33 países, é eficaz contra quatro cepas do agente causador da doença, o papilomavírus humano (HPV). Duas dessas cepas são responsáveis por cerca de 70% do câncer de colo uterino (a vacina, portanto, não tem 100% de eficácia na prevenção); as outras duas, por 90% das verrugas genitais. A vacina é preventiva: não protege quem já tenha sido infectado e não faz regredir a doença. Por ano, cerca de meio milhão de mulheres no mundo desenvolvem câncer de colo de útero. Um inconveniente é que a vacina – também recém-aprovada no México – deverá custar cerca de US\$ 120 (cerca de R\$ 260) a dose. Recomendam-se três doses ao longo de seis meses. Até o fechamento desta edição, o Comitê Assessor para Imunização, dos Estados Unidos, não havia ainda se reunido para definir se crianças em idade escolar (a partir de nove anos de idade) deveriam ou não receber a nova vacina. Espera-se que, qualquer que seja a decisão, haja polêmica, dividindo a opinião pública. Outra empresa, a Glaxo-Smith Kline, entrou com pedido de aprovação de vacina semelhante na Europa, na América Latina e em países da Ásia e promete, até o final do ano, submeter pedido semelhante nos Estados Unidos. No Brasil, onde a doença mata cerca de 7 mil mulheres por ano, a vacina pode ser aprovada ainda este ano.

**Está mais do que comprovado que fumar cigarros** aumenta (muito) o risco de câncer de pulmão. E quanto à maconha? Com base em um paralelismo lógico, porém sem comprovação experimental, disseminou-se que essa droga também elevava o risco da doença. No entanto, uma pesquisa mostrou que essa relação não tem fundamento (ou, se tem, o risco é mínimo). O estudo envolveu cerca de 1,2 mil portadores de câncer de pulmão, de cabeça e de pescoço, tipos comuns da doença entre tabagistas. Outros mil indivíduos sadios foram usados como grupo-controle. Entre os consumidores de maconha, havia aqueles que avaliaram ter fumado cerca de 22 mil 'baseados' ao longo da vida. Parece muito, mas um tabagista que consuma 40 cigarros por dia (dois maços) terá fumado, ao final de 20 anos, cerca de 290 mil cigarros, ou seja, 13 vezes mais. Para um especialista que comentou os resultados, essa diferença marcante é uma possível explicação. Os autores alertam, no entanto, que a maconha tem outros efeitos maléficos para a saúde, como deprimir o sistema imune e aumentar o risco de pneumonia. Os resultados foram apresentados na última Conferência Internacional da Sociedade Torácica Norte-americana, em San Diego, no estado norte-americano da Califórnia.

NEUROLOGIA

**CÉREBRO HOMOSSEXUAL**

A base neural para a homossexualidade parece ser diferente nos homens e nas mulheres, como mostrou um experimento realizado com compostos que desempenham um papel semelhante ao de uma 'molécula do amor'. Feromônios são moléculas de aroma empregadas por muitos animais para atrair os parceiros para o acasalamento, pois excitam os centros cerebrais relacionados com a atração sexual. Em humanos, o papel dos feromônios ainda não é claro. Uma razão para essa dúvida é o fato de a região associada à atração sexual (a parte frontal do hipotálamo) não estar ligada ao nariz. Mas há dois candidatos a feromônios nos humanos: AND, uma forma modificada de testosterona e presente no suor dos homens, e EST, semelhante ao estrógeno e detectada na urina das mulheres.

Ivanka Savic Berglund, do Instituto Karolinksa (Suécia), já havia mostrado que o fluxo sanguíneo no cérebro de homens homossexuais, quando analisado por um tipo especial de tomografia, mostrava os mesmos padrões que os das mulheres heterossexuais, quando esses dois grupos eram submetidos a baforadas de AND. Dessa vez, ela e sua

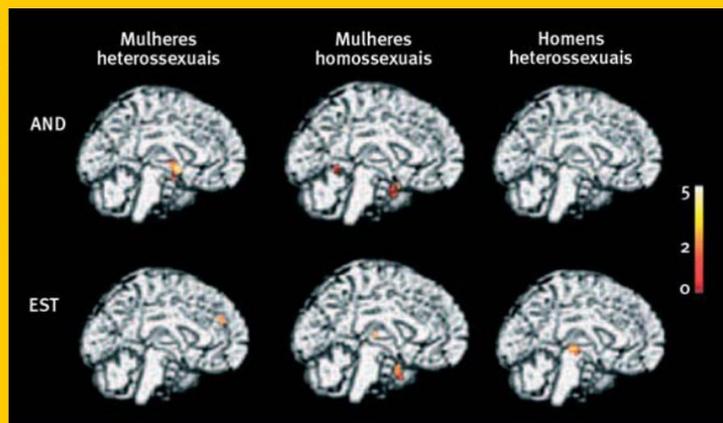
equipe resolveram investigar a resposta cerebral de 12 lésbicas ao EST.

De forma similar aos heterossexuais masculinos, o cérebro das lésbicas estudadas respondeu ao EST, mas não ao AND. Mas aí veio a surpresa dos resultados: os padrões cerebrais das respostas foram diferentes entre homens e mulheres homossexuais. Ou seja, enquanto homens homossexuais e mulheres heterossexuais apresentaram, no estudo anterior, os mesmos fluxos de sangue no cérebro em resposta ao AND, as imagens tomográficas das mulheres homossexuais e dos homens heterossexuais submetidos ao EST eram ligeiramente diferentes.

Segundo a líder da equipe, essa discrepância pode indicar que os supostos mecanismos neurais da homossexualidade não funcionam do mesmo modo em homens e mulheres. O trabalho foi bem recebido por outros especialistas. Segundo eles, esses resultados talvez ajudem a dissipar as dúvidas sobre se a relação entre preferência sexual e resposta cerebral já se encontra estabelecida nesse órgão ou é influenciada pelo meio.

*Proceedings of the National Academy of Sciences, 17/05/06*

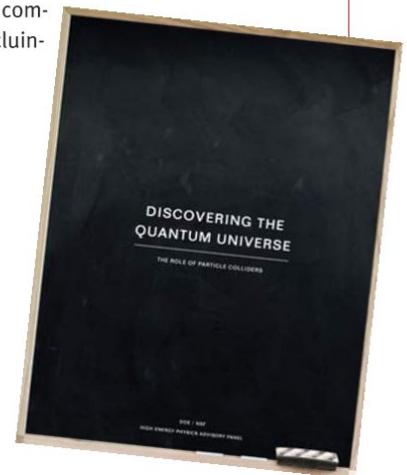
BERGLUND, H., LINSTRÖM, P. E. SAVIC, I. / PNAS



Imagens tomográficas dos cérebros de mulheres heterossexuais, mulheres homossexuais e homens heterossexuais em resposta à inalação dos compostos AND e EST

**SINTONIA FINA**

Se o leitor tiver interesse por física e algum domínio da língua inglesa, vai a sugestão de mais uma publicação interessante (e gratuita) do Hepap (Comitê Assessor de Física de Altas Energias): *Descobrimo o universo quântico – o papel dos aceleradores* (*Discovering the quantum universe – the role of colliders*). A idéia desse texto é explicar alguns dos temas mais quentes da física de partículas deste início de século, sempre em linguagem simples e acessível para não-especialistas. Visitando o sítio <http://interactions.org/quantumuniverse/>, vale a pena também dar uma olhada no primeiro livreto da série, *Universo quântico – a revolução na física de partículas do século 21* (*Quantum universe – the revolution in 21th century particle physics*), de 2004, igualmente bem feito. Caso o leitor tenha pressa em consultar o material, há a opção de baixar os arquivos em formato PDF. Para receber gratuitamente pelo correio cópias dos livretos, basta enviar pedido (em inglês) para [treend@fnal.gov](mailto:treend@fnal.gov), com nome e endereço completo (incluindo país).



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

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

# Pela hora da morte

**Franklin Rumjanek**

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



**F**uzilamento, garrote, enforcamento, decapitação, cadeira elétrica, tiro na nuca, câmara de gás e injeção letal. Esses têm sido, nos países que adotam a pena de morte, os métodos mais comuns de execução aplicados pelo Estado aos criminosos julgados irrecuperáveis. A grande variedade de métodos talvez reflita uma busca constante para a solução de um problema paradoxal. Como punir de forma humana?

No passado, essa dicotomia não existia. A preocupação com o aspecto humano da execução era secundária diante de seu cunho educativo. Era então importante mostrar à sociedade um exemplo vívido do que poderia ocorrer a qualquer pessoa que desafiasse as leis. As execuções, por isso, exibiam um caráter mais espetaculoso. Nada saltava mais à vista do que uma grande fogueira consumindo hereges, ou um monarca sendo decapitado em praça pública. Atualmente, no entanto, a pena de morte é conduzida de maneira discreta, nos espaços labirínticos das penitenciárias. Procura-se – ao contrário de antes – atrair o mínimo de atenção.

Por que essa mudança? O que transparece é que no mundo de hoje, que se preocupa com a correção política, uma execução de certo modo constrange as autoridades. Mesmo constituindo uma resposta à sociedade, uma execução simboliza a derrota da civilização. É uma declaração do Estado de que abdica da educação humanista e adota uma postura de vingança quase bíblica. Assim, já que há uma perda no quesito da atitude liberal, tenta-se ao menos compensar a aparente barbárie cumprindo a tarefa em um ambiente estéril e com o mínimo de desconforto para o condenado. Essa intenção, porém, esbarra no fato de que os métodos de execução, embora supostamente tenham sido aperfeiçoados, estão longe de ser eficientes e não agradam sequer aos que os aplicam.

A cadeira elétrica é um exemplo. Muitos foram os casos em que os condenados praticamente se incendiaram com as descargas elétricas. Além disso, nem sempre estas eram letais nas primeiras tentativas. Da mesma forma, a morte na câmara de gás era por vezes demorada, sujeitando os condenados a uma prolongada sensação de asfi-

xia. Em resposta às críticas crescentes, foi desenvolvida a técnica de morte por injeção letal, utilizada nos Estados Unidos já há mais de 30 anos. Nessa modalidade, o prisioneiro recebe em seqüência injeções de um anestésico que – em tese – cessa todos os processos mentais, de uma substância que paralisa os músculos e, finalmente, de cloreto de potássio, que pára o coração. Parecia a melhor solução.

No entanto, um artigo recente, publicado na revista médica *The Lancet* (Koniaris e outros, v. 365, p. 1.412, 2005), relatou que até 43% dos prisioneiros podem ter permanecido conscientes até o momento da morte. Isso

---

## Não há como matar outro indivíduo de forma humana ou ética. O verdadeiro conflito é: adotar ou não a pena de morte

se deve ao fato de as doses prescritas no sistema de injeções não levarem em conta variações individuais importantes (como, por exemplo, a massa corporal dos condenados) e outros parâmetros relevantes. A situação se agrava porque, em geral, a execução é conduzida por técnicos com pouco ou nenhum treinamento médico, que se sentem incapazes de adequar caso a caso a melhor receita para minimizar o sofrimento dos condenados. Os próprios médicos, por razões óbvias de natureza ética, relutam em ajudar a resolver o problema. As opções colocadas à comunidade médica, nesse caso, são a de apoiar um processo que nitidamente se opõe ao juramento hipocrático ou a de permitir que uma morte cruel tenha o endosso da classe.

Por tudo isso, a questão da ‘morte digna’ está sendo revista atualmente nos países que aplicam a pena capital. Essa missão, porém, está fadada ao insucesso, pois trata-se de uma contradição. Não há como matar outro indivíduo de forma humana ou ética. O verdadeiro conflito é: adotar ou não a pena de morte. Desde o advento das técnicas de identificação por DNA, os anais da Justiça estão repletos de situações nas quais indivíduos inocentes seriam ou foram executados. Por mais hediondo que tenha sido um crime, a saída mais prudente é evitar que, sob a chancela do Estado, se inclua na lei o assassinato. ■

*Preocupados com a crescente especialização de suas disciplinas, alguns cientistas vêm procurando um antídoto para o retalhamento do mundo real causado por essa situação. Esse antídoto é a interdisciplinaridade, isto é, o incentivo a uma maior comunicação entre os saberes compartimentados, para que a unidade e as interações do todo voltem a ser respeitadas como um princípio metodológico. O texto a seguir propõe que, em vez de costurar os retalhos já existentes, modifiquemos nosso olhar a respeito da natureza que nos criou e até hoje nos sustém, reaprendendo que seus limites são, também, a fonte de suas e de nossas possibilidades de ser.*

**Mônica Cavalcanti Lepri**  
Instituto de Estudos da Religião (ISER)

# SEMEANDO

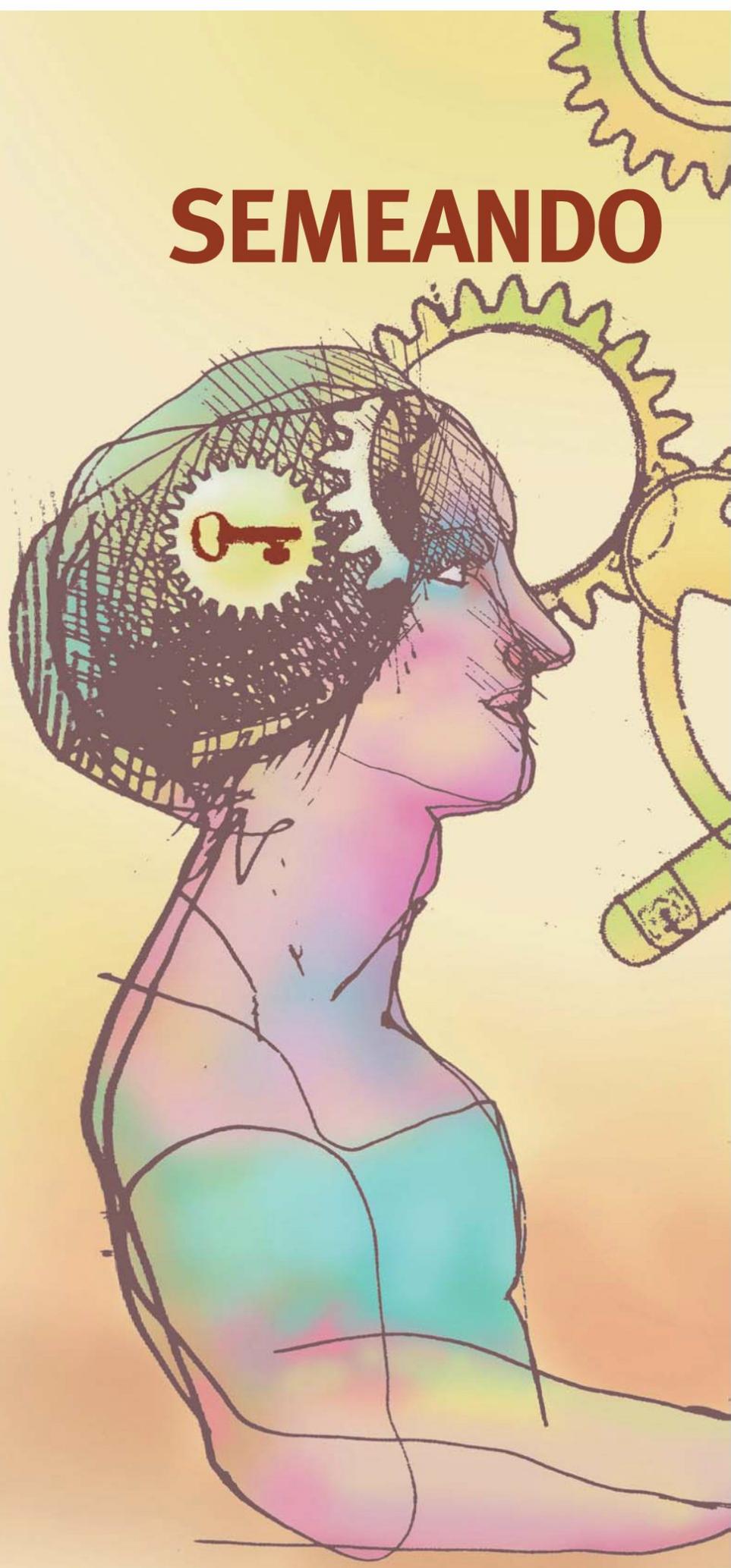


ILUSTRAÇÃO ALVIM

# INTERDISCIPLINARIDADE

## As 'idéias-vivas' de Gregory Bateson



**Os cientistas brasileiros** foram convidados a “semear interdisciplinaridade” pela Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) – esse é o tema geral da 58ª Reunião Anual da entidade, que acontece este mês, em Florianópolis (SC). Que tipo de frutos, porém, podemos esperar colher e saborear a partir dessa sementeira? Será que nossas idéias científicas também têm uma ecologia, como as experientes sementes dos vegetais e os animais engendrados antes de nós pela história natural? Será que, assim como existe uma ecologia das plantas úteis e das daninhas, há uma ecologia das idéias boas e das danosas? Como então assegurar que os desejados e necessários cruzamentos entre leis, teorias e hipóteses das diversas disciplinas gerem uma prole saudável e fértil? Como evitar que nós, solitários seres racionais, semeemos idéias que conduzam nossa espécie a becos evolutivos sem saída, por serem inadaptáveis do ponto de vista mais amplo da natureza que nos criou e sustém e intoleráveis do ponto de vista de nossa própria natureza humana? ▶

Nos artigos principais de sua edição de nº 224 (de março último), *Ciência Hoje* investigou o que chamou de ‘O fim do mundo’, ou seja, a interação entre mudanças climáticas (objeto das ciências físicas), epidemias (ciências naturais) e genocídios (ciências humanas). A partir desses artigos, é chegado o momento de reavaliar a célebre afirmação do legislador, político e filósofo inglês Francis Bacon (1561-1626), contemporâneo do bisavô do bisavô do bisavô de meu bisavô, e um entusiasta do revolucionário – em sua época – modo de pensar científico moderno: “Saber é poder”.

Em seu momento histórico, Bacon estava correto em exaltar as possibilidades que a ciência moderna prometia: o avô do avô de seu avô fora um perplexo sobrevivente da Peste Negra que, na segunda metade do século 14, matou um de cada quatro europeus ocidentais. Mas nenhum de nós, contemporâneos, pode mais negar que a ciência, se conseguiu decifrar a mecânica das pestes, ao mesmo tempo as multiplicou silenciosa e inconscientemente. Tanto que, hoje, é exatamente o poder que nosso saber científico põe à disposição da sociedade que ameaça a existência de nossos netos.

*“Quebre o ‘padrão que liga’ os itens do aprendizado e você necessariamente destrói toda a qualidade.”*

Gregory Bateson

Contar a passagem do tempo não por abstratos séculos, mas por pares de avôs e netos de carne e osso, ajuda a recolocar nossas descobertas científicas em uma dimensão mais próxima da nossa fragilidade. Fragilidade do ‘húmus que sabe que sabe’, tradução com licença poética do pomposo *Homo sapiens sapiens* que nomeia a nossa espécie. E aqui tocamos a questão central deste artigo: a poesia e a arte em geral seriam apenas um recurso narrativo de que lançamos mão na tentativa de embelezar nossos (tantas vezes) áridos textos? Algo que está fora do universo científico, uma espécie de papel de embrulho bonito e sofisticado, logo descartado, ‘pois o que importa é o conteúdo’? Ou as questões de beleza (e feiúra) são intrínsecas ao ‘fazer-ciência’ e ao cientista?

O cartaz de convocação da reunião da SBPC em Florianópolis (figura 1) reforça essa percepção: será que o fértil, espinhoso, por vezes banalizado, mas imprescindível tema da interdisciplinaridade é algo mais bem representado quando se dá à poesia ‘licença’ de se fazer presente? Por que a ciência recorre à arte ao enfrentar uma questão que parece ter a ver com a própria identidade de cada um de nós, cientistas modernos?

Gregory Bateson (1904-1980) – biólogo e antropólogo inglês cujas ‘idéias-vivas’ podem nos ajudar na busca de uma epistemologia capaz de apreender essa ecologia que rege os frutos de nossos cruzamentos entre disciplinas – teria aprovado a forma estética da convocação da reunião deste ano. Em sua *Última conferência*, ele nos fala sobre a proposta dessa nova epistemologia – desse novo modo de ver, ou conhecer, o mundo e do novo mundo capaz de ser visto apenas se assumirmos um olhar menos compartimentado – e a qualifica de ‘biológica’, já que, para ele, ‘idéias’ e ‘poesias’ são tão naturais quanto o metabolismo dos seres que as produzem.

No livro *Mente e natureza: a unidade necessária*, Bateson relata que reconheceu no outro lado do espelho, lá na ‘natureza’, não só sua ganância, sua determinação, seu assim chamado ‘animal’. Na natureza, ele também viu as raízes da simetria humana, da beleza e feiúra, da vivacidade e sabedoria que nos alentam: nosso encanto corporal e nosso hábito de fazer objetos bonitos são tão ‘animais’ quanto nossa crueldade. No entanto, como professor nas universidades de Cambridge (Inglaterra), Sidney (Austrália) e Harvard, Stanford, Santa

Figura 1. No cartaz oficial da 58ª Reunião Anual da SBPC, a ciência recorre à poesia para abordar a questão atual da interdisciplinaridade



Cruz, Flórida e Havaí (todas nos Estados Unidos), Bateson descobriu que os alunos treinados na epistemologia científica moderna tinham grande dificuldade de desenvolver as habilidades necessárias a esse novo modo de ‘olhar-e-ver’ o mundo natural.

Um exemplo é a teoria da evolução. Guiada pelo pressuposto do matemático e filósofo francês René Descartes (1596-1650), que separa o corpo/máquina e a mente/espírito em reinos distintos, a versão hegemônica da teoria elaborada pelo naturalista inglês Charles Darwin (1809-1882) encara a questão da beleza do mundo vivo de uma forma que reproduz essa separação, enxergando conhecimento técnico e conhecimento estético como mapas singulares e distintos de um mesmo território. Em seu livro *A montanha de moluscos de Leonardo da Vinci*, o biólogo e paleontólogo norte-americano Stephen Jay Gould (1941-2002) sintetiza como a questão da beleza do mundo natural é tratada na epistemologia darwinista: “Darwin afirma, no prefácio de *A origem das espécies*, que os fatos da taxonomia, da embriologia, da paleontologia e da biogeografia ‘seriam suficientes para comprovar a operação da evolução’, acrescentando, porém, que não poderíamos nos dar por contentes até que ti-

véssemos explicado ‘essa perfeição da estrutura e da coadaptação que tão justificadamente desperta nossa admiração.’”

É esse ‘olhar-e-ver’ o mundo natural separado em sua unidade que nos ensinam nas universidades modernas: de um lado, o corpo/matéria/máquina, já decifrado pela ciência e passível de ser domesticado; de outro, a beleza da mente/espírito, indecifrável e inalcançável. Para Bateson, é o modo como aprendemos sobre as coisas do mundo natural que nos vela, esconde, encobre a percepção do ‘padrão que liga’ as criaturas vivas: quem não se lembra de ter aprendido que o corpo humano se divide em cabeça, tronco e membros?

Mas nós, os cientistas modernos, como as formigas da milenar história persa (ver ‘As formigas e a pena’), continuamos a fantasiar que temos o domínio completo da mecânica da vida, protegidos pela ignorância de que ela guarda um sentido e uma intenção que seria melhor não acreditar que podemos desobedecer, procurava alertar o anticartesiano Bateson. ▶



## AS FORMIGAS E A PENA



Certo dia, uma formiga que caminhava perdida sobre uma folha de papel viu uma pena que escrevia em finos e negros movimentos ritmados.

— Que maravilha! — exclamou. — Essa coisa notável possui vida própria! E faz rabiscos tão extensos e com tanta energia nesta bela superfície que chega a se igualar aos esforços de todas as formigas do mundo. Os rabiscos que faz! Parecem formigas! Não uma, mas milhões de formigas correndo juntas!

Ela repetiu suas idéias para uma companheira, que ficou interessada em sua história e elogiou seus poderes de observação e reflexão. Mas outra formiga disse:

— Aproveitando-me de seus esforços, devo admiti-lo, tenho observado esse estranho objeto e cheguei à conclusão de que ele não é o dono de seu próprio trabalho. Você falhou em observar que a pena está ligada a outros objetos que a rodeiam e conduzem. Estes devem ser considerados como a origem de seu movimento e reconhecidos como tal.

Desse modo as formigas descobriram os dedos.

Passado algum tempo, outra formiga escalou os dedos e percebeu que eles compreendiam a mão, que ela explorou total e minuciosamente, ao estilo da sua espécie. Voltou então para junto de suas companheiras e gritou-lhes:

— Formigas! Tenho importantes notícias para vocês. Aqueles pequenos objetos que rodeiam a pena fazem parte de outro muito maior. E este é que realmente dá movimento a todos eles.

Mas então as formigas descobriram que a mão estava ligada a um braço; que o braço estava ligado a um corpo; que não existia uma, e sim duas mãos; e que existiam pés, que não escreviam.

As investigações prosseguiram e, assim, as formigas puderam formar uma idéia clara da mecânica da escrita. Porém, através de seu método de investigação costumeiro, não conseguiram descobrir o sentido e a intenção do que estava escrito, nem como aquilo era, em última análise, governado.

(Idries Shah, *Caravan of Dreams*. London, Octagon Press, 1991)

*“Com o Deus-Eco não se brinca: ele não redime nossa poluição, por mais que rezemos implorando seu perdão e alegando inocência.”*

**G. Bateson**

Gregory Bateson tem outro ‘olhar-e-ver’ da questão. Em primeiro lugar, por herança familiar: seu avô e seu pai foram importantes cientistas naturais na Universidade de Cambridge, na Inglaterra, na virada do século 19 para o 20. Contrariando o espírito da época, os Bateson eram críticos severos da formulação que Darwin deu à teoria da evolução, que funcionaria como uma máquina. Mas, diferentemente dos antidarwinistas de inspiração religiosa (hoje chamados de ‘criacionistas’), eram também ateus convictos havia cinco gerações, contando com a do pequeno Greg, como Gregory era chamado (figura 2). Foi seu pai, William Bateson (1861-1926), quem usou pela primeira vez a palavra ‘genética’ no sentido que ela tem hoje, ao redescobrir para o mundo o manuscrito do agricultor, monge e cientista austríaco Gregor Mendel (1822-1884), ao qual homenageou dando seu nome ao filho caçula.

Além disso, a família Bateson tinha o hábito de cultivar e reverenciar os grandes artistas: no café da manhã, antes de partir com os filhos em expedições à cata de mariposas e besouros, William lia para eles poesias, a *Bíblia*, filósofos e historiadores, tentando evitar que crescessem como naturalistas de cabeça oca, analfabetos a respeito da longa e fértil história de sua solitária espécie.

Seguindo essa tradição familiar que aliava ciência, ateísmo e arte, o garoto Greg cresceu e viajou pelo mundo e pelas disciplinas científicas – biologia, antropologia, cibernética, psiquiatria, etologia, ecologia e, finalmente, epistemologia – buscando resolver a artificial divisão cartesiana por meio de idéias sobre a importância das questões de beleza e feiúra na longa história natural que

Figura 2. Gregory Bateson, biólogo, antropólogo e epistemólogo britânico que recoloca as questões de ‘beleza’ e ‘feiúra’ como objeto de estudo científico

nos possibilitou ser o que somos. O corpo e a mente formam, para Bateson, o corpo-mente. Assim, a nossa língua (órgão físico), tão diferente da dos outros mamíferos, “é em si mesma uma forma de comunicação”. Da mesma forma, as imagens tais quais as produzimos a partir de nossas capacidades visuais nos tornam necessariamente co-autores do mundo que enxergamos: sem a capacidade dos olhos humanos de enxergar cores, a beleza do arco-íris seria a mesma?

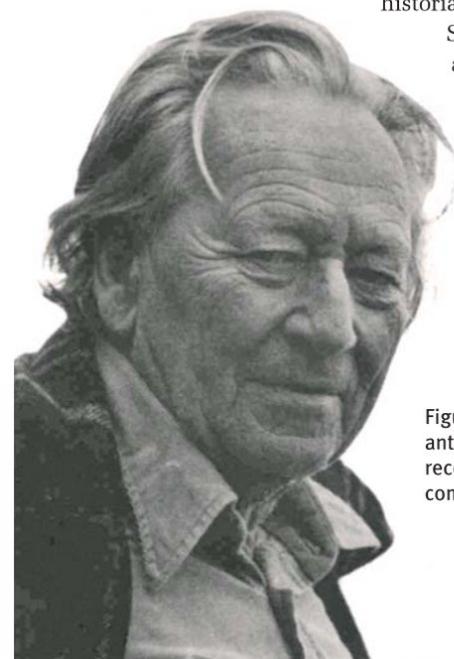
Afirmar que as criaturas vivas têm uma beleza imanente não é algo muito original, mas é revolucionário afirmar, sendo cientista, que as questões de beleza são questões reais do sistema ecológico, político e ético no qual vivemos. Bateson chama a atenção para o “terrível engano epistemológico” do cientista instrumental que trata a beleza da biosfera como uma questão ‘não-científica’. Esse engano moderno talvez seja mais sério do que os erros cometidos pelas antigas tradições religiosas, que sabiam respeitar a unidade fundamental do mundo natural e louvar sua beleza como manifestações sagradas do ‘espírito de Deus’.

*“Acredito que o conhecimento a respeito do ‘padrão que liga’ seja importante inclusive para a sobrevivência da biosfera, a qual, você sabe, está ameaçada.”*

**G. Bateson**

Bateson se preocupa não tanto com o que sabemos a respeito de “florestas de sequóias, estrelas-do-mar e o Senado dos Estados Unidos”, mas com a nossa falta de conhecimento “sobre a cola que mantém juntos” esses três elementos na história do mundo real. Sua intenção é propor premissas científicas que nos permitam perceber a beleza como um ‘padrão que liga’ os seres vivos em nosso mundo real, configurando uma unidade da biosfera mais explícita e aberta a sugestões e críticas, com menos erros epistemológicos que os que as versões religiosas do mundo nos impunham.

No espaço de um artigo de revista é difícil mapear o pensamento ao mesmo tempo sutil, criativo e rigoroso desse epistemólogo. Entre tantas outras coisas sobre as quais não falamos, Bateson se pre-



ocupava com a apropriação de suas idéias feita pelos arautos da cultura da 'nova era': colocar no mesmo saco ecologia, física quântica e antigas epistemologias religiosas, como o budismo (cuja pedagogia ele admirava), é um procedimento que sua própria epistemologia não aceitava.

Como nossa experiência cotidiana nos ensina, as conseqüências do impacto de um meteoro sobre um planeta ou de um chute em uma pedra são explicáveis apenas em termos de 'forças físicas', sem possibilidade de escolha. Mas um chute em outro ser vivo – humano ou cão – envolve questões que só os mortais de carne e osso podem conhecer.

Para explicar o território entrevisto através de seu mapa, Bateson toma emprestadas do psiquiatra suíço Carl Jung (1875-1961), criador do conceito de 'inconsciente coletivo', duas esclarecedoras noções: a de 'criatura' (para designar o vivente) e a de 'pleroma' (para designar o não-vivente). O universo como visto através da epistemologia de Bateson é ordenado por uma clara linha divisória entre o mundo dos vivos (onde diferenças e sentidos são as 'causas' dos eventos) e o mundo dos não-vivos, como bolas de bilhar e galáxias (onde forças e impactos são as 'causas' dos eventos).

No mundo físico do 'pleroma', forças e impactos fornecem base suficiente de explicação: a relação é linear e matematizável, como o silogismo grego que diz: "Todos os homens são mortais. Sócrates é um homem, logo, Sócrates é mortal." As descrições de pedras, bolas de bilhar e galáxias devem ser guardadas em uma caixa, o pleroma, e deixadas em paz.

No mundo vivo da 'criatura', porém, nada pode ser entendido sem que diferenças e distinções sejam invocadas. Nessa caixa só colocamos coisas vivas: florestas tropicais, estrelas-do-mar, o Congresso brasileiro, questões de beleza e de feiúra, problemas com sentidos sempre duplos dos laços que unem diferentes alteridades. Essa segunda caixa abriga as criaturas reais que devemos investigar através de um novo olhar, de uma outra epistemologia. Na epistemologia do vivente, o silogismo não é linear, mas circular, como propõe Bateson: "Os homens são mortais. As ervas são mortais. Logo, os homens são ervas."

Todo estudante secundário deveria saber a respeito dessa ecologia que conecta os seres vivos antes de se tornar cientista. Olhar nosso mundo de carne e osso apenas através da lógica linear do 'pleroma' que somos – um corpo/máquina/matéria sujeito à atração gravitacional como qualquer bola de bilhar – nos torna cegos à lógica circular do 'padrão que liga' suas belas criaturas (figura 3). Usando essa lógica circular, com suas eternas voltas que se realimentam, a interdisciplinaridade do real é algo que todo estudante deveria aprender



Figura 3. Sem conseguir ignorar beleza tão precisa, os próprios cientistas chamaram de "jóias do mar" a esses pequenos seres recentemente descobertos nas profundezas oceânicas

antes de se especializar em uma disciplina. O físico nuclear, o biólogo marinho e a antropóloga da ciência assim formados serão capazes de 'costurar seus retalhos' tendo como guia a beleza da estofa original, entre outras vantagens epistemológicas. E essa, diria Bateson, "é uma diferença que faz diferença". Infelizmente, a idéia de interdisciplinaridade ainda é muito pouco difundida em nosso ambiente: encontramos 25 milhões de páginas na internet brasileira que contêm a palavra 'ciência' e pouco mais de 300 mil que falam de 'ciência' e 'interdisciplinaridade' ([www.google.com.br](http://www.google.com.br), acessado em junho de 2006).

Segundo Bateson, nós, frágeis e mortais humanos, fomos presenteados com habilidades nunca antes experimentadas na biosfera terrestre. Por isso, quando somos humildes com o que acreditamos 'saber e poder' sobre a natureza, ficamos mais próximos do húmus que individualmente voltaremos a ser, enquanto nossa espécie continua a gerar avós, netos e belas histórias.

Que nossas disciplinas consigam respeitar essa multiplicidade e interconectividade do real e que nossa ciência saiba nos ajudar a preservar as possibilidades que ele nos reservou. ■

#### SUGESTÕES PARA LEITURA

- BATESON, G.  
*Mente e natureza: a unidade necessária.*  
Rio de Janeiro, Francisco Alves, 1986.
- BATESON, G.  
*Metadiálogos.*  
Lisboa, Gradiva, sem data.
- GOULD, S.J.  
*A montanha de moluscos de Leonardo Da Vinci.*  
São Paulo, Cia. das Letras, 2003.
- The Institute for Intercultural Studies  
(página na internet: [www.interculturalstudies.org/Bateson/index.html](http://www.interculturalstudies.org/Bateson/index.html))

*O pároco de um vilarejo da Inglaterra do século 18, até certo ponto obscuro em seu tempo, é festejado e considerado avançado nos meios científicos atuais – tudo por ter escrito um pequeno ensaio sobre probabilidade. O processo de raciocínio idealizado por Thomas Bayes nesse texto, que ele mesmo sequer levou a público, é tido hoje como uma nova forma de ver o mundo, como a base de uma verdadeira revolução em diferentes campos do conhecimento, da genética à teologia. Mas o que é o raciocínio bayesiano e por que vem ganhando tanto prestígio?*

**Sérgio Danilo Pena**

*Departamento de Bioquímica e Imunologia, Universidade Federal de Minas Gerais*

# Thomas

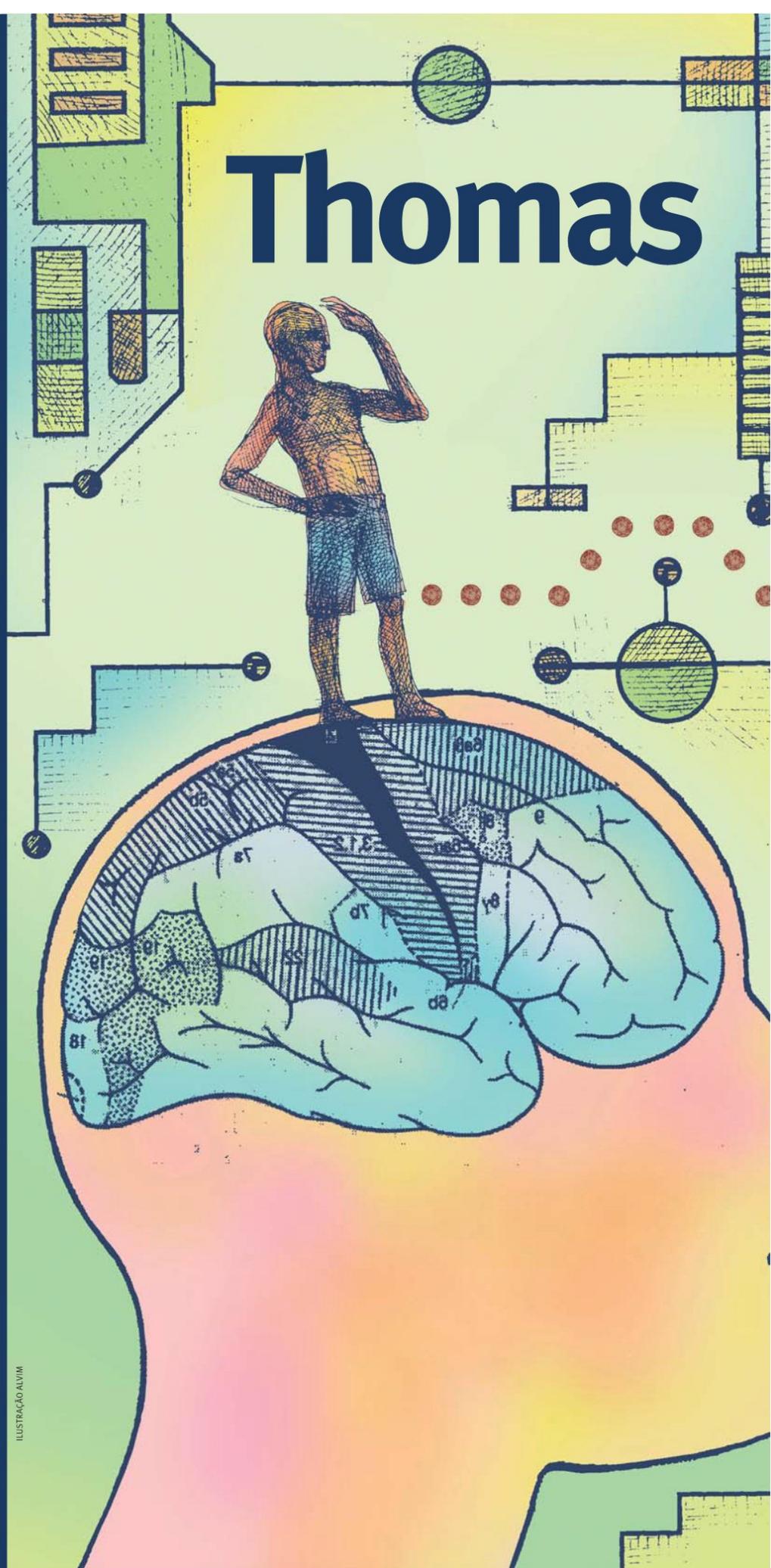


ILUSTRAÇÃO ALVIM

# Bayes: o 'cara'!

Se você visitar hoje o *campus* de uma universidade norte-americana, é provável que encontre estudantes usando camisetas com a inscrição *Bayes rules!* A tradução para o português seria algo como "Bayes é o 'cara'!" (em inglês, a frase contém um trocadilho que será revelado mais adiante). Curioso, você decide checar quem é esse Bayes, e o melhor lugar para isso é certamente a internet.

Ao digitar o nome 'Bayes' em uma página de busca ([www.google.com.br](http://www.google.com.br), por exemplo) descobre-se que o nome completo dele é Thomas Bayes, que há um teorema de Bayes e que esse nome é citado (em junho deste ano) em nada menos que 9,3 milhões de páginas de internet! Se usarmos a palavra inglesa *bayesian* (bayesiano), o total de páginas sobe para 23,2 milhões. Se buscarmos informação em uma área específica, como o banco de dados de literatura biomédica *Pubmed* ([www.ncbi.nlm.nih.gov](http://www.ncbi.nlm.nih.gov)), colocando 'Bayes' na linha de procura, encontramos nada menos que 6.655 artigos!

Finalmente, uma consulta, usando o nome 'Bayes', ao excelente repositório de sabedoria que é a *Enciclopédia de Filosofia de Stanford* (<http://plato.stanford.edu>) faz surgirem muitos verbetes: 'teorema de Bayes', 'lógica indutiva', 'epistemologia bayesiana', 'milagres', 'argumento teleológico para a existência de Deus', 'teoria dos jogos', 'conhecimento comum', 'interpretações de probabilidade', 'filosofia da economia', 'o problema do mal', 'teoria formal do aprendizado' e 'ateísmo e agnosticismo'! Isso já permite admitir que esse tal de Bayes deve ser de fato o 'cara' e certamente nos deixa ainda mais curiosos.

Este artigo tenta apresentar quem foi Bayes, o que são o seu teorema e a sua teoria da probabilidade e por que ele é importante em tantas áreas ▶

Figura 1.  
O reverendo  
Thomas Bayes  
(1701?-1776),  
na única  
representação  
que existe dele



do conhecimento, da medicina à teologia. Essa tentativa será feita da maneira mais simples, intuitiva e informal possível, sem muitas fórmulas ou letras gregas.

### Quem foi Thomas Bayes

Considerando a sua imensa importância atual, sabemos pouco sobre Thomas Bayes (figura 1). Ele foi um reverendo presbiteriano que viveu no início do século 18 (1701?-1761) na Inglaterra. Estudou teologia na Universidade de Edimburgo (Escócia), de onde saiu em 1722. Em 1731 assumiu a paróquia de Tunbridge Wells, no condado de Kent, a 58 km de Londres. No mesmo ano apareceu na Inglaterra um livro anônimo – hoje creditado a Bayes – chamado *Benevolência divina*. Cinco anos depois, publicou seu primeiro e único livro de matemática, chamado *The doctrine of fluxions (A doutrina dos fluxions)* – o nome *fluxion* foi dado pelo matemático e físico Isaac Newton (1642-1727) para a derivativa de uma função contínua (que Newton chamava de *fluent*).

Com base nesse livro e em outras possíveis contribuições sobre as quais não temos dados precisos, Bayes foi eleito em 1752 para a Real Sociedade, entidade científica britânica criada em 1645. Dois anos após sua morte, um amigo, o filósofo Richard Price (1723-1791), apresentou à Real Sociedade um artigo que aparentemente encontrou entre os papéis do reverendo, com o nome ‘*An essay towards solving a problem in the doctrine of chances*’ (‘Ensaio buscando resolver um problema

na doutrina das probabilidades’). Nesse artigo estava a demonstração do famoso teorema de Bayes. Price acreditava que o artigo fornecia uma prova da existência de Deus (o texto, na íntegra, está na página [http://publicacoes.gene.com.br/ciencia\\_hoje/Bayes.pdf](http://publicacoes.gene.com.br/ciencia_hoje/Bayes.pdf)). Após sua publicação, o trabalho caiu no esquecimento, do qual só foi resgatado pelo matemático francês Pierre-Simon de Laplace (1749-1827), que o revelou ao mundo.

### O raciocínio de Bayes

O raciocínio bayesiano pode ser explicado com um exemplo médico, relacionado com a chance de uma mulher ter câncer de mama, usando dados de um artigo do norte-americano Eliezer Yudkowsky, pesquisador da inteligência artificial. Recomenda-se que, a partir dos 40 anos, as mulheres façam mamografias anuais. Nessa idade, 1% das mulheres são portadoras de um tumor assintomático de mama. Sabe-se que a mamografia apresenta resultado positivo em 80% das mulheres com câncer de mama, mas esse mesmo resultado ocorre também com 9,6% das mulheres sem o câncer. Imagine agora que você chega em casa e encontra sua tia aos prantos, desesperada, porque fez uma mamografia de rotina e o resultado foi positivo! Qual a probabilidade de ela ter um câncer de mama? Pense bem e escreva sua resposta em um papel.

Vamos agora montar o problema de uma maneira bayesiana. Em primeiro lugar, sua tia tem o câncer de mama (CA) ou não (não-CA). Essas alternativas, mutuamente excludentes, podem ser colocadas em uma tabela, como abaixo. Podemos iniciar o raciocínio pela probabilidade de cada alternativa ‘antes de fazer qualquer teste’. É a chamada probabilidade *a priori* – ter câncer ou não ter. Como em média 1% das mulheres de 40 anos têm um tumor de mama, a probabilidade *a priori* de sua tia ter um câncer é de 1% (0,01) e de não ter é de 99% (0,99).

	TEM CÂNCER	NÃO TEM CÂNCER
PROB. A PRIORI	0,01	0,99

Agora vamos incorporar o resultado da mamografia. Se o câncer de mama está presente, a probabilidade condicional de a mamografia ser positiva é 0,80 (80%), e se não está presente é de 0,096 (9,6%).

	TEM CÂNCER	NÃO TEM CÂNCER
PROB. A PRIORI	0,01	0,99
PROB. CONDICIONAL	0,8	0,096

Multiplicando a probabilidade *a priori* pela condicional, obtemos a probabilidade conjunta:

	TEM CÂNCER	NÃO TEM CÂNCER
PROB. A PRIORI	0,01	0,99
PROB. CONDICIONAL	0,8	0,096
PROB. CONJUNTA	$0,01 \times 0,8 = 0,008$	$0,99 \times 0,096 = 0,0095$

Observe que a soma das probabilidades *a priori* é 1, mas isso não acontece com as probabilidades conjuntas. Para fazer com que essa segunda soma se torne 1, é preciso usar uma normalização, dividindo cada probabilidade conjunta pela soma das duas. Chegamos assim à chamada probabilidade *a posteriori*.

	TEM CÂNCER	NÃO TEM CÂNCER
PROB. A PRIORI	0,01	0,99
PROB. CONDICIONAL	0,8	0,096
PROB. CONJUNTA	$0,01 \times 0,8 = 0,008$	$0,99 \times 0,096 = 0,0095$
NORMALIZAÇÃO	$(0,008 + 0,0095 = 0,0175)$	
PROB. A POSTERIORI	$0,008 / 0,0175 = 0,46$	$0,0095 / 0,0175 = 0,54$

Portanto, o raciocínio bayesiano nos levou, de modo muito simples, a concluir que a probabilidade *a posteriori* (ou seja, após o teste) de sua tia não ter um câncer de mama é de 0,54 (54%) e você pode tranquilizá-la de que a situação não é inevitável.

Quando esse problema foi apresentado a várias pessoas, inclusive estudantes de medicina, observou-se uma tendência a superestimar a probabilidade *a posteriori* da doença. Isso revela que o raciocínio bayesiano não é intuitivo. Parece haver uma tendência geral a ignorar o fato de que a probabilidade *a priori* de doença é pequena, fenômeno denominado ‘falácia da probabilidade de base’ pelo psicólogo norte-americano (de origem israelense) Daniel Kahneman, premiado com o Nobel de Economia em 2002 por estudos sobre o comportamento de investidores. Outro modo de expressar isso é dizer que em geral as pessoas não são racionais. Em artigo recente, Mike Alder, professor de matemática e filosofia da ciência na Universidade da Austrália Ocidental, escreveu que o aprendizado da teoria bayesiana pode tornar qualquer um muito mais inteligente que seus amigos e até transformá-lo em um super-humano.

### Bayes e a prática médica

No exemplo acima, o raciocínio bayesiano permitiu quantificar o grau em que o resultado positivo da mamografia ajustou uma estimativa inicial da

chance de a mulher ter um câncer de mama. Sob esse ponto de vista, um teste médico funciona como um ‘modificador de opinião’, atualizando uma hipótese inicial (probabilidade *a priori*) para gerar outra (probabilidade *a posteriori*). Essa última engloba tanto a crença anterior (probabilidade *a priori*) quanto o resultado do teste. A probabilidade *a posteriori*, é óbvio, torna-se automaticamente a probabilidade *a priori* para testes subsequentes.

Alguns autores afirmam que o raciocínio diagnóstico dos médicos é naturalmente bayesiano. Quando o paciente diz estar “com dor no peito”, o bom clínico já imagina uma série de possibilidades diagnósticas (o diagnóstico diferencial). Destaque-se aqui que o raciocínio bayesiano aplica-se não apenas a dois estados (no caso, infarto ou não-infarto) mutuamente excludentes, mas a três, quatro ou mais hipóteses. Assim, métodos bayesianos podem ser usados para decidir entre várias possibilidades diagnósticas, examinando-se qual a mais consistente com os dados clínicos. À medida que prossegue a conversa com o paciente e depois, com o exame físico, o médico reajusta constante e automaticamente suas probabilidades iniciais – e, para isso, resultados negativos em exames são tão importantes quanto os positivos.

### Como saber quem é o pai?

Outra aplicação prática do teorema de Bayes se dá nos exames de paternidade. Você é procurado por um amigo aflito, Sinfrônio, que suspeita de traição da esposa, pois o filho não se parece nada com ele. Então você colhe sangue de Sinfrônio, da esposa e da criança, prepara DNA e, usando a mágica laboratorial da genética molecular, identifica os alelos presentes em uma região genética, ou *loco* (*D13S308*, por exemplo) – alelos são as versões possíveis de um gene, e a criança herda uma versão do pai e outra da mãe.

Os resultados mostram que, nesse *loco*, a mãe tem os alelos 14 e 17, a criança tem o 13 e o 17 e Sinfrônio tem o 10 e o 13. A criança deve ter herdado da mãe o 17 (pois ambos o têm). Portanto, o 13 veio do pai biológico. Para alívio geral, Sinfrônio tem esse alelo. Se não estivesse presente, não seria o pai biológico (exclusão da paternidade) ou teria ocorrido uma mutação (um evento raro). A presença do alelo 13, porém, não prova que Sinfrônio é de fato o pai, já que outras pessoas podem carregar o mesmo alelo. Será que, sabendo desses dados do *loco D13S308*, podemos calcular a probabilidade de Sinfrônio ser o pai?

Para isso, vamos organizar o problema de modo ▶

bayesiano. As alternativas são mutuamente excluídas: o pai biológico é Sinfrônio ou outro indivíduo. Se Sinfrônio é o pai, o espermatozóide dele que fecundou o óvulo da mãe carregava o alelo 13 – lembrando que espermatozoides são haplóides, ou seja, levam apenas um alelo de cada gene. Como ele tem dois alelos (10 e 13), cada um tem uma probabilidade de 50% (0,5) de ser o ‘escolhido’. E se o pai é outro, qual a chance de seu espermatozóide portar o alelo 13? Não existindo um ‘suspeito’ específico, a resposta é dada pela frequência do alelo 13 na população (digamos que seja de 7,5%, ou 0,075). Essas probabilidades de 0,5 e 0,075 são, portanto, as nossas probabilidades condicionais.

Entretanto, como no caso do câncer de mama, é preciso saber as probabilidades *a priori* de que Sinfrônio ou outro indivíduo qualquer sejam o pai biológico da criança. Aqui, pode-se agir de maneiras diferentes. Na mais óbvia, você estima a probabilidade *a priori* subjetivamente, com base no que conhece de Sinfrônio e da esposa. No entanto, quando se lida com muitos casos de determinação de paternidade, é inviável estudar os detalhes de cada um para fazer essa estimativa. Adota-se, então a outra maneira: utilizar na análise uma mesma probabilidade *a priori* para todos os casos. Isso não influencia muito a probabilidade final de paternidade – tanto que o uso de 0,50 (50%) é hoje uma convenção internacional. Agora é possível montar a tabela:

	SINFRÔNIO É O PAI	O PAI É OUTRO
PROB. A PRIORI	0,50	0,50
PROB. CONDICIONAL	0,50	0,075
PROB. CONJUNTA	$0,50 \times 0,50 = 0,25$	$0,50 \times 0,075 = 0,0375$
NORMALIZAÇÃO	$(0,25 + 0,0375 = 0,2875)$	
PROB. A POSTERIORI	$0,25/0,2875 = 0,87$	$0,0375/0,2875 = 0,13$

Esse único resultado já permite começar a tranquilizar o Sinfrônio. No entanto, para que a certeza final seja alta é preciso estudar mais *locos*. Os bons laboratórios rotineiramente examinam ao menos 12 regiões genéticas em cada determinação de paternidade. Assim, a tabela terá 12 probabilidades condicionais (uma para cada *loco*) e, desde que os *locos* usados sejam independentes, todas elas podem ser usadas no cálculo da probabilidade *a posteriori*. No fim, a evidência laboratorial será tão forte que a probabilidade *a priori* não afetará o resultado de maneira relevante.

Essa facilidade de calcular probabilidades bayesianas parece indicar que não há qualquer segredo na análise de casos de paternidade. Há casos, no entanto, bem mais complexos. Um exemplo é a determinação da paternidade após a morte do

possível pai. Nesse caso, é necessário reconstituir o perfil genético desse possível pai a partir de familiares vivos. Dependendo da relação genética (parentesco) entre as pessoas testadas e o indivíduo falecido, o raciocínio bayesiano pode ficar sinuoso, sendo difícil seguir a lógica. A saída é usar soluções gráficas, as chamadas ‘redes bayesianas’, diagramas que analisam problemas reais através de um mapeamento probabilístico das relações de causa e efeito entre as variáveis (figura 2). A explicação de como funciona uma rede bayesiana em determinação de paternidade está além dos objetivos deste artigo, mas pode ser encontrada na página [www.gene-pater.com](http://www.gene-pater.com).

## Milagres: ocorrem ou não?

A possibilidade da ocorrência de milagres e a crença neles têm historicamente sido objeto de análise científica e filosófica. O local clássico da discussão moderna e contemporânea sobre milagres é o décimo capítulo (‘Dos milagres’) de um livro de 1748, *Investigação acerca do entendimento humano*, do filósofo e historiador escocês David Hume (1711-1776). Nesse capítulo, ele diz: “Não há testemunho suficiente para fundamentar um milagre, a menos que o testemunho seja tal que a sua falsidade seria ainda mais miraculosa que o fato que se pretende estabelecer.”

Esse raciocínio – na minha modesta opinião – é perfeitamente correto do ponto de vista bayesiano. O que Hume diz é que a probabilidade *a priori* de que um milagre tenha acontecido é tão pequena que só uma probabilidade condicional enorme pode tornar o milagre crível. Outros autores, como o filósofo norte-americano John Earman, não concordam com essa interpretação, e certamente pessoas religiosas também vão discordar, pois com base em sua fé elas ajustarão subjetivamente a probabilidade *a priori* para níveis bem maiores que os imaginados por alguém não-religioso.

Em 2005 o periódico *Public Library of Sciences (PLoS) – Medicine* publicou um artigo do epidemiologista grego John Ioannidis, intitulado ‘Por que a maioria dos resultados científicos publicados são falsos’ (<http://medicine.plosjournals.org/perlserv/?request=get-document&doi=10.1371/journal.pmed.0020124>), que causou sensação no meio médico. Um dos argumentos do artigo é de certa forma análogo ao dos milagres citado acima. Vejamos: é prática rotineira, embora mal justificada, usar em testes estatísticos de estudos científicos um nível de significância (limite para a chance de os resultados obtidos terem ocorrido ao acaso) de 5%.

Mas em geral não é levada em conta a probabilidade *a priori* de o achado ser verdadeiro. Muitas vezes essa probabilidade inicial é tão pequena que um nível de significância de 5% não é nem de longe suficiente para a sua reversão.

Imaginemos, em um exercício mental, a hipótese fantasiosa de que a vitamina C constitui uma cura para o câncer. Para testar isso, estudamos um grupo de 200 indivíduos com câncer, distribuídos aleatoriamente em dois grupos de 100. Um grupo é tratado por três meses com vitamina C, de modo duplo-cego (paciente e pesquisador não sabem se o que é dado ao primeiro contém mesmo a vitamina, o que é controlado à parte). O outro grupo é tratado com um placebo (substância sem qualquer efeito). Ao final, descobre-se que o câncer não progrediu em 65 dos pacientes que de fato tomaram a vitamina C, e que o mesmo aconteceu a 50 dos que não tomaram a vitamina. Um teste estatístico confirma que essa diferença é significativa ao nível de 5% (porque a chance de que seja fruto do acaso é menor que 5%). Com base nisso, é possível escrever um artigo científico defendendo a hipótese de que a vitamina C tem ação contra o câncer.

Esse procedimento está correto? Obviamente, não.

O problema, nesse caso, é que não foi levado em conta o consenso, existente na literatura médica e baseado em inúmeros experimentos semelhantes, de que a vitamina C não cura o câncer. Assim, a probabilidade *a priori* de que um estudo isolado revele uma verdade oculta e revire os cânones da medicina é infinitesimalmente pequena. A não ser que a evidência experimental seja fabulosamente forte, é melhor ficar calado.

### Toda uma visão de mundo

Em princípio podemos dizer que o bayesianismo tem dois importantes alicerces epistemológicos. O primeiro é a visão do universo com base em graus de crença ou credibilidades, em vez do 'tudo-ou-nada'. O segundo é uma regra matemática que explicita como você deve mudar suas crenças à luz de novos dados empíricos. A partir desses dois pilares podemos deduzir uma série de implicações filosóficas do bayesianismo. Não temos espa-

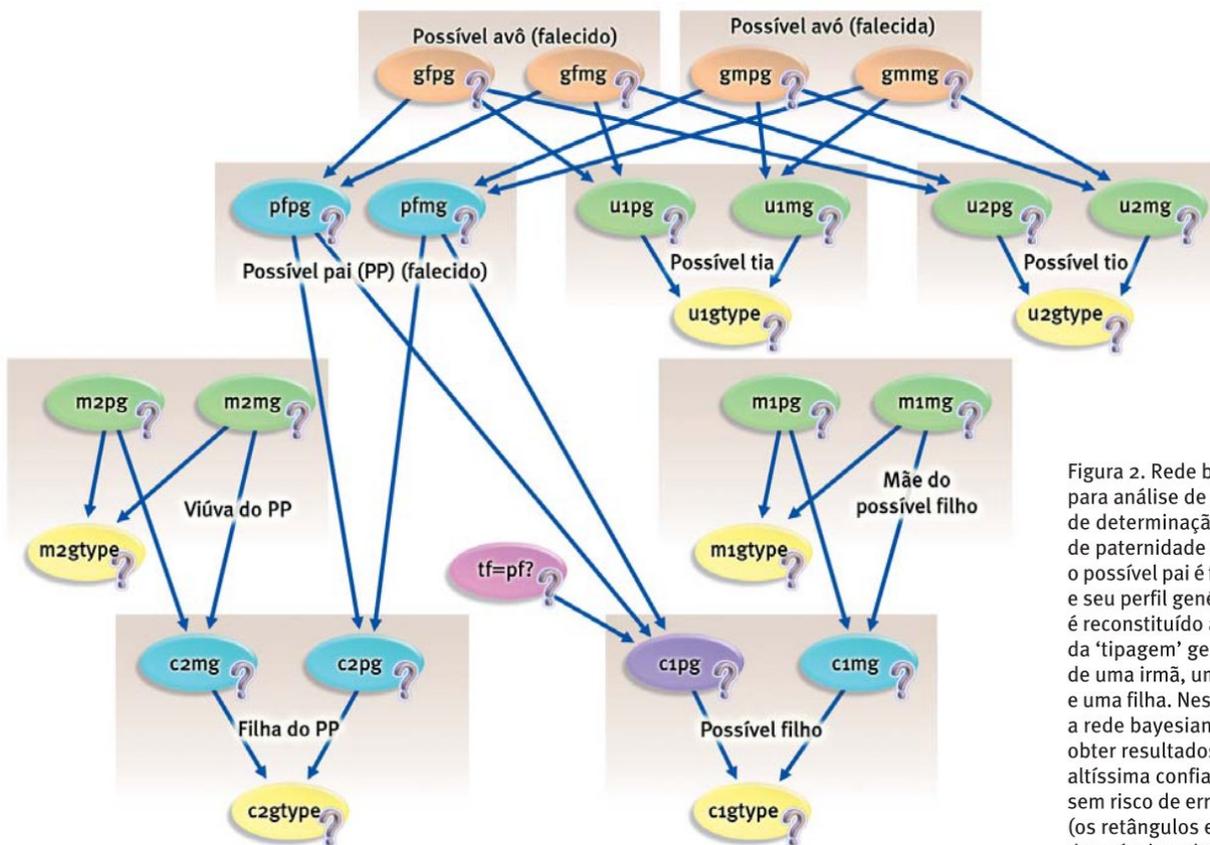


Figura 2. Rede bayesiana para análise de caso de determinação de paternidade em que o possível pai é falecido e seu perfil genético é reconstituído através da 'tipagem' genética de uma irmã, um irmão e uma filha. Nesses casos, a rede bayesiana permite obter resultados de altíssima confiabilidade sem risco de erros lógicos (os retângulos em torno dos nós da rede foram colocados apenas para fins de clareza)

## O TEOREMA DE BAYES

Para chegar ao teorema de Bayes, partimos de princípios básicos. Assim, a probabilidade de que observemos simultaneamente um evento A e um evento B é dada por:

$$P(A \cap B) = P(A/B) \cdot P(B) \tag{1}$$

Por outro lado, a probabilidade de que observemos simultaneamente um evento A e um evento B também pode ser dada por:

$$P(B \cap A) = P(A \cap B) = P(B/A) \cdot P(A) \tag{2}$$

Combinando (1) e (2), temos:

$$P(A/B) \cdot P(B) = P(B/A) \cdot P(A) \tag{3}$$

Rearranjando, chegamos ao teorema de Bayes:

$$P(A/B) = \frac{P(B/A) \cdot P(A)}{P(B)} \tag{4}$$

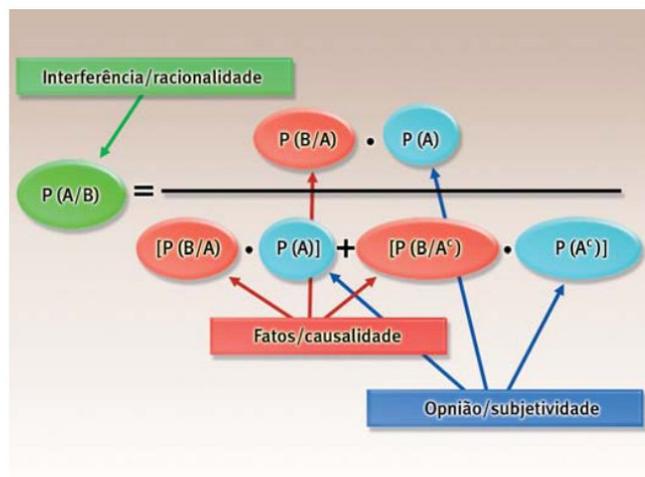
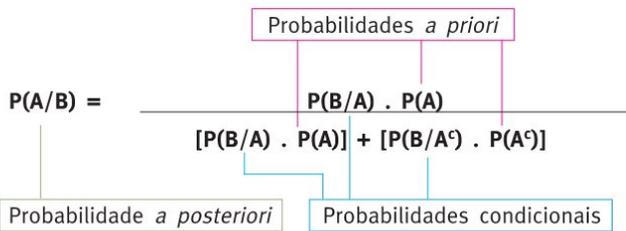
Como geralmente não conhecemos P(B), precisamos usar uma fórmula alternativa, que é baseada em:

$$P(B) = P(B \cap A) + P(B \cap A^c) \tag{5}$$

Onde A<sup>c</sup> é o evento complementar de A, também chamado de não-A. Usando nosso conhecimento básico (equação 1 acima) e substituindo, obtemos:

$$P(B) = [P(B/A) \cdot P(A)] + [P(B/A^c) \cdot P(A^c)] \tag{6}$$

Substituindo 6 em 4 obtemos a formulação alternativa:



ço aqui para discutir em detalhe cada um desses tópicos, mas vale mencioná-los por alto, lembrando sempre que estamos apenas arranhando a superfície.

1. Em primeiro lugar, o processo de internalização da experiência empírica – e conseqüente modificação dos nossos graus de crença – tem sido comparado à experiência do aprendizado. Há, inclusive, uma teoria de aprendizado em inteligência artificial denominada ‘aprendizado bayesiano’. Inúmeros programas (*softwares*) inteligentes baseiam-se em princípios bayesianos. Um exemplo mais correto está nos programas que filtram mensagens indesejadas em nossos correios eletrônicos.

2. Uma segunda implicação refere-se à existência de uma revolução bayesiana em curso. Ela se fundamenta não só no fato de que mais e mais cientistas estão usando o método bayesiano, mas no entendimento de que o próprio método científico tem lógica e estrutura bayesianas. O processo de elaborar hipóteses, testá-las experimentalmente e reajustar as crenças iniciais com base na evidência empírica obtida é essencialmente bayesiano. Esse modelo é mais poderoso que, por exemplo, o falsificacionismo do cientista social e filósofo austríaco Karl Popper (1902-1994), porque não é baseado em ‘tudo-ou-nada’. Na realidade da prática científica, nenhum resultado de experimento, por mais contundente que seja, é capaz de falsificar uma hipótese, mas apenas de aumentar ou diminuir sua credibilidade. Em outras palavras, um resultado experimental deve ser visto como algo que modifica seu grau de crença em uma hipótese e não como uma maneira de chegar a uma verdade absoluta.

3. O filósofo grego Aristóteles (384-322 a.C.) construiu um edifício lógico que lastreou a racio-

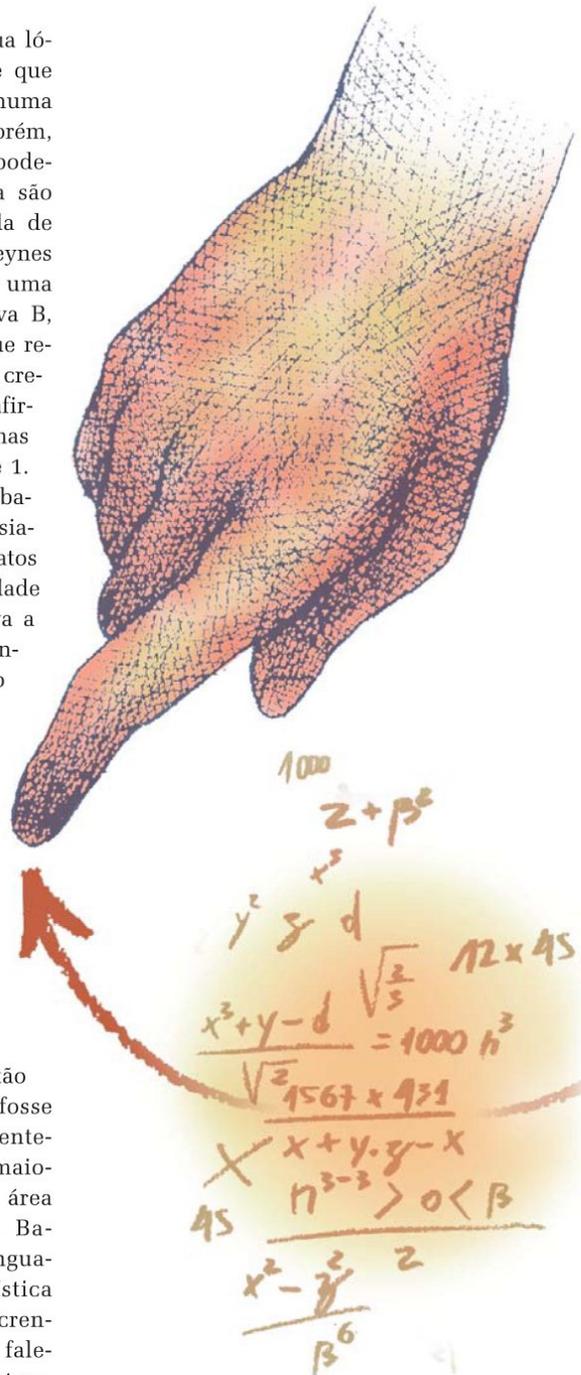
nalidade humana por mais de 2 mil anos. Sua lógica, entretanto, é toda baseada na idéia de que uma proposição é falsa ou verdadeira – nenhuma outra alternativa é aceitável. Na vida real, porém, raramente encontramos situações em que podemos afirmar que esta ou aquela alternativa são verdades ou falsidades absolutas. Na década de 1920, o economista inglês John Maynard Keynes (1883-1946) mostrou ser possível construir uma lógica ‘contínua’. Tomando-se uma afirmativa B, podemos estipular um número entre 0 e 1 que represente o quanto acreditamos nela – será a credibilidade de B. O valor 0 significa que a afirmativa é falsa e o valor 1 que é verdadeira, mas há infinitos valores de credibilidade entre 0 e 1. Essa ‘credibilidade’ de Keynes equivale à probabilidade subjetiva de Bayes. Daí para o bayesianismo é um pequeno salto, pois certamente fatos posteriores relevantes alterarão o valor-verdade (a credibilidade) de B. Assim, Bayes nos leva a uma generalização da lógica aristoteliana, ponto discutido com especial cuidado no já citado artigo de Mike Alder.

4. Em suma, o bayesianismo nos fornece toda uma visão de mundo. Como podemos ver na página anterior, o teorema de Bayes liga a inferência racional (a probabilidade *a posteriori*), no lado esquerdo da equação, à subjetividade (probabilidade *a priori*) e à experiência empírica (probabilidades condicionais), ambas no lado direito. Como escrito poeticamente por Eliezer Yudkowsky, o teorema de Bayes liga a razão humana ao universo físico.

Considerando que Bayes tem importância tão grande em tantas áreas, seria de esperar que fosse um super-herói entre os estatísticos. Aparentemente, isso não ocorre, pelo menos para a maioria. Atualmente, a filosofia dominante nessa área é a chamada interpretação freqüentista. Bayesianos e freqüentistas usam métodos e linguagens diferentes. Como já vimos, na estatística bayesiana a probabilidade mede um grau de crença (uma credibilidade) e isso permite que falemos em probabilidade de hipóteses e parâmetros, o que não é possível no paradigma freqüentista. Como “em festa de jacu, inhambu não entra”, este artigo fica fora dessa controvérsia.

### Curiosidade aguçada

As limitações de espaço fizeram com que essa introdução ao bayesianismo fosse breve e superficial. Entretanto, espero que ela possa aguçar a



curiosidade dos leitores e estimulá-los a aprofundar seus estudos sobre Bayes, que podem ser iniciados na internet ou em outras fontes. Um último ponto: no primeiro parágrafo foi dito que a expressão “Bayes rules!”, aqui traduzida como “Bayes é o ‘cara’!”, continha um trocadilho em inglês. Qual é? Bem, um sinônimo bastante utilizado para o teorema de Bayes (*Bayes’ theorem*) é a expressão ‘Bayes’ rule’ (‘regra de Bayes’) – daí vem o trocadilho com a gíria *rules*. ■

#### Sugestões para leitura

- ‘An intuitive explanation of bayesian reasoning’ (Yudkowsky, 2003, em <http://yudkowsky.net/bayes/bayes.html>) e ‘Non-aristotelian logic in practice, or how to be much cleverer than all your friends (so they really hate you)’ (Alder, 2005, em <http://www.maths.uwa.edu.au/~mike/Non-Aristotelian Logic in Practice.pdf>).
- ‘Why clinicians are natural bayesians’ (Gill, Sabin & Schmid, 2005, em <http://bmj.bmjournals.com/cgi/content/full/330/7499/1080>).
- ‘The bayesian revolution in genetics’ (Baumont & Rannala – *Nature Reviews Genetics*, v. 5, p. 251, 2004) e ‘Bayesian analysis and risk assessment in genetic counseling and testing’ (Ogino & Wilson, 2004, em <http://jmd.amjpathol.org/cgi/content/full/6/1/1>).
- ‘Assessing probability of paternity and the product rule in DNA systems’ (Gjertson & Morris, *Genetics*, v. 96, p. 89, 1995).

ILUSTRAÇÃO ALVIM

# CAMPONESES

*Os produtores familiares no centro-leste de Rondônia, em sua maioria dedicados à cafeicultura, inserem o estado como exportador de produtos agrícolas e representam um contraponto ao avanço da soja no sul da Amazônia. Tais agricultores, vindos de outras regiões do país há algumas décadas, apresentam relações de trabalho específicas e enfrentam problemas que ainda dificultam o desenvolvimento do cultivo do café nessa parte do país. A formação – com apoio dos municípios locais e do governo estadual, e de forma negociada – de uma rede de comercialização que viabilize o escoamento da produção por Porto Velho e pela hidrovía do rio Madeira poderia facilitar a integração de Rondônia, de maneira sustentável, ao cenário econômico global.*

**Jacob Binsztok\***

*Departamento de Geografia Humana,  
Universidade Federal Fluminense*

**O estado de Rondônia** quase sempre aparece nos meios de comunicação devido a notícias negativas, como os incêndios provocados por queimadas, que devastam grandes áreas da floresta amazônica, e os violentos conflitos ocorridos em reservas controladas pela Fundação Nacional do Índio (Funai), que opõem garimpeiros e indígenas por causa da busca de diamantes. Também são frequentes as notícias sobre as disputas de terras envolvendo posseiros, indígenas, fazendeiros e grileiros, às vezes com muitos mortos, e sobre a libertação de trabalhadores submetidos ao regime de semi-escravidão, o que mostra a gravidade da questão fundiária ao sul da Amazônia.

Uma característica pouco conhecida de Rondônia é a existência de grande número de camponeses vindos de diversos pontos do país e que se dedicaram, nesse estado, à lavoura do cacau, à pecuária (de corte e leiteira) e principalmente à cafeicultura. A presença desses produtores inclui esse jovem estado (deixou de ser território federal só em 1981) na rota de expansão de uma moderna cafeicultura,

junto com o sul do Pará, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Bahia.

Diferentemente das antigas áreas de produção cafeeira da região Sudeste, onde predomina a variedade 'arábica', os produtores rondonienses adotaram o tipo 'conillon' (robusta), por apresentar maior tolerância à temperatura e à pluviosidade elevadas típicas da região. Entretanto, como o 'conillon' não é apropriado para o consumo direto, a produção naquele estado destina-se à indústria de café solúvel e à fabricação de tintas, sendo exportado para Estados Unidos, União Européia e Japão.

A importância do café na economia de Rondônia pode ser demonstrada pelo quadro das exportações do estado: em 2005, o produto foi o quarto mais exportado (em valores), só sendo superado pelas madeiras (naturais e industrializadas), pela soja e pela carne bovina. Além disso, Rondônia é o sexto maior produtor de café entre os estados brasileiros, respondendo atualmente por cerca de 5% da produção nacional. O café, porém, não é a

# DE RONDÔNIA

única opção agrícola dos produtores do centro-leste do estado, pois o cacau nativo da região foi incorporado ao seu cotidiano.

## AS ORIGENS DA COLONIZAÇÃO

A análise do processo de colonização implantado em Rondônia, nos anos 70, pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Incra) permite verificar que o regime militar utilizou, na época, dois instrumentos para viabilizar a ocupação dos chamados 'vazios demográficos' do estado.

Inicialmente, priorizou a consolidação da rodovia (a antiga BR-29, intransitável em grande parte do ano), que ligava a região ao Centro-oeste, principalmente no trecho entre as capitais de Mato Grosso (Cuiabá) e do então território de Rondônia

(Porto Velho). Essa rodovia, rebatizada de BR-364, direcionou o fluxo de camponeses expropriados pela modernização agrícola ocorrida no Sul e no Sudeste do país. Posteriormente, foram implantados os Projetos Integrados de Colonização (PICs), ocupando uma faixa de 100 km de largura de cada lado da rodovia. Essa faixa foi repartida em lotes de cerca de 100 hectares (ha), distribuídos pelo Incra. Apesar do drástico desmatamento que provocaram na região, tanto a BR-364 quanto os PICs cumpriram suas finalidades geopolíticas, pois criaram novas esferas de poder local e contribuíram para a construção de uma nova ordem territorial em Rondônia.

A publicidade oficial sobre a distribuição dos lotes atraiu um notável fluxo de migrantes para as imediações dos maiores PICs – os dos municípios de Ouro Preto do Oeste e Ji-Paraná (no centro do estado), ambos com cerca de 500 mil ha cada, capazes de abrigar 5 mil famílias. Os objetivos políticos do governo militar, com essa ocupação ace-

A produção de café inclui Rondônia na rota de expansão da moderna cafeicultura no país

lerada, eram os de atenuar os inúmeros focos de tensão existentes no espaço agrário brasileiro. Na época, o Incra também atuava na distribuição de lotes urbanos e na construção de vilas, principalmente nos cruzamentos das áreas de produção com a BR-364, lançando os novos marcos urbanos do centro-leste de Rondônia.

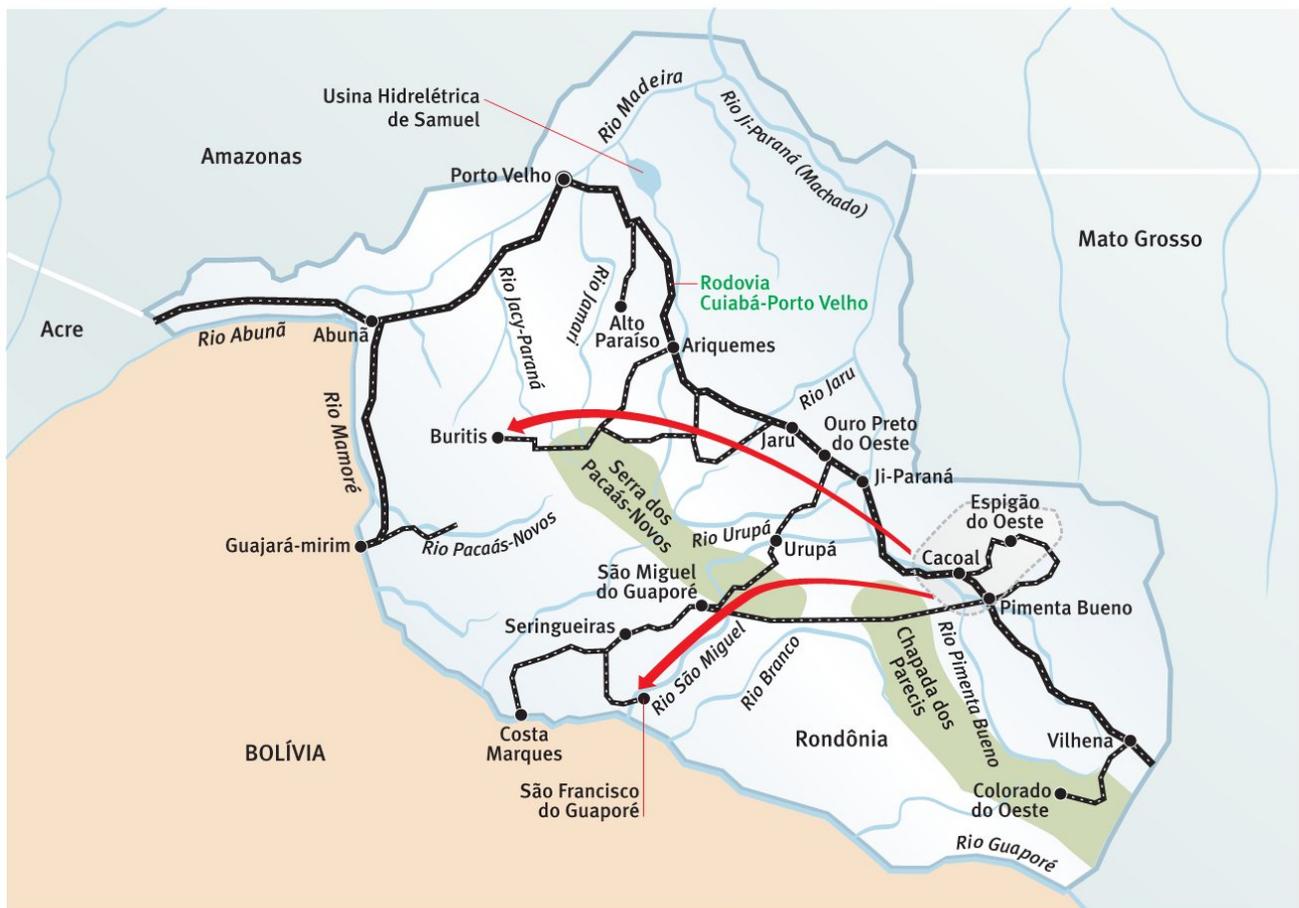
Em Rondônia, que deixou de ser território federal em 1981, os produtores familiares de café, antes concentrados no centro-leste do estado, começaram nos últimos anos a buscar terras mais férteis em outras áreas, como Buritis e São Francisco do Guaporé

## A ESTRUTURA CAMPONESA

Os migrantes que chegaram nos anos 70 a Rondônia vinham, em grande parte, de duas comunidades de imigrantes europeus. A primeira, majoritária, era composta de descendentes de italianos, e a segunda de descendentes de alemães de credo luterano. Ambos os grupos provinham do norte do Espírito Santo, de cidades como São Gabriel da Palha, Linhares, Colatina, Vila Pavão, Nova Venécia, Afonso Cláudio e Barra de São Francisco. No centro-leste rondoniense também são encontrados grupos paranaenses de municípios como Cruzeiro do Oeste, Céu Azul, Vera Cruz e Toledo.

Esses produtores foram atingidos, em seus locais de origem, pela decisão oficial de erradicar os cafezais improdutivos, tomada em 1962 pelo Grupo Executivo de Racionalização da Cafeicultura, vinculado ao Instituto Brasileiro do Café. Os que migraram para Rondônia concentraram-se principalmente nos municípios de Cacoal e Espigão do Oeste, no centro-leste do então território, e se organizaram em uma estrutura tipicamente camponesa, pautada pelo trabalho familiar.

Foi encontrado cacau nativo em grande quantidade na área onde hoje se localiza o município de Cacoal, e a cultura deste é realizada atualmente por grupos de produtores vindos do Espírito Santo e do sul da Bahia, não descendentes de italianos ou alemães. O cacau, porém, foi relegado a um plano secundário a partir do início dos anos 90, porque alguns pesquisadores acreditaram ter sido Rondônia o principal foco irradiador, na época, da doença conhecida como 'vassoura-de-bruxa', causada por um fungo, que devastou grandes áreas de plantações no sul da Bahia e no Espírito Santo, além de atingir cacauais da América Central e da Costa do Marfim, na África. Em função da doença, o Brasil



perdeu o posto de um dos principais produtores mundiais e chegou a importar o produto. A cultura só mostrou sinais de recuperação no final dos anos 90, com o controle da praga após pesquisas da Comissão Executiva e Planejamento da Lavoura Cacaueira (Ceplac) na Bahia. Rondônia contribuiu de modo significativo para essa revitalização, pois a Ceplac mantém, no município de Ariquemes, um dos maiores bancos genéticos de cacau em todo o mundo.

A presença de uma policultura típica da produção camponesa é facilmente constatada em grande número de propriedades produtoras de café, onde este convive com a horticultura (produção de alface, agrião, tomate e outros), a fruticultura (manga, coco, abacaxi), o cultivo de leguminosas e cereais (feijão, arroz e milho) e ainda a criação de galinhas caipiras, perus e porcos. Segundo dados da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Rondônia, essa policultura abastece supermercados e feiras livres diárias, oferecendo produtos de baixo custo para a população, e chega a formar um verdadeiro 'cinturão verde' em torno das cidades.

## AS RELAÇÕES DE TRABALHO

As relações de trabalho foram importantes para a viabilização, na região estudada, da unidade de produção camponesa. Isso se refere principalmente ao papel realizado pelos meeiros, que usam a prática tradicional das regiões produtoras de café em outros estados. Os meeiros provêm em geral de Minas Gerais, Espírito Santo e até de São Paulo. Seu trabalho é legalizado pelo chamado 'contrato de parceria agrícola' previsto no Estatuto da Terra, que estabelece a cota (50% da lavoura comercial) a ser dividida com o proprietário da terra, e determina que os produtos da lavoura 'branca', como mandioca, milho e feijão, destinem-se integralmente à subsistência dos meeiros ou, existindo excedentes, ao comércio, por estes, em feiras populares.

Tanto proprietários quanto meeiros utilizam o trabalho temporário (trabalhadores avulsos diaristas) no período da colheita do café, nos meses de abril, maio, junho e julho. Essa prática implica o recrutamento de trabalhadores de diversas locali-



dades próximas, envolvendo até empregadas domésticas e menores de idade – uma verdadeira corrida para a safra. A remuneração diária dessa mão-de-obra ficava em torno de R\$ 15 em 2003, e se manteve nesse patamar nos últimos anos.

A incorporação do trabalho infantil na cafeicultura ocorre, na região, como elemento típico da organização camponesa familiar. Essa participação foi confirmada em conversas com estudantes das escolas locais, que declararam colaborar nas tarefas familiares, 'apanhando' o café, capinando o terreno, desbastando os cafeeiros, fervendo o leite para fazer doce e cuidando de irmãos pequenos para a mãe trabalhar na lavoura. No caso dos produtores de café dessa região, não se trata de exploração do trabalho infantil, comum em setores da atividade agrícola empresarial, mas da inserção desses jovens na lógica de produção da unidade familiar camponesa.

Na pecuária também é registrada a presença de dois tipos de meeiros. O primeiro é o trabalhador sem-terra, remunerado pelo dono do gado de acordo com o peso adicional ganho pelos animais no período em que ficam sob sua responsabilidade. O segundo é o meeiro com terra, que recebe o novilho do fazendeiro e, após criá-lo, divide o lucro com a venda do animal adulto. Em ambos os casos a produção de leite pertence ao meeiro.

Quanto às linhas de crédito, os meeiros são beneficiados por recursos provenientes do Fundo de Amparo ao Trabalhador (FAT) e os pequenos proprietários são atendidos pelo Programa Nacional de Agricultura Familiar (Pronaf) e pelo sistema

Na lavoura de café, em Rondônia, as propriedades são pequenas e médias e o sistema de produção é familiar

Rural-Rápido, do Banco do Brasil e do Banco da Amazônia, que oferece empréstimos na faixa de R\$ 1 mil a R\$ 5 mil. Atualmente, os pequenos produtores só perdem suas terras por dívidas caso estas constem como garantia hipotecária. Essa garantia, prevista na legislação, comprova que a atual fase do desenvolvimento capitalista no campo não está baseada na expropriação da terra e sim na apropriação da renda da terra através da exploração do trabalho dos pequenos produtores.

Há sinais, hoje, de uma crise no setor produtivo-industrial da região, iniciada com a transferência para Manaus, em 2002, de uma fábrica de refrigerantes (engarrafadora da marca Coca-Cola), o que eliminou cerca de 500 postos de trabalho no município de Cacoal. Isso evidencia que apenas a atividade industrial não atende às necessidades de geração de emprego e renda na fronteira e torna indispensáveis iniciativas de instituições públicas e privadas, urbanas ou rurais, visando implantar pequenos e microempreendimentos.

## A QUESTÃO AMBIENTAL

Os produtores de café de Rondônia utilizam pouca adubação química nessa cultura. Isso talvez seja explicado pelo emprego da chamada cobertura verde (restos de vegetais mantidos no solo), observado em algumas propriedades. Também foram encontrados vestígios da derrubada de matas originais, mostrando que ainda é grande a quantidade de fertilizante natural. A continuação da derrubada da floresta, no entanto, poderá levar no futuro

O café do tipo robusta (conillon) é o mais cultivado em Rondônia



à redução da fertilidade natural do solo, com o conseqüente declínio da produção e dos rendimentos dos agricultores. Isso ocorreu nos anos 20, no leste do Pará, com o algodão, levando à extinção dessa cultura na região.

A redução da fertilidade do solo talvez já esteja ocorrendo em muitas propriedades, como parece demonstrar a migração de produtores do centro-leste de Rondônia para outras áreas do estado ou para Mato Grosso, em busca de terras menos valorizadas e mais férteis. Entrevistas na área em estudo confirmaram que alguns produtores estão vendendo suas propriedades e comprando terras de menor valor em locais distantes como Conizia (em Mato Grosso), Buritis (no noroeste de Rondônia) e São Francisco do Guaporé (no sudoeste de Rondônia), aproveitando que o acesso às novas propriedades é facilitado por estradas vicinais abertas por empresas madeireiras. Outros produtores não venderam suas propriedades, mas adquiriram novas terras nesses locais.

O caso do município de Buritis mostra a preocupação dos produtores em encontrar novas áreas para a expansão da fronteira agrícola em Rondônia: foi a cidade brasileira que apresentou o maior crescimento populacional relativo durante os anos 90, com uma taxa média anual de 29%, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Esse povoamento desordenado e o desmatamento colocam em risco a sustentabilidade dessa nova fronteira agrícola.

No centro-leste do estado, a aquisição de pequenos lotes (de um a cinco alqueires) por alguns segmentos urbanos, como comerciantes, profissionais liberais e funcionários públicos, vem descaracterizando a zona rural próxima às cidades. Fiéis às raízes patrimonialistas do país, esses novos proprietários transformam os lotes em sítios de fim de semana, destinados ao lazer, instalando assim um razoável mercado de terras e a conseqüente especulação imobiliária.

Outro problema ambiental dessa região – incluída pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) no ‘arco do desmatamento’, ao sul de toda a Amazônia – são as queimadas, que ocorrem nos meses de julho, agosto e setembro. Essa prática, além de deteriorar o solo, destruir a cobertura vegetal natural e poluir os recursos hídricos, lança grandes quantidades de fumaça e cinzas na atmosfera, prejudicando a saúde da

WELITON NUNES/FOLHA DE RONDÔNIA

EMBRAPA



população (aumenta a ocorrência de doenças respiratórias) e até levando ao fechamento de aeroportos. As queimadas são iniciadas em geral por grandes proprietários de fazendas de criação de gado, pois os pequenos produtores de café não costumam usar o fogo anualmente na limpeza de suas terras.

## HIDROVIA É A NOVA OPÇÃO

A estrutura territorial construída na região não obedeceu a uma lógica empresarial, nem foi ditada, como em outras partes do país, pelos interesses das tradicionais oligarquias rurais. A fronteira agrícola do centro-leste de Rondônia foi majoritariamente constituída por camponeses, comerciantes e funcionários públicos, não existindo ali a figura mítica do pioneiro, comum na história da ocupação de outros pontos isolados do país.

A expansão do fluxo rodoviário inspirou alguns dos primeiros migrantes a implantar atividades comerciais, como pequenos armazéns, restaurantes, postos de gasolina, oficinas mecânicas, hotéis e outros. Repetiu-se, assim, o que havia ocorrido nos anos 60, em Goiás e no Pará, com a abertura da BR-14 (atual BR-010), ligando Brasília a Belém, pelo governo do presidente Juscelino Kubitschek.

Em Rondônia, nota-se que os migrantes vinculados ao comércio e ao funcionalismo público transformaram-se aos poucos em uma elite urbana, exercendo a liderança política e econômica nas cidades pioneiras, em detrimento dos pequenos produtores rurais, tradicionalmente excluídos, no Brasil, dos pactos de poder. As cidades rondonienses formadas nas últimas três décadas podem ser caracterizadas como localidades que surgiram de modo espontâneo, mas que tiveram sua infraestrutura (estradas e vilas) e sua estrutura fundiária (distribuição de lotes) promovida pelo Inbra, cabendo inicialmente aos produtores rurais a organi-

zação do crescimento urbano, que ocorreu paralelamente à ocupação da fronteira agrícola.

Atualmente, os cafeicultores do centro-leste de Rondônia dependem do transporte de sua produção para os distantes portos de Vitória (ES) ou Paranaguá (PR), com fretes onerosos. Para reduzir esse custo e aumentar sua competitividade no mercado externo, os produtores precisam organizar uma rede de comercialização, visando ao escoamento do café para Porto Velho e para a hidrovía do rio Madeira, como ocorre com a soja de Mato Grosso (grande parcela da safra desse grão vai para Porto Velho e dali, por balsas, para portos fluviais, no Amazonas e no Pará, capazes de receber os navios que a transportam para outros continentes). Caso persista o quadro atual, os cafeicultores rondonienses correm o risco de ficar subordinados aos interesses comerciais do Espírito Santo e do Paraná na Amazônia meridional.

Essas mudanças terão de ser amplamente negociadas, pois são conhecidas as relações de confiança existentes entre os produtores locais e intermediários capixabas e paranaenses. Os governos dos municípios e do estado deveriam oferecer incentivos à formação de uma nova rede de intermediários, com o objetivo de inverter o fluxo de comercialização e beneficiamento, direcionando-o para Porto Velho. Com isso, além de manter em Rondônia parte da renda gerada pelo café e proporcionar a geração de empregos, estarão colaborando para que o estado alcance uma posição de destaque nas exportações do produto.

O estado poderá, ainda, ampliar sua importância dentro de um futuro 'Mercoeste', um grande projeto de integração supranacional que reuniria em torno da hidrovía do rio Madeira os interesses bolivianos, peruanos e brasileiros. Para que esse projeto seja de fato implantado, são necessários vultosos investimentos em infra-estrutura (construção de hidrelétricas, implantação de rodovias e melhorias nas já existentes, consolidação da hidrovía do rio Madeira, modernização de portos etc.) nas regiões envolvidas. Além de estudos realizados pelos governos dos três países, existem iniciativas empresariais (da construtora Norberto Odebrecht e de Furnas Centrais Elétricas, entre outras) visando criar condições – apesar da conjuntura política – para essa integração, que beneficiaria, no Brasil, os estados de Mato Grosso, Rondônia, Acre e Amazonas. ■

\* A estudante do curso de geografia Roberta de Oliveira Egidio, que atua no Núcleo de Estudos e Pesquisas Agroambientais do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal Fluminense, participou da elaboração do artigo.

Mudas selecionadas de café permitem melhorar a qualidade da produção em Rondônia

### SUGESTÕES PARA LEITURA

- BECKER, B.K. *Amazônia* (série Princípios). São Paulo, editora Ática, 1991.
- BINSZTOK, J. 'Cacoal: campeonatos e cafeicultura na fronteira agrícola do centro-leste de Rondônia'. Anais do 16º Encontro Nacional de Geografia Agrária (Petrolina, UFPE), 2002.
- COY, M. 'Cidades pioneiras e desenvolvimento sustentável na Amazônia brasileira – Transformações socioeconômicas e desafios para o planejamento nas frentes pioneiras', in *Geosul* (Florianópolis, UFSC), n.º 19/20, p. 51, 1995.
- OLIVEIRA, A.U. *Integrar para não entregar – políticas públicas e Amazônia*. Campinas/São Paulo, Papirus, 1991.

# DNA NÃO-CODIFICADOR:

*A biologia tem vivido em anos recentes uma surpreendente reviravolta, com as descobertas sobre o papel crucial – até há pouco ignorado – da porção do material genético humano que não contém informação para a síntese de proteínas, chamado de DNA não-codificador. Esse ‘patinho feio’ molecular, que constitui mais de 98% do genoma da espécie humana e era sumariamente taxado de ‘DNA lixo’, começa agora a ganhar a forma de ‘cisne’. A constatação de que inúmeros RNAs originados do DNA não-codificador têm propriedades indispensáveis pode colocar essas moléculas como protagonistas de uma das maiores revoluções da genética.*

**Paulo de Paiva Rosa Amaral**  
e **Helder Imoto Nakaya**

*Programa de Pós-graduação em Bioquímica,  
Instituto de Química,  
Universidade de São Paulo*

**Um corpo humano adulto** carrega cerca de 337 g de ácido desoxirribonucleico (o DNA, ou material genético), mas apenas 4 g desse total eram considerados úteis até recentemente. Essa mínima porção do genoma concentra a informação necessária à produção das nossas proteínas, enquanto todo o restante, que não participa dessa tarefa, é taxado de ‘lixo’. Mas por que o ser humano manteria tanto entulho em seu DNA? Seria de fato uma carga inútil ou essa parcela poderia desempenhar funções ainda não compreendidas? Essas perguntas intrigam os cientistas há décadas. Descobertas recentes, porém, prometem não apenas revelar as respostas, mas talvez nos aproximar do entendimento de como nós mesmos funcionamos.

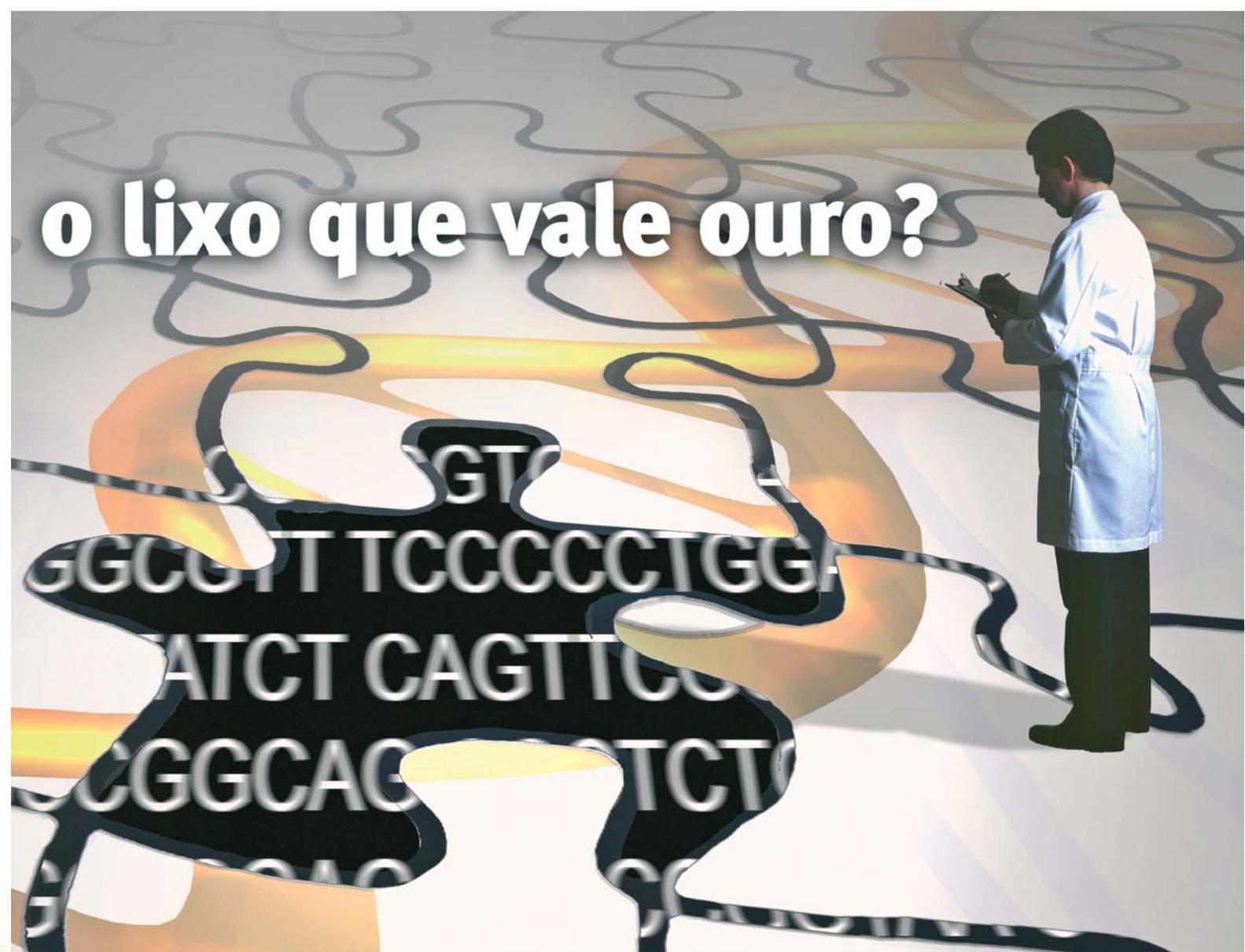
Ignoradas por muito tempo, as observações do monge austríaco Gregor Mendel (1822-1884) com suas ervilhas revelaram o mecanismo de herança genética baseado em transmissão de fatores, os genes, e marcaram o nascimento da genética. Entretanto,

os processos moleculares básicos que regem os sistemas biológicos só começaram a ficar mais claros em meados do século passado, após a elucidação da estrutura do DNA e do código genético (a conexão entre curtos segmentos do genoma e os aminoácidos que formarão cada proteína nas células).

Tais achados aceleraram os avanços da biologia molecular, até então assentada em um ‘dogma’ clássico (o de que o fluxo da informação genética se dá sempre no sentido DNA→RNA→Proteína), proposto pelo pesquisador inglês Francis Crick (1916-2004), co-descobridor, com o norte-americano James Watson (1928-), da estrutura do DNA. Segundo esse ‘dogma central’ – termo cunhado por Crick – da biologia molecular, o DNA conteria as receitas (os ‘genes’) de como fabricar proteínas, os principais compostos que realizam o trabalho nas células.

Imaginava-se, de início, que todo o genoma era ‘codificante’, ou codificador de proteínas – ou seja, continha o código para gerar (por um

# o lixo que vale ouro?



processo denominado 'transcrição') moléculas de ácido ribonucléico (RNA), e que estas, por sua vez, eram decodificadas (pelo processo de 'tradução') em proteínas. Nessa interpretação, as moléculas de RNA seriam apenas intermediárias no processo de expressão dos genes, carregando a informação do 'livro de receitas' para a confecção de proteínas, e por isso foram chamadas de 'RNAs mensageiros' (ou mRNAs). Mais tarde, a descoberta dos chamados retrovírus mostrou que o DNA pode ser sintetizado a partir de um molde de RNA, alterando o 'dogma' de Crick para DNA $\leftrightarrow$ RNA $\rightarrow$ Proteína.

Em meados dos anos 80, os cientistas desenvolveram técnicas e equipamentos capazes de 'ler' rapidamente a seqüência dos grupos químicos básicos que constituem a longa molécula do DNA (tais grupos são as bases nitrogenadas adenina, timina, citosina e guanina, identificadas pelas iniciais A, T, C e G). Essa possibilidade tornou atra-

tiva a idéia de que desvendar integralmente essa seqüência, ou seja, o genoma de um organismo, permitiria entender como o mesmo funciona, já que seria conhecido o seu conjunto de proteínas. Vários projetos foram iniciados com o objetivo de 'ler' as seqüências de bases (ou 'seqüenciar' os genomas) de diversos organismos, entre eles, em 1990, o colossal Projeto Genoma Humano.

## GENOMA E COMPLEXIDADE BIOLÓGICA

A expectativa, diante do seqüenciamento do genoma humano, era a de que seria revelada a complicada receita necessária à construção de uma pessoa. Acreditava-se na descoberta de um número elevado de genes, que justificasse o grau de ▶



Figura 1. O paradoxo do número de genes: muitos organismos menos complexos que o *Homo sapiens* têm tantos ou mais genes que este

sofisticação da espécie humana. Antes do início do projeto, a comunidade científica previa algo próximo de 100 mil genes, mas os resultados trouxeram surpresa e frustração: hoje, acredita-se que nosso DNA contenha cerca de 25 mil genes codificadores de proteínas, total inferior ao presente no genoma do arroz. Surpreendentemente, a comparação entre os genomas seqüenciados de diferentes animais revelou que eles compartilham grande parte dos seus genes. O número de genes dos humanos, por exemplo, é semelhante ao encontrado em camundongos e peixes (figura 1).

Comparações como essas revelam que a complexidade morfológica, fisiológica e comportamental de uma espécie não está diretamente relacionada ao tamanho do genoma ou ao número de genes, o que parece ser um paradoxo na biologia. Espécies dos grupos das lesmas (moluscos) e dos sapos (anfíbios), ou de plantas, podem ter genomas até 10 vezes maiores que os de quaisquer mamíferos. A correlação entre o número de genes que codificam proteínas e a complexidade do organismo também não é observada na grande maioria dos seres vivos.

Na escala evolutiva, essa correlação deixa de existir logo no início da diversificação dos eucariotos (organismos cujas células têm núcleo: algas, fungos, protistas, plantas e animais). A partir desse

ponto, o genoma aumenta muito de tamanho, mas a quantidade de seqüências que codificam proteínas não cresce na mesma proporção. Aumenta, portanto, a quantidade de 'DNA não-codificador' (do inglês *non-protein-coding DNA*, ou ncDNA), tanto o existente entre os genes (regiões intergênicas) quanto o inserido dentro deles (regiões intrônicas, ou íntrons) (figura 2).

Enquanto nos procariotos (seres unicelulares sem núcleo, como bactérias e arqueias) a síntese de RNA e sua tradução em proteínas são processos praticamente simultâneos, nos eucariotos essas etapas acontecem em compartimentos separados: a primeira no núcleo e a segunda no citoplasma. Portanto, a existência de íntrons está basicamente limitada aos eucariotos. Nestes, tais fragmentos 'extras' são retirados do RNA imaturo (pré-mRNA) ainda no núcleo, por um processo denominado 'edição' (*splicing*, em inglês). De fato, nos seres desprovidos de núcleo celular (com poucas exceções) os genes não têm íntrons e os genomas contêm pouco ncDNA, enquanto nos seres com células nucleadas os íntrons estão presentes em todos os grupos, sendo especialmente numerosos e longos nos mamíferos. A espécie humana é recordista em número e tamanho de íntrons: cerca de 92% dos seus genes têm íntrons, com uma média de oito a nove por gene (correspondendo a 95 de cada 100 bases nitrogenadas existentes nos genes). Considerado todo o genoma humano, as bases nitrogenadas que podem dar origem a proteínas não ultrapassam 1,2% do total.

À época da descoberta dos íntrons, em 1977, não se conhecia nenhuma função dessa porção significativa de DNA não-codificador. O geneticista sul-coreano Susumu Ohno (1928-2000) criou o termo 'DNA lixo' em 1972, quando pesquisava no Centro Médico Nacional City of Hope, na Flórida (Estados Unidos), para se referir aos genes que perderam a função de codificar proteínas (pseudogenes). A comunidade científica, no entanto, adotou o termo para se referir, de forma pejorativa, a todo o ncDNA.

## POR QUE HÁ TANTO 'LIXO' NO DNA?

Todo processo complexo requer um controle cuidadoso de suas etapas para que o produto final funcione de forma correta e eficiente. A execução de uma sinfonia, por exemplo, requer não só músicos, instrumentos e uma partitura (com as informações sobre as notas, a dinâmica e o andamento

da música). É também essencial que os músicos sejam conduzidos por um maestro, para que atuem de modo coordenado, combinando os sons em sintonia e assim gerando uma melodia complexa. Uma célula pode ser vista como uma orquestra de proteínas: para o seu funcionamento não bastam as instruções presentes no DNA, sendo vital (literalmente) a existência de mecanismos de controle para reger sua produção e atividade integrada. Nesse caso, seria de esperar que os componentes regulatórios representassem uma parcela cada vez maior do sistema à medida que este se torna mais complexo.

Sabe-se que as proteínas, além de atuarem como operárias nas células, executam tarefas de controle e participam de mecanismos que geram complexidade biológica. Desses, um dos mais importantes é a 'edição' alternativa (*splicing* alternativo) dos pré-mRNAs, que pode formar diferentes mRNAs maduros e, portanto, proteínas diversas. Esse fenômeno vem se mostrando a fonte principal de diversidade protéica em eucariotos, ocorrendo em pelo menos metade dos genes humanos e ajudando a explicar como cerca de 25 mil genes geram mais de 100 mil proteínas (ver 'A leitura do DNA: como é processada a informação dos genes', em *CH* nº 171).

Mesmo com esses mecanismos, se toda a regulação dos processos celulares dependesse apenas da atuação das proteínas, a variedade destas – e, portanto, o número de genes codificadores e o tamanho do genoma – teria que crescer à medida que aumentasse a complexidade do organismo (afinal, a própria edição alternativa precisa ser muito bem regulada). Como isso não se verifica, novas explicações vêm tentando conciliar o aumento da complexidade biológica com os paradoxos do tamanho do genoma e do número de genes. Elas se baseiam na idéia, citada acima, de que por trás da diversidade molecular para gerar a complexidade devem existir mecanismos eficientes de controle e regulação. Nessas explicações, que divergem sensivelmente das tradicionais, o RNA é o protagonista. Diversas funções para esses ácidos nucleicos têm sido reveladas e há uma explosão de descobertas de novas classes de RNAs que não codificam proteínas (ncRNAs), originadas principalmente a partir do ncDNA, até há pouco chamado de 'lixo'.

Uma das hipóteses mais destacadas foi lançada em 1994 pelo biólogo molecular John Mattick, da Universidade de Queensland (Austrália), ao sugerir que RNAs não-codificadores intrônicos seriam essenciais na evolução e no desenvolvimento dos organismos multicelulares. Para Mattick, a aquisição dos íntrons e de outras seqüências não-codifi-

cadoras, com suas próprias funções, teria sido um marco na evolução dos eucariotos.

Isso permitiria ampliar os mecanismos de geração de complexidade em relação aos procariotos, por introduzir o uso de ncRNAs como moléculas sinalizadoras, com a função de regular os processos celulares, da mesma forma que o desenvolvimento de sistemas digitais representou um grande avanço tecnológico sobre os sistemas apenas analógicos (cabe lembrar que RNAs regulatórios foram primeiramente detectados em bactérias, nas quais exercem atividades importantes, mas nesses seres sua abundância é muito menor e eles têm menos papéis). Ou seja, a diferença entre um ser humano e um besouro não estaria apenas no número de genes codificantes de proteínas, mas especialmente nos 'genes' não-codificantes que controlariam a produção e a atuação das proteínas.

O RNA parece ser uma molécula apropriada para a função de regulação. RNAs podem ser produzidos rapidamente (e com um gasto de energia bem menor que a síntese de uma proteína) em resposta a estímulos internos ou externos, e podem ser facilmente destruídos, proporcionando uma regulação dinâmica e ágil. Além disso, essas mo-

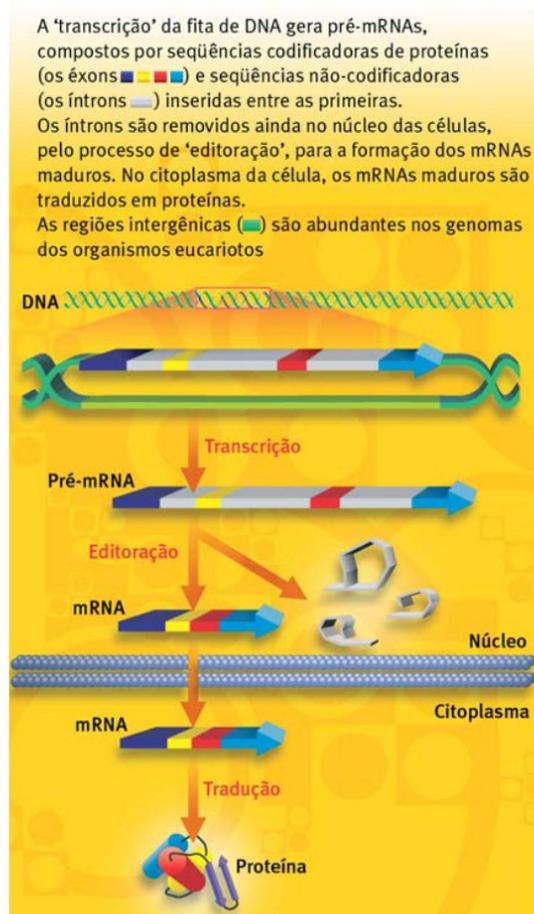
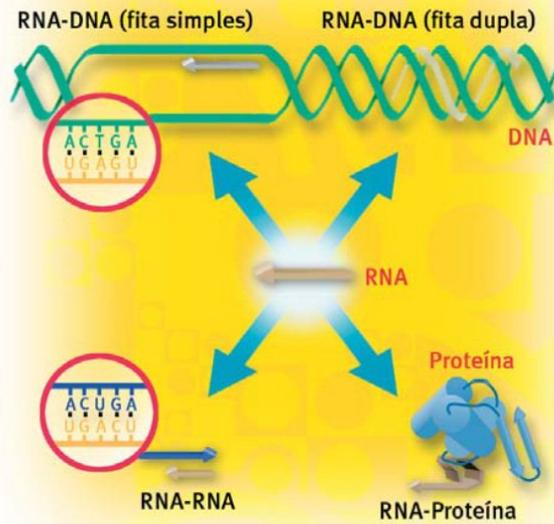


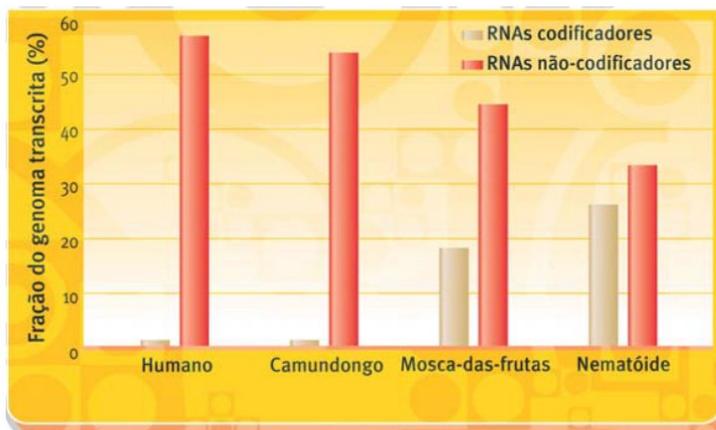
Figura 2. Os genes dos organismos com núcleo celular (de fungos a plantas e animais, inclusive o ser humano) são com frequência interrompidos por fragmentos – os íntrons – que precisam ser retirados antes da síntese de proteínas

Figura 3. O ácido ribonucléico (RNA), gerado a partir do DNA, apresenta interações variadas: com uma fita simples ou com uma fita-dupla do próprio DNA, com outros RNAs e com proteínas



léculas podem se originar de todas as partes do DNA, especialmente dos abundantes íntrons e de seqüências intergênicas.

A característica mais importante para sua função regulatória é a propriedade que as fitas de RNA têm de reconhecer umas às outras, de modo bastante específico, graças ao padrão de interação (o 'pareamento' entre seqüências 'complementares') de suas bases nitrogenadas: a base A de uma fita paira com a base U (uracila, que substitui a timina nos RNAs) de outra e a G com a C. RNAs também são capazes de pairar com uma fita simples de DNA ou formar híbridos 'tripla-fita' com uma fita dupla de DNA, e têm ainda estruturas flexíveis que podem adquirir formas tridimensionais importantes para o seu reconhecimento por proteínas (figura 3). As estruturas formadas pelas interações RNA-RNA, RNA-DNA ou RNA-proteína podem, por sua vez, ser alvos para a atuação de outras proteínas.



## UMA MULTIDÃO DE RNAs

As seqüências do DNA sofrem ocasionalmente alterações na posição das bases ou modificações químicas permanentes (mutações). A ocorrência dessas mudanças em seqüências sem qualquer função não deveria causar qualquer prejuízo aos organismos. Sabe-se, ao contrário, que alterações nas seqüências codificadoras de proteínas geralmente levam a uma redução na chance de sobrevivência (e de reprodução). Por serem essenciais, essas seqüências tendem a ser 'conservadas' (sofrem poucas alterações) ao longo do processo evolutivo de diferenciação das espécies. Surpreendentemente, nos vertebrados, a maioria dos segmentos do DNA 'ultraconservados' (sem qualquer modificação) está situada em regiões não-codificantes do genoma. O fato de essas seqüências permanecerem inalteradas por milhões de anos sugere que têm funções biológicas imprescindíveis. Elas são, em parte, seqüências de ncDNA que atuam no controle da expressão de genes, mas certamente muitas originam ncRNAs.

Embora já sejam conhecidas diversas funções estruturais e regulatórias de porções não transcritas do ncDNA, é a emergência deste como fonte de RNAs que está trazendo à luz o lado obscuro dos genomas. Descobertas realizadas a partir de 2002 por grupos de pesquisa vinculados a grandes empresas de biotecnologia e à Agência Espacial Norte-americana (Nasa) têm revelado a extrema riqueza de RNAs originados do ncDNA. Tais estudos evidenciaram que são transcritos do genoma humano cerca de 10 vezes mais RNAs diferentes do que se acreditava antes. Essas moléculas são mensagens que parecem não ser traduzidas em proteínas e, embora ainda não se saiba o papel biológico da grande maioria, muitas podem exercer papéis regulatórios. Cabe ressaltar que os dados de expressão gênica que têm sido levantados para humanos e outros mamíferos – certamente ainda subestimados – são consistentes com a teoria proposta por Mattick (figura 4).

Entre a variedade de ncRNAs descritos, os mais conhecidos e caracterizados são os relacionados à manutenção das tarefas básicas das células, os quais, por isso, sempre são produzidos em um mesmo nível (entre eles estão RNAs transportadores e ribossomais). Estes podem ser entendidos como 'RNAs de infra-estrutura'. Os demais, que po-

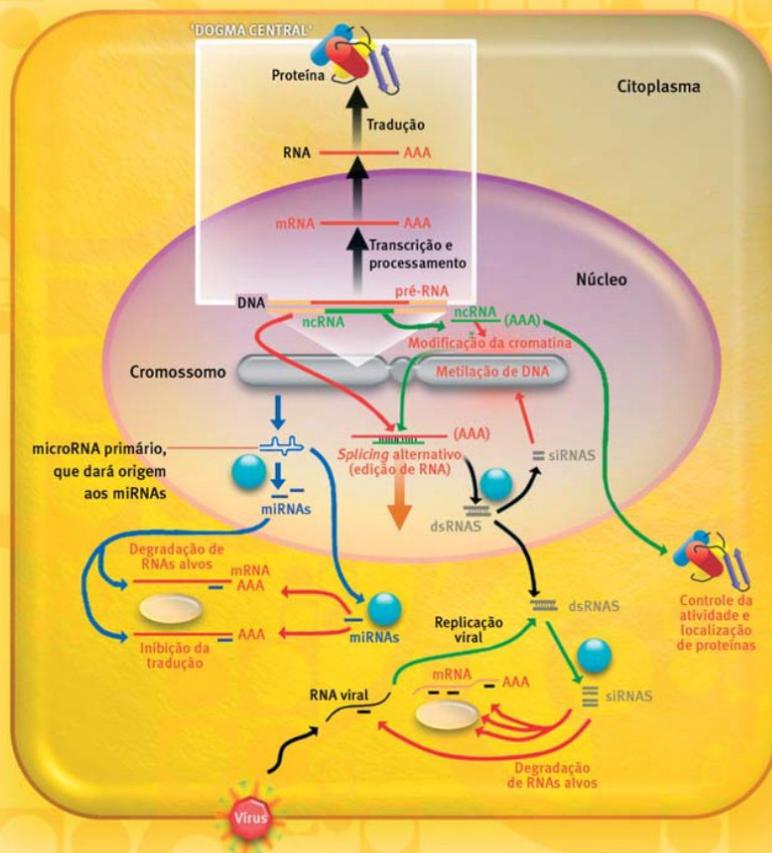
Figura 4. A complexidade dos organismos parece estar relacionada com a transcrição de RNAs não-codificadores de proteínas (ncRNAs), e não com a transcrição de RNAs codificadores

Figura 5. O antigo 'dogma central' da biologia ganhou complexidade com a descoberta das funções regulatórias dos RNAs nas células eucarióticas (os círculos azuis e marrons representam proteínas envolvidas no processamento dos RNAs regulatórios ou que auxiliam sua ação). Pequenos RNAs de interferência (siRNAs), microRNAs (miRNAs) e RNAs de fita dupla (dsRNAs) são alguns tipos de RNAs não-codificadores envolvidos em atividades regulatórias

dem ser classificados como 'RNAs regulatórios', apresentam grande diversidade de tipos e funções. O tamanho dos RNAs não-codificadores pode variar de pequeno a enorme. Grande número deles tem moléculas bem longas, com estrutura às vezes semelhante à de RNAs mensageiros, mas sem a capacidade destes de codificar proteínas. O grande esforço que vem sendo feito para elucidar suas funções já permitiu saber que estão envolvidos em uma vasta lista de processos, como direcionamento de mRNAs para a destruição, regulação da editoração alternativa, inibição da tradução, localização celular de proteínas, modificação do DNA e desligamento de genes maternos ou paternos, entre outros processos (figura 5).

Uma revelação importante foi a de que para grande parte (senão a maioria) dos RNAs humanos existem outros RNAs 'complementares' (ou seja, com seqüências de bases capazes de se parear). Sendo o DNA uma molécula de dupla-fita, a transcrição a partir de uma das fitas gera um RNA complementar a ela, mas, se ambas as fitas (no mesmo trecho pareado) forem transcritas, as duas moléculas geradas serão complementares entre si. Como a transcrição ocorre em 'direções' opostas em cada fita do DNA, os RNAs originados de uma delas são chamados de 'senso' e os gerados a partir da outra de 'anti-senso'. Além disso, RNAs originados de um local do genoma podem ser complementares a RNAs transcritos de outros locais, também levando à formação de pares 'senso-anti-senso'.

As pesquisas mostram que muitos RNAs regulatórios, como os microRNAs e outros de tamanho pequeno, são anti-senso a RNAs mensageiros, e que sua atuação baseia-se no pareamento entre as duas moléculas (formando uma dupla-fita de RNA). A consequência da formação desse par é a degradação ou inibição da tradução dos 'RNAs alvos' (os mensageiros). Acredita-se que esse mecanismo de sinalização para a destruição pode ter



tido originalmente um sistema de defesa das células contra RNAs de vírus. Descobertas recentes indicam que essa ainda é uma importante forma de proteção contra vírus em células de plantas e animais, tanto que é explorada para a produção de plantas transgênicas resistentes a vírus e a outras pragas.

Outras fortes evidências de que os ncRNAs têm papéis nas células estão na identificação de seqüências específicas no DNA que controlam – 'quando', 'onde' e 'quanto' – a transcrição desses RNAs não-codificadores. Esse mesmo tipo de controle fino da produção ocorre para os genes que codificam proteínas. Experimentos revelam que os ncRNAs têm sua produção alterada em resposta a estímulos externos às células (como hormônios e outros sinais) e só são encontrados em alguns tecidos. Isso indica que têm funções fisiológicas específicas nessas situações particulares.

Para entender o funcionamento dos sistemas biológicos é preciso desvendar os componentes das redes de moléculas que interagem nas células, incluindo os RNAs regulatórios. Conhecida a relação dessas moléculas com condições patológicas, elas podem se tornar importantes alvos terapêuticos ▶

para tratamento de muitas doenças genéticas, inclusive o câncer.

No Brasil, nosso grupo de pesquisa no Instituto de Química da Universidade de São Paulo, liderado pelo médico-pesquisador Sergio Verjovski-Almeida, mostrou que, em tumores de próstata, são encontrados vários ncRNAs transcritos de regiões intrônicas do genoma. Muitos deles são anti-sensos de RNAs de genes codificadores de proteínas. O mais interessante é que é possível determinar uma correlação entre a quantidade de determinados ncRNAs intrônicos e o grau de desenvolvimento do tumor. Ou seja, tumores mais agressivos têm uma quantidade maior ou menor de diferentes ncRNAs intrônicos se comparados a tumores benignos. Tais dados apontam para a participação de ncRNAs no surgimento e no avanço do câncer.

É bem provável que esses ncRNAs intrônicos exerçam, em uma célula normal, papéis regulatórios importantes, os quais são objetos de estudo em andamento em nosso grupo. Entre outros resultados, constatamos uma relação positiva entre a ocorrência de RNAs intrônicos anti-senso e a editoração alternativa de pré-RNAs originados dos genes com transcrição intrônica, e que os alvos preferenciais parecem ser genes de função regulatória. Isso sugere uma 'regulação dos reguladores', indicando um potencial sistema celular de controle extremamente fino. Também investigamos como os ncRNAs intrônicos são sintetizados e temos observado que sua produção é regulada por hormônios em células humanas, e que para grande parte deles o sistema de transcrição pode ser diferente do visto na maioria dos outros RNAs celulares.

#### SUGESTÕES PARA LEITURA

CLAVERIE, J.M. 'Fewer Genes, More Noncoding RNA', in *Science*, v. 309, p. 1.529, 2005.

MATTICK, J.S. 'RNA regulation: a new genetics?', in *Nature Reviews Genetics*, v. 5, p. 316, 2004.

MOREY, C. & AVNER, P. 'Employment opportunities for non-coding RNAs', in *FEBS (Federation of European Biochemical Societies) Letters*, v. 567, p. 27, 2004.

PEARSON, H. 'What is a gene?', in *Nature*, v. 441, p. 399, 2006.

REIS, E.M.; LOURO, R.; NAKAYA, H.I. & VERJOVSKI-ALMEIDA, S. 'As antisense RNA gets intronic', in *Omic*, v. 9, p. 2, 2005.

las eucarióticas – surge, assim, um 'novo mundo do RNA'.

A renomada revista científica *Science* elegeu as revelações das funções de pequenos RNAs como o maior avanço científico de 2002 e destacou as descobertas sobre o ncDNA entre as 10 mais marcantes de 2004. É certo que esses avanços contribuem para a complementação de áreas importantes da biologia, em especial a evolução, mas também desafiam muitos de seus conceitos vigentes – estes, portanto, devem ser revistos. O primeiro deles é o chamado 'dogma central'. A expressão, que significa algo essencial e indiscutível em uma doutrina, foi usada de modo equivocado já na sua origem, em 1958: Francis Crick usou a palavra 'dogma' erroneamente, pretendendo referir-se a algo que ainda não tinha evidência satisfatória. De qualquer modo, as proteínas foram apontadas como os únicos componentes funcionais e finais no fluxo da informação genética, e isso agora se revela simplista e incompleto. Outro conceito diversas vezes contestado é o de gene. Sua definição antiga como porção do DNA que contém a informação para a produção de um peptídeo – oriunda do princípio 'um gene, uma proteína', lançado em 1941 pelo geneticista George Beadle (1903-1989) e pelo bioquímico Edward Tatum (1909-1975), ambos norte-americanos – é insustentável, já que proteínas diferentes podem ser originadas de um mesmo gene e que muitos dos RNAs não codificam proteínas.

Até a hereditariedade que Mendel descobriu e todos aprendemos na escola, base da genética clássica, tem sido desafiada por mecanismos alternativos de herança de caracteres baseada na transmissão de moléculas de RNA, e não de DNA. Observações desse tipo de transmissão 'extragenômica' foram realizadas nos últimos meses em plantas e camundongos, segundo artigo em edição recente da revista científica *Nature*. Diante dos avanços surpreendentes que ocorrem diariamente na área, essas novas formas de herança podem deixar de ser apenas raras exceções e se revelar mecanismos mais comuns do que imaginamos.

Definitivamente, um amplo leque de mecanismos moleculares atua em sinergia no desenvolvimento dos eucariotos e os estudos nessa área vêm trazendo novos e fundamentais conhecimentos. A exploração dos tesouros escondidos no genoma apenas começou. Podemos estar diante de uma grande revolução na genética, que poderá reformular de maneira profunda o entendimento da biologia molecular dos organismos complexos. Se confirmadas, essas descobertas poderão nos deixar mais próximos do que nunca da compreensão da nossa própria complexidade biológica. ■

## A BUSCA DOS TESOUROS DO GENOMA

O físico e químico norte-americano Walter Gilbert (1932-), um dos pioneiros na área de biologia molecular, premiado com o Nobel de Química em 1980, propôs em 1986 que o RNA teria sido a molécula inicial no processo que levou a química a virar biologia e do qual derivam todos os seres, pois essa molécula tem propriedades singulares que permitiram a auto-replicação e o desempenho das tarefas biológicas mais primitivas. Gilbert chamou essa hipótese para a origem da vida de 'o mundo do RNA'. Mesmo nas células atuais, o RNA ainda é uma molécula central, pois além de participar de todas as etapas do fluxo de informação, apresenta algumas atividades enzimáticas e possivelmente controla os processos internos das células.



## Por uma 'ciência Mercosul'

**B**uenos Aires foi palco de uma nova rodada de negociações para estabelecer acordos de cooperação científica entre os principais países integrantes do Mercosul ao sediar a 2ª Reunião Ciência, Tecnologia e Sociedade, no Museu Argentino de Ciências Naturais Bernardino Rivadavia, de 5 a 8 de junho, promovida pela Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), pela similar argentina (AAPC) e pela Associação Ciencia Hoy. Se a primeira reunião, realizada em novembro de 2004 na capital argentina, serviu para lançar algumas

sementes de integração científica, o novo encontro selou vários acordos e permitiu assentar projetos concebidos anteriormente. Em carta assinada pelos três grupos organizadores do evento, registrou-se com satisfação o compromisso que assumiram o secretário de Ciência, Tecnologia e Inovação Produtiva da Argentina, o engenheiro Tulio

Del Bono, e o ministro da Ciência e Tecnologia do Brasil, o físico Sergio Rezende, de investir, ainda este ano, a quantia de US\$ 2 milhões (US\$ 1 milhão de cada lado) em um programa conjunto de apoio a projetos de pesquisa em áreas de interesse estratégico para ambos os países. A 'Declaração de Buenos Aires', como ficou conhecido esse documento, abre espaço para a parti-

cipação de outros países da América do Sul interessados na cooperação. O Uruguai esteve representado pelo presidente da recém-criada Sociedade Uruguia para o Progresso da Ciência e Tecnologia (Supcyt), o biólogo Rodolfo Wettstein, entre outros pesquisadores.

Na manhã fria de segunda-feira, o presidente da SBPC, o físico Ennio Candotti, lembrou, durante a abertura da reunião, a primeira cooperação firmada no Rio de Janeiro há 100 anos, e prometeu, em nome da comunidade científica, promover mais encontros como esse, com ou sem o aval das autoridades governamentais, nos próximos 100 anos. O diretor da Associação Ciencia Hoy, o médico Patricio Garrahan, apontou duas variáveis que devem ser consideradas na hora de definir ações públicas de promoção da ciência: para onde se dirige o processo científico no mundo e em que direção ele caminha nos nossos países. "É preciso saber se os órgãos públicos de fomento estão atentos a essas questões", disse Garrahan, lembrando a necessidade de divulgar a produção acadêmica à sociedade, que paga pelo desenvolvimento das pesquisas. Também o presidente do Conselho Nacional de Pesquisas Científicas e Técnicas (Conicet) argentino, o químico Eduardo Charreau, reforçou a importância de aumentar a apropriação social do conhecimento e lamentou, atra-

vés das palavras do escritor colombiano Gabriel Garcia Márquez, que seja cada vez mais difícil nos dias atuais "incorporar a ciência e as artes na cesta básica". A vice-presidente da SBPC, a psicóloga Dora Fix Ventura, destacou que a ciência não se faz sem colaboração e que essa cooperação deve ser buscada dentro do nosso próprio continente.

A reunião de Buenos Aires é uma prova de que isso pode ser feito. No primeiro encontro foi concebido o Centro Binacional Brasil Argentina de Nanotecnologia e Nanociências, implantado um ano depois, em novembro de 2005. Inspirado nas formas de funcionamento do Centro Argentino Brasileiro de Biotecnologia (Cabbio), criado em 1987, o novo órgão virtual pretende alocar um orçamento próprio para promover o intercâmbio científico entre os dois países, aprimorar a for-



mação de recursos humanos na área, implantar laboratórios e redes de nanotecnologia e organizar atividades conjuntas de pesquisa e educação.

Para abrir um espaço de reflexão sobre os principais problemas e oportunidades da região e assim consolidar propostas que resultem em ações concretas por parte dos governos, o encontro, que contou com a participação de cerca de mil cientistas, traçou 16 grandes núcleos temáticos de discussão, envolvendo assuntos de interesse mútuo, como a agricultura sustentável, os rumos da nanotecnologia, o futuro da água no planeta, a questão energética, a riqueza dos oceanos e os recursos pesqueiros, as tecnologias da informação, os movimentos sociais, ética e saúde, entre outros.

### Uma nova agricultura

Formas de cooperação científica entre os dois países que permitam implantar uma agricultura sustentável, capaz de ser altamente produtiva com um mínimo de danos ao meio ambiente, foram assinaladas nos dois primeiros dias do encontro. Entre as sugestões surgidas destacam-se o emprego da biotecnologia para caracterizar, manejar e melhorar plantas já em uso ou aquelas com

uso potencial, assim como para utilizar de forma sustentável os recursos genéticos de plantas (germoplasma vegetal). Propõe-se também adotar novas tecnologias para promover uma nova agricultura que não agrida o ambiente. Foram ressaltadas ainda a necessidade de desenvolver pesquisas que sigam uma abordagem ecossistêmica (multidisciplinar), complementar ao tratamento cartesiano tradicional, e a importância de formar recursos humanos em nível de pós-graduação para atuar nessas novas linhas.

### Estratégias energéticas

Propostas para enfrentar os problemas de geração de energia de forma conjunta foram discutidas do segundo ao último dia da reunião. O engenheiro argentino Juan Legisa, diretor acadêmico do Centro de Estudos da Atividade Regulatória Energética, da Universidade de Buenos Aires, destacou que os países do Mercosul devem pensar em uma estratégia própria, diferente da adotada na Europa ou nos Estados Unidos. “Estamos em uma região rica em recursos naturais e hidrelétricos e com grande potencial para o uso de fontes renováveis, como a energia solar e eólica. Além disso, nosso consumo energético é bem menor que o da Europa”, apontou. O economista brasileiro Adilson de Oliveira, do Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), reforçou a ampla quantidade de benefícios mútuos que podem surgir da integração energética e econômica entre Brasil e Argentina. “Nosso grande déficit é institucional. Temos de construir estruturas que dêem suporte à cooperação.”

Segundo Oliveira, a integração tem que permitir dar confiabilidade de suprimento (o custo da energia se mede pela confiabilidade:

se for barata, mas não for confiável, não se trata de uma boa energia); deve reduzir ao máximo a vulnerabilidade externa; e precisa ter vantagem comparativa. “A visão que temos da integração é antiga. Os países querem ser auto-suficientes e por isso procuram preservar suas reservas para não ficar dependentes do vizinho, mas sempre depen-

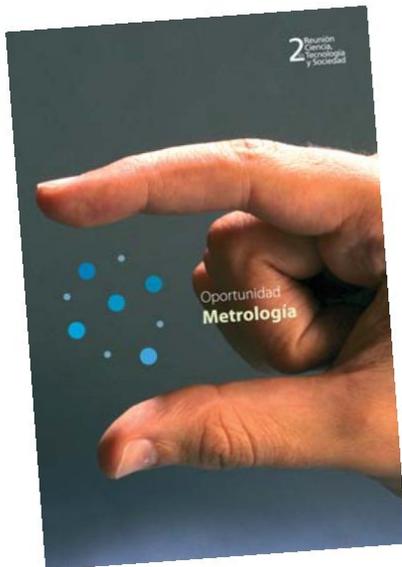
demos de alguém e é preferível depender da Argentina que da China”, observou o economista. Segundo ele, uma nova integração deveria apoiar a segurança do abastecimento energético em uma estratégia cooperativa: parte das reservas seria considerada uma reserva de confiabilidade entre os dois países, como instrumento de proteção a ambas as economias. Além disso, deveria existir, a seu ver, uma vantagem competitiva regional que desse uma certa estabilidade a nossos preços. Mas como fazer isso?

“O diálogo deve ser o motor”, argumentou Oliveira. “Os intercâmbios devem ter fluxos energéticos contínuos e partir do pressuposto de que gás e eletricidade têm de convergir, preservando as regras nacionais. Já temos estrutura física para a nova integração, enorme potencial de exploração de gás e dutos que conectam os nossos mercados. Só falta nos colocarmos no mercado internacional com vantagens regionais.”

A energia nuclear tomou boa parte do programa do núcleo temático sobre o setor energético, sobretudo por ter sido apresentada como uma alternativa limpa – tanto os combustíveis fósseis quanto as hidrelétricas contribuem com emissões de gases de



efeito estufa para o ambiente. Discutiu-se a continuação das obras inacabadas das usinas de Atucha 2, na Argentina, e de Angra 3, no Brasil, e apresentou-se o histórico das relações entre os dois países na área nuclear. Na opinião do físico Anselmo Paschoa, do Laboratório de Radioecologia da Universidade do Estado do Rio de



Janeiro (Uerj), sem a assinatura de vários tratados de uso pacífico da energia nuclear entre os dois países dificilmente o Mercosul teria sido criado em 1994. “Hoje o Mercosul é uma realidade, mas a integração é muito menor do que se esperava”, constatou.

O físico Luiz Pinguelli Rosa, da Coordenação dos Programas de Pós-graduação em Engenharia da UFRJ, propôs ao final do encontro que os dois países somassem suas experiências na área para construir usinas nucleares de pequeno porte. “Embora Brasil e Argentina tenham escolhido tecnologias e combustíveis diferentes, ambos os países poderiam se beneficiar com a cooperação, construindo pequenos reatores modulares”, disse. A proposta de colaboração foi bem recebida pelos presentes na reunião.

## Uma metrologia comum

No último dia do encontro, após quatro sessões de debates sobre o tema, foram acertadas as bases para a criação de um Centro Binacional de Metrologia. O estabelecimento de padrões metrológicos, capazes de atestar a qualidade dos produtos, é de crucial importância para dar credibilidade aos processos industriais desenvolvidos em ambos os países. O presidente do Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (Inmetro), o físico João Jornada, o diretor de Metrologia Científica e Industrial do Inmetro, o físico Humberto Brandi, e o diretor de Metrologia, Qualidade e Certificação do Instituto Nacional de Tecnologia Industrial (INTI) da Argentina, Joaquín Valdés, prepararam um relatório sobre tudo o que foi debatido no encontro, que deverá ser apresentado aos ministérios brasileiros da Ciência e Tecnologia, do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior e aos órgãos argentinos da Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente e da Economia. O objetivo é que o relato sirva de munição para elaborar um plano de trabalho que permita discutir mais concretamente, durante a próxima reunião do Comitê Gestor de Cooperação Bilateral dos dois países, em agosto deste ano, em Buenos Aires, a criação de um centro virtual que funcione em rede, focalize áreas estratégicas para as nações envolvidas e valorize a metrologia como instrumento de competitividade industrial.

## O futuro da água

Durante as sessões que debateram o futuro da água no planeta, o geólogo e hidrólogo argentino Mario A. Hernández, da Universidade Nacional de La Plata, destacou que a relação disponibilidade/uso desse recurso na América Latina – que reúne as bacias fluviais do Amazonas, Orinoco, Apure e Pa-

raná-Uruguai – é muito maior que a de outras áreas do mundo, colocando a região em uma posição privilegiada. Além disso, haveria também, segundo ele, boas reservas subterrâneas de água: da ordem de 3 milhões de km<sup>3</sup>.

“Até 1930, o uso doméstico da água era proporcionalmente o mais importante, mas, no século 21, o uso agrícola vem preponderando, com um aumento crescente do uso industrial”, comparou Hernández. O problema, observou ele, é que tanto os efluentes industriais quanto os biocidas e fertilizantes usados nas atividades agrícolas vêm contaminando as águas subterrâneas, e a tendência é piorar. Por sua vez, o geólogo brasileiro Ernani da Rosa Filho, do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Paraná (UFPR), procurou derrubar o mito de que o aquífero Guaraní – partilhado por Brasil, Argentina, Uruguai e Paraguai e com volume estimado em 50 mil km<sup>3</sup> – seria capaz de atender a demanda da região sul da América do Sul, explicando que 70% da parte brasileira do aquífero são de água salobra. “O desenho de seu perfil geológico mostrou que o aquífero não é homogêneo e que a capacidade de produção do reservatório varia de acordo com



cada poço”, apontou. A hidrogeóloga argentina Ofelia Tujchneider, da Faculdade de Engenharia e Ciências Hídricas da Universidade Nacional do Litoral, lembrou que em alguns locais do aquífero a água é velha, porque não há recarga, e que, por isso, é tão importante promover seu uso sustentável.

“Nas Américas, já foram identificados 70 aquíferos partilhados por dois ou mais países, o que representa 70 pontos de conflito potenciais”, alertou Tujchneider, acrescentando que o grande desafio é a seleção de um modelo adequado de gestão e proteção das águas, para reduzir a pobreza e evitar enfrentamentos. O engenheiro Jorge Santa Cruz, coordenador técnico do Projeto Sistema Aquífero Guarani da Organização dos Estados Americanos (OEA), destacou que, na região do aquífero, habitada por 70 milhões de pessoas, já foi constatada contaminação da água em áreas transnacionais e de recarga. “Este é um projeto inovador, porque é preventivo e procura fazer um diagnóstico da região para traçar um programa de ação estratégico. O orçamento é de US\$ 26,7 milhões para apoiar pesquisas em universidades e projetos de organizações não-governamentais”, disse.

### O valor dos oceanos

Uma gestão adequada dos oceanos foi apontada nos últimos dois dias da reunião como a única saída possível para evitar o colapso dos recursos pesqueiros e do sistema ecológico dos mares. Nesse sentido, os participantes do encontro sugeriram pensar não apenas na cooperação entre o Brasil e a Argentina, mas também incorporar outros países da América Latina para terem, juntos, uma cobertura dos oceanos Atlântico e Pacífico e do mar do Caribe.

Ao analisar o período 1950-2002, o biólogo brasileiro Jorge



Pablo Castello, do Departamento de Oceanografia da Fundação Universidade do Rio Grande, disse que se constatam no mundo uma queda na produção de recursos pesqueiros e uma demanda de consumidores não satisfeita. “Não há expectativa de aumentar a captura de espécies marinhas, pois todas as fronteiras – incluindo a região subantártica – já foram superadas”, afirmou. “Além disso, nota-se uma deterioração progressiva do sistema produtivo: cada vez mais se capturam espécies menores em menores profundidades.” Castello lembrou ainda que a tecnologia está em constante desenvolvimento, o que resulta em uma pesca insustentável: “A pesca industrial é contemplada com políticas que adotam medidas paliativas enquanto a artesanal tem sido desconsiderada. Existe ainda uma dicotomia entre exploração e conservação.”

Castello observou que as metas políticas são conflitivas: tentam aumentar a produção e preservar as fontes de emprego para atender uma demanda cada vez maior, mas que não poderá ser satisfeita se não houver a preservação dos recursos marinhos. “A experiência mostra que as consi-

derações econômicas e sociais prevalecem sobre as biológicas. Mas o conceito de sustentabilidade deve ter uma abordagem multidimensional – ecológica, econômica, social e tecnológica – e, para evitar o colapso dos mares, devemos adotar um conjunto de medidas que requerem um ônus político e uma mudança de cenário.”

### Divulgar e educar

Presente nos debates sobre divulgação científica programados para o último dia do encontro, o secretário argentino Túlio Del Bono lembrou que os meios de comunicação de massa contam necessariamente com um emissor, que não é neutro, e com um receptor, que capta a mensagem e sobre o qual o emissor tem a intenção de influir. Por isso, a seu ver, é importante que o Estado intervenha na divulgação: “O pior que um país pode fazer é deixar a comunidade científica à mercê do livre mercado.” Del Bono reafirmou a necessidade de se investir na formação de jornalistas e divulgadores científicos, assim como na capacitação dos produtores de programas de rádio e TV. “Se tivermos um povo educado, com capacidade de discernir entre o que é bom e mau, o emissor reduz seu poder de impor qualquer mensagem, e o receptor aumenta sua capacidade de crítica e seleção.”

Uma terceira reunião Ciência, Tecnologia e Sociedade deve ocorrer em junho de 2007, desta vez em Montevidéu, incluindo a Supcyt entre as promotoras do evento. O evento se realizará na Universidade Nacional do Uruguai.

**Alicia Ivanissevich\***

*Ciência Hoje/RJ*

\* A jornalista viajou a Buenos Aires a convite da SBPC

## EM DIA

A multiplicação do sargaço *in natura* pode se tornar um problema ambiental



FOTOS ANTONIO CARLOS AUGUSTO DA COSTA

**QUÍMICA** Alga reduz volume de resíduos de laboratório e facilita seu armazenamento

# Solução econômica para lixo radioativo

O sargaço, alga encontrada em muitas localidades do litoral brasileiro, pode ser a solução para o armazenamento de dejetos químicos e radioativos de laboratórios. Em parceria com o Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD), a engenheira química Marta Cristina Picardo descobriu, durante sua tese de mestrado realizada na Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), que a planta é capaz de atrair e concentrar isótopos de tório – um dos poluentes radioativos mais comuns – em meio líquido, o que diminui bastante o volume de material radioativo que precisa ser armazenado para evitar contaminação ambiental. A planta ainda é muito mais barata que a chamada resina de troca iônica, única substância capaz de realizar a mesma operação.

Toda usina nuclear precisa recolher amostras e realizar testes periódicos de contaminação na água, no solo e nas plantas, para garantir que suas atividades não prejudiquem a vida da população ao seu redor. Além disso, qual-

quer pessoa na região pode solicitar esse teste, caso desconfie de contaminação. Essa análise, que no Brasil só pode ser realizada nos laboratórios do IRD, é feita através da espectrofotometria, processo que se baseia na comparação dos padrões formados por feixes de luz ao atravessar uma solução-teste (que contém material radioativo dissolvido) com os formados pelos feixes ao atravessar a amostra, seja de água ou de material orgânico já previamente dissolvido em ácidos orgânicos.

O problema é que a solução-teste só pode ser usada uma vez, pois o equipamento que faz a análise precisa ser recalibrado antes de testar cada uma das amostras, que chegam a dezenas ou centenas por semana. A solução descartada deve, então, ser armazenada para evitar a contaminação do ambiente. Esse processo gera uma quantidade enorme de resíduos radioativos. “Só os testes realizados em Angra dos Reis (RJ), onde se localizam as únicas usinas nucleares brasileiras em operação, Angra I e Angra II, produ-

zem quase mil litros de dejetos radioativos por semana, em média”, afirma o orientador da tese de Picardo, o engenheiro químico Antônio Carlos Augusto da Costa, do Instituto de Química da Uerj. Como esses efluentes não são biodegradáveis e têm meia-vida (tempo necessário para que a atividade dos átomos radioativos se reduza à metade) muito longa, eles podem continuar emitindo radiação durante milhões de anos, tornando-se um perigo para o ser humano, se descartados indevidamente.

Esse é o problema que o sargaço pode ajudar a resolver. Os pesquisadores mostraram que proteínas e outras estruturas presentes na alga contêm moléculas carregadas negativamente que exercem atração sobre o nitrato de tório dissolvido (e positivamente carregado) na solução-teste, fazendo o metal se acumular sobre a superfície da planta. Duas alternativas são possíveis então: a utilização de algum ácido (como o ácido clorídrico) para lavar o sargaço e reutilizá-lo – o que deixa

uma pequena quantidade de solução radioativa – ou a simples queima da alga a 500°C, que elimina a biomassa e deixa como resíduo apenas uma pequena bolinha de tório, menor que uma bola de gude. “De qualquer forma, é uma redução significativa no volume de material a ser armazenado”, destaca Costa.

### Trilhando o desconhecido

A pesquisa teve início ainda na década de 1990, quando Costa estudou diversas algas do litoral brasileiro e descobriu que muitas delas eram capazes de atrair certos metais dissolvidos em água, com maior ou menor intensidade. A escolha do sargaço deveu-se à eficiência apresentada pelas algas marrons em geral – espécies marinhas, freqüentemente encontradas nas praias, que possuem um aspecto gelatinoso – na absorção de metais e a facilidade de encontrá-lo na natureza. O sargaço é abundante em várias praias do Sudeste e do Nordeste do Brasil, chegando até a causar problemas ambientais e turísticos, quando se acumula na areia. Em seu estudo, Picardo escolheu testar a capacidade de atração da alga em relação ao tório. Segundo Costa, esse é um

dos elementos mais comuns nos dejetos radioativos – ao lado do urânio – e apresenta uma meia-vida muito longa, maior até que a idade da Terra (cerca de 4,5 bilhões de anos). “Por isso, precisa ser armazenado eternamente”, ressalta.

Para descobrir se as algas eram capazes de retirar o tório da solução-teste, elas foram mergulhadas em ampolas de 100 ml contendo o elemento dissolvido em diferentes concentrações. Depois, verificou-se a velocidade com que o metal se acumulava na superfície do sargaço, através de medições periódicas de suas concentrações na solução. Segundo Costa, o sargaço teve desempenho semelhante ao da resina de troca iônica, que absorve rapidamente o material radioativo. “Foi um sucesso total”, enfatiza. Em outro teste, foi avaliada a ação das algas em quantidades maiores de solução. Depois de encher tubos de acrílico com sargaço, os pesquisadores bombearam soluções com tório em diversas concentrações para dentro deles, a partir da base. Quando as soluções alcançavam a borda superior do tubo, o nível de tório era medido. “Não havia mais sinal do elemento, pois ele tinha ficado retido na alga”, conta o químico.

### Alternativa bem mais barata

Na última fase da pesquisa, iniciada em abril, o sargaço está sendo usado em uma situação real: tratar o efluente gerado pelos testes de laboratório do IRD. Apesar de esse material conter diversos metais pesados e radioativos, somente os níveis de tório em solução estão sendo acompanhados durante todo o processo. Os pesquisadores decidiram ainda fazer a caracterização total do efluente no início e no fim do tratamento, para verificar se o sargaço também influi nas quantidades de outras substâncias em solução. “A idéia é que a alga substitua a resina de troca iônica em pouco tempo, mesmo que inicialmente seja apenas para os resíduos de tório”, prevê Costa. Essa etapa final deve ser concluída em junho deste ano.

Vantagens não faltam nessa substituição. A primeira e maior delas é econômica. O Brasil importa toda a resina de troca iônica que utiliza por um preço que varia entre US\$ 20 e 600 o quilo. Já o sargaço, por ser abundante, custaria muito menos. Além disso, a quantidade de sargaço necessária para absorver o tório é bem pequena: apenas 2 g de biomassa, equivalente ao volume usado de resina para cada litro de efluente. O único problema é que a alga só pode ser utilizada cinco vezes – depois de ter sido limpa com ácido –, enquanto a resina suporta mais. Mas como sargaço é comum e barato, os pesquisadores pensam em usá-lo apenas uma vez e depois queimá-lo, para produzir resíduos menores de tório. Diante do sucesso da pesquisa, outra tese de mestrado, desta vez realizada no próprio IRD, se propõe agora a estudar a ação do sargaço sobre o urânio.

Sargaço dentro de um sistema de laboratório utilizado no tratamento de soluções com metais



**Marcelo Garcia**  
Ciência Hoje/RJ

# Válvulas ‘recauchutadas’

Um transplante inédito de válvula cardíaca foi realizado recentemente na Santa Casa de Misericórdia de Curitiba (PR). Pela primeira vez no continente americano, foi implantada em um paciente uma válvula de um doador revestida com células do próprio receptor, evitando assim uma possível rejeição. A técnica que viabilizou o procedimento foi desenvolvida pela equipe do Laboratório de Engenharia de Tecidos da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, em parceria com a Universidade Humboldt, da Alemanha.

A válvula do doador foi ‘descelularizada’ e, em laboratório, repovoada com células extraídas da veia safena do paciente, que então recebeu uma válvula idêntica à sua, só que sadia. “A intenção é criar válvulas que, uma vez implantadas no doente, o curem definitivamente, sem criar problemas de rejeição”, disse o ci-

rurgião Francisco Affonso da Costa, coordenador da equipe. Para obtê-la, células retiradas do endotélio da veia safena do paciente foram cultivadas em laboratório juntamente com a matriz de uma válvula humana esvaziada de suas células. Em quatro semanas a matriz se revestiu de todos os componentes celulares.

## Banco de válvulas único

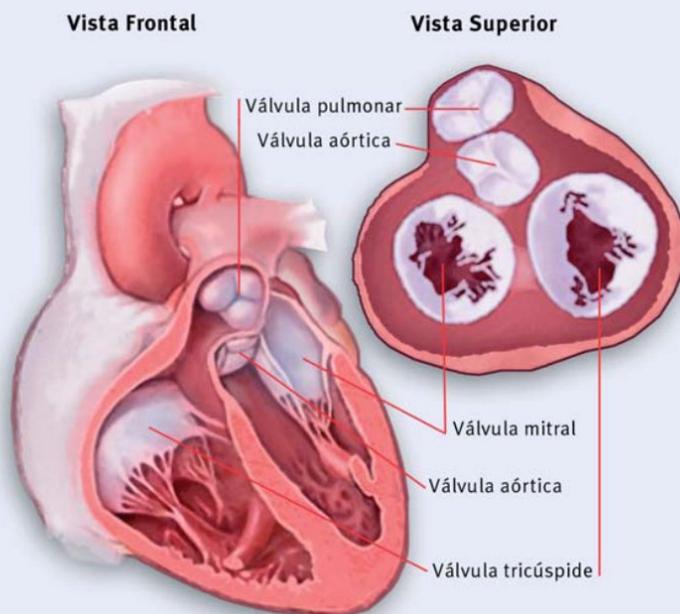
A Santa Casa de Misericórdia de Curitiba tem o único banco de válvulas cardíacas do Brasil. As válvulas humanas apresentam vantagens em relação às mecânicas ou às de animais, mas, quando transplantadas, o organismo reconhece o tecido como estranho e ataca suas células, deixando apenas uma estrutura acelular. A equipe de Costa vem aperfeiçoando as técnicas de transplante cardiovascular para superar as desvantagens dos procedimentos convencionais e me-

lhorar a qualidade de vida do paciente, reduzindo a necessidade de novas cirurgias e o uso de medicamentos. Válvulas defeituosas, aterosclerose, doenças congênitas, reumatismo e infecções estão entre os problemas que levam pessoas de todas as idades a necessitar de transplante de válvulas do coração.

As alternativas convencionais para substituição de válvulas com defeitos são próteses biológicas (que podem ser humanas, bovinas e suínas) ou mecânicas.

As animais apresentam bom desempenho, mas têm a desvantagem de degenerar com o tempo. Elas chegam a durar 12 anos em pacientes de aproximadamente 60 anos, mas em crianças se calcificam em cerca de cinco anos. Trata-se, portanto, de uma solução indicada para pacientes mais velhos. As válvulas humanas têm maior durabilidade, mas sua disponibilidade não supre a demanda.

As válvulas mecânicas não se parecem em nada com as nossas. São feitas de uma liga metálica de carbono e funcionam durante toda a vida do paciente. O problema é que elas criam áreas de estagnação do sangue, propiciando a formação de coágulos. Por isso, quem recebe uma válvula mecânica precisa tomar medicamentos anticoagulantes pelo resto da vida e deve se submeter a exames mensalmente. Ainda que essa rígida disciplina seja obedecida, há risco de embolia (desprendimento de um coágulo que, através da circulação sanguínea, pode atingir o cérebro, impedindo oxigenação adequada) e de hemorragia (causada



pelas drogas anticoagulantes) em até 1,5% dos casos.

“Em pacientes jovens e pobres, que não têm acesso aos medicamentos, as próteses mecânicas causam muitos problemas, e as biológicas duram pouco tempo”, diz o cirurgião. Uma alternativa é retirar as células da válvula do doador, esvaziando-a, e deixar uma estrutura que será preenchida por células do próprio paciente no interior de seu organismo. As pesquisas mostram que essa é uma solução mais durável que o uso de válvulas humanas criopreservadas (conservadas em baixa temperatura). No caso das válvulas criopreservadas, o que se vê é uma estrutura vazia, já que o organismo reconhece as células como estranhas e as rejeita. O ataque dos anticorpos causa a sua redução, o que não ocorre com a válvula descelularizada.

Em três anos, a Santa Casa de Misericórdia de Curitiba já fez implantes de válvulas descelularizadas em 50 pacientes, que passam bem. Por meio desse procedimento, observa-se, após alguns meses, que a válvula implantada é povoada por células do organismo do próprio paciente. Mas, ao contrário do que gostariam os pesquisadores, o repovoamento das células no interior do organismo não é completo. Por isso as pesquisas prosseguiram, até que se chegasse à válvula implantada no paciente já com suas próprias células. Como o processo é caro e lento, exigindo laboratórios sofisticados, as pesquisas seguem adiante. Outra idéia, ainda a ser posta em prática, é usar células-tronco para reproduzir a válvula do paciente. “Esse estado da arte em próteses é revolucionário, e a PUC do Paraná está na vanguarda mundial”, afirma Costa.

**Helen Mendes**

Especial para *Ciência Hoje/PR*

ENGENHARIA DE ALIMENTOS

## PRODUÇÃO DE TOMATE SECO MAIS RÁPIDA E BARATA

O uso de tomate seco na culinária é cada vez mais popular. Para atender a essa demanda em crescimento, o trabalho é grande e demorado: a iguaria, produzida de forma artesanal, leva cerca de 18 horas para ficar pronta. Mas isso pode mudar. Um novo processo de produção desenvolvido por uma empresa baiana e financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (Fapesb) promete diminuir o tempo de preparo do tomate seco para apenas seis horas.



Hoje o tomate seco é produzido em fornos como os de padaria, onde o fruto é desidratado a uma temperatura média de cerca de 70°C. Esse processo, conhecido como batelada, precisa ser interrompido algumas vezes, para que o produto seja manuseado e desidratado de maneira uniforme. O novo método aposta na eliminação dos tempos ociosos e da manipulação. “Desenvolvemos um equipamento que permite desidratar o tomate de forma contínua, sem intervalos, o que representa uma redução de 30% no custo de fabricação e um aumento de 60% na produção”, explica a arquiteta Karen Poli, proprietária da empresa Fruto Mágico, responsável pelo projeto. Além disso, o novo processo diminui a perda de nutrientes (como a vitamina C e o licopeno) decorrente do aquecimento prolongado do tomate e garante um produto final mais seguro e com mais qualidade por causa da eliminação do manuseio.

Para simular o novo método e comprovar sua eficiência, Poli usou fornos tradicionais adaptados. O primeiro protótipo do aparelho desenvolvido pela pesquisadora deverá ser instalado até o fim do ano na cidade de Palmeiras, na Chapada Diamantina (BA), e terá capacidade de desidratar 10 toneladas de tomate por dia. Para agregar valor ao produto que irá comercializar, a arquiteta analisa o tomate seco feito a partir de 21 variedades diferentes do fruto — usando o método convencional — para escolher o mais saboroso. “Pretendemos vender tanto os tomates secos mais baratos quanto a nova tecnologia, em sistema de representação”, prevê.

**NOVA LISTA VERMELHA** • A organização não-governamental União Conservacionista Mundial (IUCN, na sigla em inglês) divulgou a Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas de 2006. A relação inclui 16.119 espécies de animais e plantas ameaçadas de extinção, 530 a mais que o número registrado no último inventário, de 2004. O Brasil é um dos recordistas, com 721 espécies em risco. A lista mostra uma taxa de extinção mundial de espécies milhares de vezes maior do que seria natural e que tende a aumentar ainda mais nos próximos anos, principalmente pela destruição de habitats, problema que atinge mais de 80% de mamíferos, aves e anfíbios do mundo.

O levantamento também aponta um grande número de animais aquáticos ameaçados, como tubarões, raias e peixes de água doce. A IUCN estudou 40 mil espécies animais e vegetais, das 1,8 milhão conhecidas, o que significa que os números ainda podem estar muito subestimados.

# Quem protege a polícia?

**U**ma das ações do tráfico que mais marcaram os dias de terror vividos na cidade de São Paulo, em maio último, foi o extermínio de policiais. Pode parecer uma ação isolada, mas uma pesquisa da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), realizada no Rio de Janeiro, onde esse tipo de crime ocupa mais regularmente as páginas dos jornais, revela alarmantes taxas de mortalidade e de ferimentos entre policiais da cidade e aponta problemas crônicos na segurança pública do país. Este é o primeiro estudo brasileiro a abordar a questão da violência do ponto de vista do policial.

Realizada entre 2000 e 2004 pela sanitarista e psicóloga Ednilsa Ramos de Souza e pela socióloga Maria Cecília de Souza Minayo, do Centro Latino-ameri-

cano de Estudos de Violência e Saúde Jorge Careli (Claves), da Fiocruz, a pesquisa levantou dados sobre o número de integrantes das polícias Militar (PM) e Civil (PC) do Rio de Janeiro e da Guarda Municipal da cidade que sofreram agressões ou morreram em ou fora de serviço. Também foi analisado o estado psicológico desses profissionais, a partir de entrevistas individuais e coletivas.

As estatísticas apontam um quadro preocupante de abandono das corporações, má formação dos policiais, grande exposição à violência e estresse, o que vem se agravando a cada ano. A taxa de mortalidade por agressões entre policiais militares da capital fluminense no ano 2000, por exemplo, foi de 356,23 para 100 mil

policiais, 3,65 vezes maior que a da população masculina da cidade, 7,2 vezes maior que a da população carioca em geral e 13,3 vezes maior que a do Brasil. Já a Polícia Civil apresentou índice apenas 1,7 vez menor que o da PM, enquanto para a Guarda Municipal a taxa foi 6,4 vezes menor.

Souza diz que eram esperados índices mais altos para a PM, mas que as cifras resultaram exageradamente maiores. “Trata-se de uma polícia de confronto, mais exposta”, explica. “Mas taxas tão altas mostram que algo está errado na segurança pública.” Ela explica que os menores índices encontrados na Guarda Municipal se devem ao tipo de agente social que ela enfrenta, menos perigoso. “As agressões se dão, em geral, com pedras ou pedaços de madeira.”

Em relação à quantidade de licenças por incapacidade física parcial (que tira o policial de ação apenas por algum tempo e pode ser causada por motivos diversos, entre eles estresse e traumas físicos gerados pela violência), os resultados apontam um crescimento surpreendente nos últimos anos. Entre 2000 e 2004, os índices subiram 166,5% entre os oficiais e 227% entre os soldados da PM carioca. “Esses dados podem estar subestimados”, pondera Souza, lembrando que muitas vezes o policial é ferido mas não relata o caso, com medo de ser afastado e perder sua gratificação.

## Problema crônico

Os altos índices são resultado, segundo Souza, de problemas que já se arrastam e se agravam há anos. “Apesar da taxa de homicí-



FOTO LEONARDO FALASCHINI

dios dolosos [intencionais] ter diminuído no Brasil entre 2000 e 2004, no Rio houve uma alta de mais de 2%", compara a pesquisadora. Má formação, equipamentos precários, remuneração incompatível, aliados ao aumento da tensão entre a polícia e o tráfico de drogas são apenas alguns dos motivos que explicam essa situação.

Um dos dados mais alarmantes revelados pela pesquisa é o número de policiais vitimados em seu horário de folga, muito maior do que o dos que morrem em serviço. Entre as razões para explicar isso, destacam-se os baixos salários, que levam os policiais a trabalhar durante suas folgas como agentes de segurança particular, para completar o orçamento. "Eles acabam ficando mais expostos à ação dos criminosos", explica Souza. "Muitas vezes já estão visados e acabam mortos em sua folga."

A psicóloga aponta o acirramento do combate a traficantes, ocorrido durante a década de 1980, como outro componente importante dessas mortes, pois transformou os dois grupos em inimigos, seja em serviço ou não. Assim, muitas vezes, ao ser identificado, no papel de segurança particular ou durante um simples assalto, o policial é executado pelo bandido. "Esse risco faz com que os policiais deixem sua carteira de identidade em casa para não serem reconhecidos", conclui a pesquisadora.

A formação deficitária da polícia também é apresentada por Souza como um grave problema. "Fora do horário de trabalho, o policial acaba andando armado e age em situações em que não deveria se envolver, como em assaltos a ônibus", explica. A pesquisa mostrou que os próprios policiais consideram seu treinamento rápido demais e gostariam de ter uma educação mais longa, tanto teórica quanto prática.

Na Polícia Civil, por exemplo, uma instituição de orientação investigativa, Souza identifica um problema na formação teórica dos alunos que atrapalha o trabalho e a luta por melhores recursos. "O policial civil se espelha no seu colega militar e, por isso, pede mais aulas de tiro ao alvo", exemplifica a psicóloga, "mas ele deveria ter mais aulas de técnicas investigativas e melhor material para investigação."

A falta de aparelhagem também compromete a ação policial. Segundo Souza, os policiais sabem que se encontram defasados em relação ao crime organizado, pois contam com armas menos potentes ou que não funcionam, com menos munição, têm carros menos possantes, coletes inadequados, entre diversos outros problemas. "É preciso investir em aparelhagem adequada ao trabalho do policial", insiste. "Na guarda municipal, por exemplo, o excesso de ferimentos de seus integrantes estimulou a compra de joelheiras e cotoveleiras, o que resolveu o problema."

### **Policiais 24 horas por dia**

Toda essa falta de estrutura tem conseqüências psicológicas sérias para os policiais. Segundo Souza, a pesquisa mostrou que eles têm consciência da fragilidade de sua posição. Isso os deixa em um estado de alerta em tempo integral, atrapalhando seus momentos de lazer. "Eles nunca deixam de ser policiais, o que traz graves conseqüências psicológicas", explica a psicóloga. Segundo ela, para não perder gratificações, muitos passam até quatro anos sem tirar férias, o que piora seu estado de estresse.

Apesar disso, os policiais afirmam que não pensam em exercer outra profissão. A maioria admite, entretanto, que gostaria de ter melhores condições de trabalho. "Eles se sentem vulneráveis e pouco reconhecidos", afirma



Souza, explicando como se ressentem da imagem que a sociedade tem deles. Apesar de admitir que a corrupção existe, todos se mostraram contrários a essa prática e culpam a imprensa por divulgar apenas o lado negativo da atuação policial.

Souza acredita que, por ser o primeiro estudo que observa a violência do ponto de vista do policial, ele possa servir de alerta para a sociedade. "São claros os sinais do descaso das autoridades competentes, o que gera uma polícia mal aparelhada e mal treinada, com pouca chance de combater o crime organizado", critica. Segundo ela, resolver esses problemas deveria ser o foco de qualquer política de segurança pública séria. "É necessário valorizar e proteger os policiais, renovar os equipamentos e a formação prática e teórica desses profissionais, sem esquecer de investir no controle da criminalidade."

A próxima fase da pesquisa vai abordar o policial do interior do estado, normalmente relegado a segundo plano. Souza encontrou grande dificuldade para comparar seu estudo com resultados obtidos em outras regiões do país, pois esses dados simplesmente não existem.

**Marcelo Garcia**  
Ciência Hoje/RJ

PALEONTOLOGIA Dinossauro carnívoro parente das aves atuais viveu no território brasileiro



ILUSTRAÇÃO PERI

## O 'dino-ave' mineiro

Recriação artística de confronto entre dois maniraptores (à esquerda) e outros animais que também viviam, há 70 milhões de anos, na região onde a garra fóssil (abaixo) foi descoberta

Uma pequena garra fossilizada de 5,5 cm de comprimento é a evidência de que mais um dinossauro carnívoro habitava as savanas brasileiras há cerca de 70 milhões de anos. Descoberta em Peirópolis, distrito de Uberaba (MG), a espécie, que os pesquisadores acreditam ser única no mundo, pertence ao grupo dos maniraptores, predadores ágeis e vorazes e antepassados das aves atuais. O 'dino-ave' de Peirópolis, como foi apelidado, foi identificado como maniraptor e reconstituído com base no que os cientistas já conhecem sobre esse

grupo: media apenas 80 cm de altura, mas tinha cerca de 2 m de comprimento e pesava até 80 kg.

A garra encontrada há dois anos, com forma de foice e afiada, era certamente um importante instrumento de caça, que permitia à espécie disputar alimentos com grandes predadores, como carnossauros (dinossauros carnívoros) e o *Uberabasuchus terrificus* (crocodilo do mesmo período) anteriormente identificados por fósseis na mesma região (ver 'Um feroz predador do Cretáceo' em CH nº 214). O sítio paleontológico de Peirópolis tem sido, nos últimos anos, uma rica fonte de fósseis de dinossauros.

A nova espécie foi descrita pelos paleontólogos Luiz Carlos Borges Ribeiro (do Centro de Pesquisas Paleontológicas Llewellyn Ivor Price, de Uberaba) e Ismar de Souza Carvalho (da Universidade Federal do Rio de Janeiro), ambos brasileiros, e pelo argentino Fernando Emiliano Novas (do Museu Argentino de Ciências Na-

turais). "Vamos continuar as escavações para descobrir novos elementos fósseis, que forneçam mais dados sobre a anatomia desse maniraptor brasileiro. Só então poderemos caracterizar melhor e finalmente nomear a espécie", afirmou Carvalho.

As semelhanças entre dinossauros e aves foram comprovadas nos anos 90, através de diversos fósseis de maniraptores descobertos na Alemanha e na China, mas esses achados eram mais antigos, com cerca de 124 milhões de anos. Já o dino-ave de Peirópolis vivia em um período bem próximo ao da extinção dos dinossauros, ocorrida há cerca de 65 milhões de anos. Portanto, segundo os paleontólogos que o descobriram, esse predador carnívoro das savanas brasileiras traz uma informação valiosa para os estudos sobre a evolução das aves.

**Rosa Maria Mattos**  
Especial para *Ciência Hoje/RJ*

DIVULGAÇÃO





**DE CARONA PARA A ANTÁRTIDA** • No verão de 2004/2005, o glaciólogo Jefferson Cardia Simões tornou-se o primeiro brasileiro a atingir o pólo Sul geográfico da Terra por via terrestre. Junto com uma expedição chilena, ele percorreu 2.300 km e enfrentou temperaturas de até  $-40^{\circ}\text{C}$  e ventos de 160 km/h. Agora, o Núcleo de Pesquisas Antárticas e Climáticas (Nupac), da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), do qual Simões faz parte, lança um sítio ([www.ultimafronteira.com.br](http://www.ultimafronteira.com.br)) interativo, que traz o material relativo à expedição, desde informações e fotos sobre o continente gelado até os principais trabalhos realizados pelos cientistas. O material ressalta a importância de se conhecer a Antártida e mostra o quanto seu estudo pode servir para recontar a história do próprio planeta e analisar a ação humana sobre a natureza. Fica, também, a esperança do envio, nos próximos anos, da primeira missão 100% brasileira que chegue aos confins antárticos.

**TINTA ANTICORROSIVA** • Uma tinta mais eficiente que o aço inoxidável para proteger equipamentos industriais da corrosão foi produzida e patenteada por pesquisadores da Coppe/UFRJ. Feita à base de nióbio, metal cujas maiores reservas se encontram no Brasil, a tinta anticorrosiva será útil para indústrias que manipulam gases corrosivos, substâncias submetidas a altas temperaturas ou reagentes químicos. A nova tecnologia deve baratear os custos e simplificar o trabalho, já que o aço inoxidável é menos maleável e 100 vezes mais caro que o convencional.

**FÓRUM DE COSMOLOGIA** • A cosmologia brasileira acaba de ganhar um poderoso aliado. Para tentar aproximar a comunidade de pesquisadores geograficamente dispersa pelo território nacional, foi criado o Fórum Brasileiro de Cosmologia, chamado Cosmo BR, um sítio na internet que visa fomentar discussões e colaborações entre cientistas de várias partes do país. O Cosmo BR foi dividido em diversos grupos de discussão temáticos e possui um mural com avisos, encontro e eventos do interesse dos cosmólogos. O novo recurso, aberto tanto a pesquisadores quanto interessados pela cosmologia em geral, está acessível na página <http://www.astro.iag.usp.br/~cosmobr/>.

## DEMOGRAFIA

**ESCOLARIDADE E DESIGUALDADE**

Um recente estudo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) revela a influência da escolaridade da mulher sobre aspectos demográficos e trabalhistas. Chama-se Síntese dos Indicadores Sociais, a pesquisa mostra, entre outros resultados, que as taxas de natalidade e mortalidade infantil são menores quando as mães têm alto nível de escolaridade. O levantamento, que se baseou na Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios realizada em 2004, comprova também que a diferença salarial entre mulheres e homens aumenta em grupos com maior grau de formação.

Segundo a pesquisa, a probabilidade de as mulheres das regiões Sul e Sudeste com oito ou mais anos de estudo terem um terceiro filho é de cerca de 50%, enquanto para as do Norte e Nordeste que estudaram até três anos essa taxa é de 90%. Em uma mesma região, as mulheres menos escolarizadas chegam a ter em média mais que o dobro de filhos das que estudaram mais tempo. A escolaridade da mãe também influencia a mortalidade infantil: o número de mortes de crianças de até um ano cujas mães têm oito ou mais anos de estudo é de 14 em cada mil nascimentos (14‰) no Sul e Sudeste; já entre as mulheres com até três anos de estudo no Nordeste esse índice salta para cerca de 53‰.

Em relação ao mercado de trabalho, a pesquisa evidencia a desigualdade de remuneração entre os sexos, que se torna maior em função do aumento da escolaridade: mulheres com até quatro anos de estudo recebem em média 80,8% do rendimento de homens com o mesmo grau de escolarização, enquanto no grupo com 12 ou mais anos de formação o rendimento feminino cai para 61,6% do masculino. Além disso, o estudo mostra que, em média, apenas 3,9% das mulheres brasileiras ocupam cargos de direção, proporção que entre os homens sobe para 5,5%. A exceção é Brasília, com 8% de mulheres nesse tipo de posto, o que se deve ao serviço público, onde as promoções são feitas por critérios mais igualitários.

## NOVO MÉTODO DE DATAÇÃO GEOLÓGICA

Uma nova maneira de determinar a idade de falhas geológicas foi desenvolvida no Instituto de Física Gleb Wataghin (IFGW) da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Resultado da tese de dou-

torado do físico Eduardo Curvo, o método aplica uma técnica já existente ao mineral epídoto, que, por ser mais comum em falhas tectônicas, permite uma melhor reconstituição de sua história geológica. O cálculo da idade do mineral é baseado no número de marcas deixadas em sua superfície pela quebra de átomos (fissão espontânea) de urânio natural presente como impureza nos minerais e no intervalo de tempo entre a ocorrência dessas fissões, que no caso do urânio alcança 11.700 trilhões de anos (vida média).

O método é comumente usado com o mineral apatita, especialmente em pesquisas relacionadas à produção de petróleo. Curvo, no entanto, resgatou o uso do epídoto,

cujas pesquisas tinham sido abandonadas no final da década de 1970. “Padronizamos o tratamento químico necessário para visualizar as marcas, conseguimos aproveitar as informações geradas por traços especiais de difícil leitura característicos do epídoto e fizemos simulações para determinar a ação do tempo e das variações de temperatura sobre essas marcas”, explica o físico.

Em um teste na serra da Mantiqueira (SP), o novo método mostrou respostas que complementam as da apatita. Curvo pretende agora aprimorar a técnica através de testes no Nordeste, na região de Brejuí (RN), cuja datação inicial remete a 550 milhões de anos, período geologicamente conhecido como Orogenia Brasileira.



GRUPO DE CRONOLOGIA/IFGW/UNICAMP

### NOVAS ESPÉCIES NO CERRADO • Vinte

espécies desconhecidas do grupo Squamata, que inclui lagartos, serpentes e anfisbenas (cobras-de-duas-cabeças), foram encontradas no cerrado brasileiro. Um estudo feito pelo especialista em répteis Cristiano Nogueira, da organização não-governamental Conservação Internacional, durante sete anos em 10 áreas de cerrado de seis estados do Brasil, resultou na descoberta de nove lagartos, nove serpentes e duas anfisbenas não identificados antes, além de algumas espécies raras, como serpentes que não eram vistas desde 1921. Foram catalogadas 236 espécies de répteis no cerrado, 76 a mais do que o total conhecido. A maioria delas é endêmica, tem pouca resistência a mudanças ambientais e se distribui principalmente em áreas abertas, as mais afetadas pela expansão da fronteira agrícola no país.

**TIÊ-BICUDO EM CASA •** Depois de desaparecer por 66 anos e ser dado como extinto, o tiê-bicudo (*Conothraupis mesoleuca*) está de volta. Em 2004, o ornitólogo Dante Buzzetti, do Centro de Estudos Ornitológicos, encontrou pássaros que pareciam pertencer à espécie no Parque Nacional das Emas, em Goiás. A comprovação, no entanto, só foi obtida recentemente, depois de compará-los com os registros da descrição da ave e com o único exemplar empalhado da espécie, ambos guardados no Museu Nacional de História Natural, em Paris. O ornitólogo encontrou o pássaro em matas de galeria, o que desfez a crença de que ele habitasse as terras mais secas do cerrado. Buzzetti foi o primeiro pesquisador a encontrar uma fêmea do animal e registrar seu canto. Um casal de tiês-bicudos foi avistado em quatro pontos diferentes do parque, o que pode indicar a existência de até oito exemplares na região.



DANTE BUZZETTI

# Einstein e a física moderna dos sólidos

No ano passado, celebrou-se, em todo o mundo, o Ano Internacional da Física. A data foi escolhida para marcar os 100 anos do 'Ano miraculoso de Einstein', no qual esse físico de origem alemã publicou vários trabalhos que revolucionaram a física desde então. Porém, quando se celebra Einstein, cosmólogo, pai da teoria da relatividade, muitas vezes são deixadas, em segundo plano, algumas de suas contribuições cujo impacto é muito mais direto em nossas vidas. Um exemplo é o trabalho pioneiro concluído em 1906 e que é considerado marco da criação da física do estado sólido moderna.



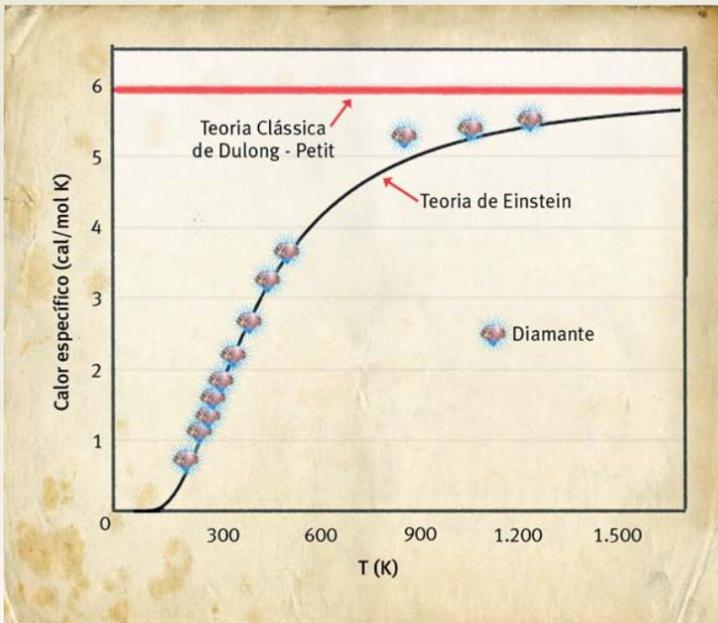
Hoje, para o público em geral, o nome de Albert Einstein (1879-1955) está associado a alguns dos trabalhos publicados em 1905, assim como (e principalmente) à teoria da relatividade geral, publicada em 1916 e cuja comprovação histórica, três anos mais tarde, fez dele uma personalidade mundial.

Os trabalhos de 1905 subverteram as noções comuns de tempo e espaço absoluto. Um deles trouxe a famosa equação  $E = mc^2$ , que relaciona matéria e energia e que abriu as portas para a era nuclear. A relatividade geral tornou-se a teoria modelo para a gravitação. Essas contribuições foram intensamente divulgadas e discutidas no ano passado.

Porém, o foco aqui recai sobre um trabalho bem menos conhecido: o artigo 'Teoria da radiação de Planck e a teoria do calor específico', finalizado em 1906 e publicado no ano seguinte na revista *Annalen der Physik* (vol. 22, n. 180). Nele, Einstein utilizou, pela primeira vez, o conceito de *quantum* para explicar o comportamento térmico dos sólidos submetidos a amplas variações de temperatura. Além de contribuir para a aceitação da hipótese do *quantum* de energia, proposta pelo físico alemão Max Planck (1858-1947), esse trabalho abriu as portas para, por exemplo, os avanços da eletrônica.

De fato, outra revolução na física havia sido iniciada em 1900 por Planck e na qual Einstein iria também desempenhar um papel fundamental. Em seu trabalho para explicar propriedades da luz emitida por um orifício que leva ao interior de um forno superaquecido (o chamado problema do corpo negro), Planck precisou introduzir a hipótese radical de que, na natureza, a luz, bem como outras formas de radiação, são geradas e absorvidas em diminutos 'pacotes' de energia, os chamados *quanta* (ou, *quantum*, no singular), e não de modo contínuo, como se pensava até então. É preciso lembrar que a noção de continuidade estava arraigada em toda a física clássica da época e na própria ferramenta matemática utilizada para descrever os fenômenos físicos, o cálculo infinitesimal. A hipótese do *quantum* de energia foi um gesto extremo que o próprio Planck relutou em aceitar como realidade física. No entanto, Einstein, em 1906, utiliza-a para resolver um problema pendente e fundamental da termodinâmica. ▶

Há 100 anos



Calor específico do diamante (eixo vertical) para diversas temperaturas (eixo horizontal). Os pontos em azul são os dados experimentais do diamante usados por Einstein em seu trabalho original. A curva (em preto) representa a previsão com base na teoria de Einstein, enquanto a linha vermelha mostra a teoria clássica de Dulong-Petit

Para compreender o trabalho de Einstein sobre o calor específico dos sólidos, é preciso retornar ao século 19, no qual foram travadas as primeiras batalhas para se estabelecer e comprovar a teoria atômica da matéria. Naquele momento, dispunha-se de uma teoria macroscópica muito bem-sucedida, a termodinâmica, que permite compreender o comportamento de gases, líquidos e sólidos em amplas faixas de temperatura e pressão, inclusive as transformações entre essas fases, como a fusão, vaporização etc. (ver 'Uma base microscópica para a termodinâmica').

Voltemos ao trabalho de Einstein de 1906. Sólidos com a mesma massa, ao receberem igual quantidade de calor, aumentam sua temperatura, porém esses aumentos serão diferentes, pois dependem da natureza do sólido (por exemplo, se é um pedaço de ferro ou um diamante).

O calor específico é uma propriedade característica de um material e nos informa a quantidade de calor que é necessária fornecer, digamos, a um grama desse material para que a temperatura dele aumente de um grau celsius. Do ponto de vista da teoria molecular da matéria, um sólido é constituído de átomos, que podem vibrar em torno de suas posições de equilíbrio com qualquer valor da energia. Ao se fornecer calor para o sólido, os átomos vibrarão mais intensamente, aumentando a temperatura do sistema.

No início do século passado, a teoria vigente do calor específico, de Dulong-Petit – referência aos físicos franceses Pierre Dulong (1785-1838) e Alexis Petit (1791-1820) – afirmava que essa grandeza dependia apenas da quantidade de átomos no material

e era independente da temperatura. Ou seja, a quantidade de calor necessária para aumentar em um grau a temperatura de um bloco de ouro de um grama é a mesma, independentemente de esse bloco estar a 100 graus celsius negativos ou à temperatura ambiente. Essa teoria, entretanto, estava em desacordo com experiências que relacionavam o calor específico de substâncias com a temperatura delas.

Em sua teoria do calor específico, Einstein continua tratando os átomos do sólido como osciladores independentes. Entretanto, ele generaliza a hipótese de Planck, postulando que esses osciladores só podem oscilar com valores discretos de energia (ou seja,  $\epsilon_0, 2 \epsilon_0, 3 \epsilon_0, \dots, n \epsilon_0$ ), múltiplos inteiros de uma energia fundamental de oscilação ( $\epsilon_0$ ), sendo esta última característica de cada material.

A teoria de Einstein prevê para o calor específico dos sólidos uma forte dependência em relação à temperatura, como mostra a figura. Acima de uma temperatura característica e típica de cada material, o calor específico se reduz ao valor universal (ou seja, aquele obtido pela teoria de Dulong-Petit), que não depende mais da temperatura. A teoria prevê também que o calor específico tende a zero quando a temperatura se aproxima do zero absoluto (zero kelvin (K) ou 273 graus celsius (C) negativos). Quanto mais baixa a temperatura de um corpo, menor é a quantidade de energia de que se precisa para aumentar sua temperatura de um grau celsius.

Os resultados teóricos de Einstein atraíram a atenção do físico alemão Walther Nernst (1864-1941), que, em dezembro de 1905, havia anunciado a terceira e última lei da termodinâmica: a entropia de um corpo vai a zero quando sua temperatura se aproxima do zero absoluto. Porém, a lei de Nernst era incompatível com a teoria clássica de Dulong-Petit, que prevê que o calor específico se mantém finito e constante em todas as temperaturas.

Portanto, o calor específico está relacionado com a entropia, e, com base na terceira lei da termodinâmica, deve se anular quando a temperatura também se anula, como prevê a teoria de Einstein. De fato, foi para falar sobre esse trabalho que Einstein foi convidado a participar do primeiro Congresso Solvay, realizado em 1911, na Bélgica, e do qual Nernst era um dos organizadores.

Ainda na figura, está mostrada a curva do calor específico obtida na teoria de Einstein, bem como resultados experimentais para o diamante que ele mesmo garimpou em tabelas especializadas. O acordo entre teoria e experiência na faixa de temperatura dos dados é estimulante. Existe apenas um parâmetro ajustável na teoria, que é a energia básica de oscilação atômica ( $\epsilon_0$ ), que, no caso do diamante, traduzida em temperatura, corresponde a aproximadamente 1.325 K. A figura ilustra também o fra-

## UMA BASE MICROSCÓPICA PARA A TERMODINÂMICA

A termodinâmica é baseada em conceitos gerais e envolve grandezas macroscópicas, como volume, pressão e temperatura. Ela estabelece relações entre essas grandezas e prescinde de um conhecimento sobre a natureza microscópica da matéria. Para essa teoria, cujo desenvolvimento está intimamente ligado ao das máquinas a vapor e à revolução industrial do século 19, é irrelevante o fato de gases serem constituídos de átomos ou moléculas.

A primeira lei da termodinâmica afirma que a energia é conservada em todos os processos naturais e que o calor é apenas uma forma de energia. Entretanto, nem todos os processos permitidos pela primeira lei (ou seja, que conservam energia) ocorrem na natureza. Imagine um barco equipado com um motor que retire energia (calor) da água do mar e a utilize para mover sua hélice. Isso naturalmente resfriaria um pouco a água, pois a energia na forma de calor estaria sendo extraída do mar e transformada em energia mecânica para girar a hélice.

A energia como um todo (no caso, calor mais energia mecânica) é conservada nesse processo, que está perfeitamente de acordo com a primeira lei. Mas ele não pode ocorrer na natureza. Essa é a asserção da segunda lei, que impede que o calor seja inteiramente transformado em energia mecânica. A segunda lei estabelece uma hierarquia entre as diferentes formas de energia. Energia mecânica pode ser transformada integralmente em calor, mas o reverso não é possível.

A segunda lei é essencialmente empírica. Ela introduz uma grandeza denominada entropia, que sempre aumenta em qualquer sistema que esteja isolado do mundo exterior. A segunda lei fixa uma

direção no tempo, quebrando a simetria entre passado e futuro. Imagine o leitor que fosse possível reunir todas as moléculas de ar de uma sala em um canto desta. Ao serem liberadas, elas iriam se redistribuir até preencher toda a sala de modo uniforme, e isso indefinidamente. O processo contrário (ou seja, as moléculas se aglomerando espontaneamente no canto da sala) jamais será observado (pelo menos tem probabilidade próxima de zero de ocorrer).

Ao longo do século 19, como consequência das tentativas de se estabelecer uma natureza atômica para a matéria (isto é, o fato de que toda a matéria é constituída de átomos e moléculas), procurou-se dar uma base microscópica para a termodinâmica. Assim, o calor foi identificado como energia cinética ou de movimento, sendo que o aumento da temperatura de um gás simplesmente significava que suas moléculas moviam-se mais rapidamente. Calor é energia na forma de movimento.

Entretanto, ao se buscar uma base microscópica para a segunda lei, os físicos viram-se diante de grandes dificuldades. Razão: as leis microscópicas que regem as colisões atômicas (ou seja, as leis da chamada mecânica clássica) são todas invariantes por inversão temporal. Em outras palavras, se filmássemos a colisão entre duas moléculas e depois passássemos o filme ao contrário, isso nos pareceria perfeitamente razoável. Agora, leitor, experimente reverter um filme da experiência anterior, mostrando a liberação de moléculas no canto de uma sala. Veríamos as moléculas se aglutinando, o que seria imediatamente reconhecido como um truque.

Esse é o cenário em que encontramos a termodinâmica no início do século passado e para o qual o físico austríaco Ludwig Boltzmann (1844-1906) colaborou de forma decisiva, inclusive colocando de forma clara as dificuldades nada triviais para se construir uma base microscópica dessa teoria. Einstein, em dois de seus trabalhos de 1905, explicou o movimento browniano – aquele observado com grãos de pólen depositados na superfície da água – como sendo resultado das colisões com moléculas do líquido, dando assim sua contribuição para o modelo molecular da matéria e a base microscópica da termodinâmica.

casso da teoria clássica de Dulong-Petit, da qual os resultados experimentais se aproximam da realidade apenas no limite de temperaturas altas.

É importante mencionar que a teoria de Einstein não está de acordo com os resultados experimentais em temperaturas muito baixas (abaixo de 250 K para o diamante). Em 1906, não havia medidas de calor específico disponíveis nessa faixa de temperatura. Einstein posteriormente aprimorou o modelo, sugerindo duas frequências características para os osciladores. Entretanto, o acordo perfeito só seria obtido, em 1913, com um trabalho do físico holandês Peter Debye (1884-1966), no qual ele propõe que os átomos em um sólido vibram em ondas (quantizadas) e não como osciladores independentes.

Para finalizar, vale dizer que impressiona, no tra-

balho de Einstein, a convicção com que ele introduz a quantização da energia dos osciladores em seu modelo. O jovem revolucionário, sem dúvida, deve ter ficado estimulado pela concordância entre teoria e dados experimentais. Seu trabalho é estimulante e nos coopta pela clareza da apresentação e da linha de raciocínio. Dá-nos a impressão de que a idéia, afinal, parece simples. Sua leitura desmistifica e nos mostra que os caminhos das grandes idéias são, muitas vezes, não só o da simplicidade norteadas pelos resultados experimentais, mas também o da ousadia.

### Mucio Continentino

*Instituto de Física,  
Universidade Federal Fluminense*

FÍSICA Mitos sobre a radiação permeiam o imaginário popular e são difundidos pela mídia

# Irradiação e contaminação radioativa. Qual a diferença?

Ary de Araújo Rodrigues Júnior

Departamento de Física, Universidade Estadual de Londrina (PR)

Quando há um acidente com material radioativo, é comum ouvirmos nos noticiários expressões totalmente vagas, como “a região ficou extremamente radioativa”. O que de fato ocorre quando há esse tipo de acidente? Apenas dois eventos: o material radioativo irradiará ou contaminará o meio ambiente. E o que vem a ser cada um desses eventos?

Em geral, o material radioativo tem duas embalagens: o recipiente interno, que o contém, e o recipiente externo, que é uma blindagem. A função dessa última é atenuar a radiação emitida. Assim, seu rompimento acarretará a exposição de objetos e seres vivos que estiverem nas proximidades.

Portanto, irradiação é quando uma fonte emite energia. Outros exemplos: o calor proveniente de uma vela, a luz emitida por um poste ou o som de uma buzina. Os objetos ou seres vivos expostos a essas fontes estão sendo irradiados. Todas essas fontes diminuem de intensidade com o quadrado da distância, ou seja, se duplicarmos a distância à fonte, a intensidade da energia diminuirá quatro vezes; se a triplicarmos, a intensidade diminuirá nove vezes, e assim por diante. Portanto, a intensidade da energia diminui com o quadrado da distância. Claro que o contrário também é verdadeiro: se caminharmos em direção às fontes, a intensidade crescerá na mesma proporção. A figura 1 permite visualizar

melhor essa propriedade.

Isso significa que, no caso de um acidente com material radioativo em que há apenas irradiação, a forma de proteção adotada pelas autoridades é o isolamento de uma área em

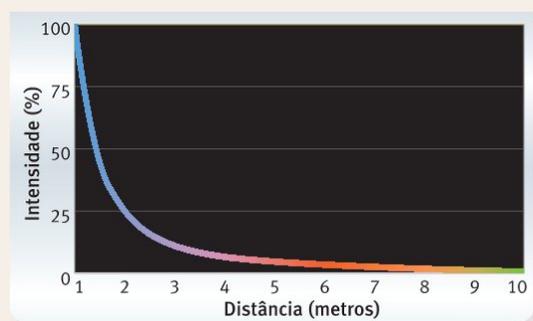
torno desse material, com um raio grande o suficiente para garantir que fora dela o nível de irradiação seja insignificante. Esse comportamento se aplica a fontes que emitem radiação eletromagnética, como a radiação gama ( $\gamma$ ), emitida por vários tipos de materiais radioativos. A radiação gama é uma onda eletromagnética, assim como as ondas de rádio, TV, microondas e a luz visível. Só que sua energia e, em consequência, sua frequência são muito maiores, como pode ser visto na figura 2.

Além da radiação gama, os materiais radioativos também emitem radiação em forma de partículas, como a alfa ( $\alpha$ ) e a beta ( $\beta$ ), mas essas radiações têm alcance muito menor. A radiação alfa, por exemplo, não consegue penetrar na pele humana (portanto, os materiais que só emitem esse tipo de radiação oferecem perigo apenas se forem ingeridos ou inalados). Já a radiação beta tem um poder de penetração maior, entrando alguns milímetros na pele, onde pode acarretar o aparecimento de câncer e problemas sérios nos olhos. Essa radiação, no entanto, não consegue atravessar alguns milímetros de alumínio ou o tecido das roupas que vestimos normalmente.

Mas será que um objeto ou ser vivo irradiados não acumulam radiação e a liberam aos poucos? Não, pois não há como estocar qualquer tipo de radiação. Por exemplo, você desliga a luz da sala, ela fica escura imediatamente. Também não é possível guardar luz ou ondas de rádio e TV em um saco de papel. Analogamente, ser iluminado por uma lâmpada não faz ninguém ficar luminoso.

Os três tipos de radiação (alfa, beta e gama) têm energia suficiente para quebrar as ligações químicas entre os átomos que formam as moléculas (essas ligações são estabelecidas pelo compartilhamento dos elétrons presentes nas coroas eletrosféricas). A radiação expurga esses elétrons, inviabilizando essas ligações. Esse fenômeno chama-se ionização, e as radiações com energia suficiente para produzi-la

Figura 1. Intensidade da energia emitida por uma fonte em função da distância



são chamadas ionizantes. A luz visível, as ondas de rádio e TV, bem como as microondas, por exemplo, não são ionizantes.

As células têm mecanismos de reparo para os danos provocados pela ionização, mas, se eles forem muito extensos, elas podem morrer ou mudar suas funções, o que poderá dar início a uma doença degenerativa, como o câncer. Mas, ao se afastar de uma fonte, um corpo estará recebendo cada vez menos radiação (e sofrendo menos os efeitos dela), até chegar a uma distância segura, em que o nível de radiação recebido seja desprezível.

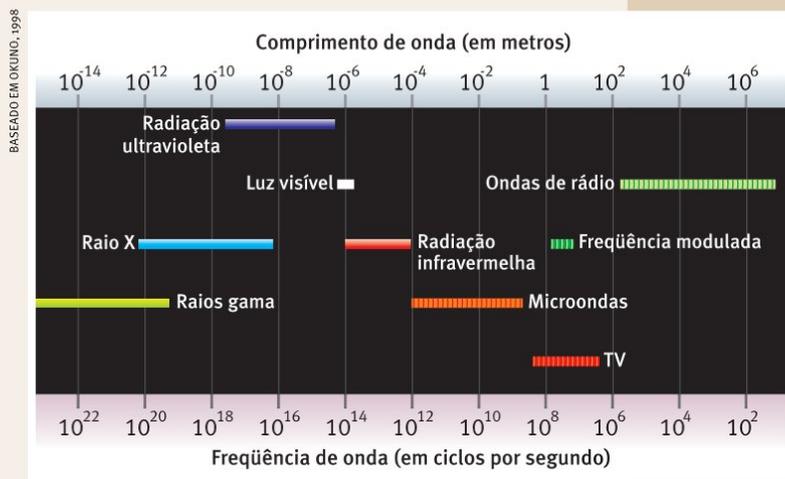
Concluindo: a irradiação não torna objetos ou seres vivos radioativos ou portadores de radiação. Portanto, depois da exposição, é possível tocá-los ou manuseá-los sem receio. No entanto, não se está considerando nessa conclusão a ativação por processos de irradiação, o que só é possível em condições de laboratório. Nessa ativação, elementos químicos se tornam significativamente radioativos após serem submetidos a grandes intensidades de radiação altamente ionizante por longos períodos de tempo.

Se, além da blindagem, o recipiente interno também se romper, o material radioativo poderá vaziar para o meio ambiente, ocasionando uma contaminação radioativa. Um objeto ou ser vivo que se impregnem com material radioativo contereão uma fonte radioativa que estará irradiando a eles, assim como a tudo e a todos por onde quer que eles passem.

Objetos ou seres vivos impregnados com material radioativo, depois de algum tempo, ficam radioativos em sua totalidade? Em medicina, a palavra contaminação indica que uma pessoa contém algo indesejável em seu organismo – por exemplo, metais pesados, como o chumbo, ou agentes causadores de doenças. Como esse último conceito sobre contaminação é o mais conhecido, é comum deduzir, a partir dele, que a contaminação radioativa também poderia proliferar no organismo, passando para outros seres vivos e provocando uma epidemia.

Os materiais radioativos não são seres vivos e, portanto, não têm como se reproduzir. Pessoas que se contaminam com material radioativo ou com metais pesados devem procurar ajuda médica especializada. Se for uma contaminação externa, as roupas impregnadas serão retiradas e isoladas, e a pessoa tomará um banho de água corrente, para retirar o restante da contaminação.

Se houver contaminação interna, além do acompanhamento médico, a pessoa poderá ficar internada: 1) para receber tratamento que vise a estimular a saída mais rápida da contaminação pelas fezes e pela urina (que devem ser coletadas e guardadas para não contaminar o meio ambiente); 2) para receber medicação adequada que reduza os efeitos da radiação ionizante no organismo; 3) para não irra-



diar outras pessoas. É importante notar que a contaminação tende a diminuir com o tempo.

Uma pessoa contaminada externamente pode contaminar outras pessoas direta ou indiretamente. Diretamente, por exemplo: se suas mãos estiverem impregnadas, a cada aperto de mão ela passará um pouco de material radioativo para a mão de outra pessoa. Indiretamente, por exemplo: se suas roupas estiverem contaminadas, ao sentar em um banco, ela deixará um pouco de material radioativo, que impregnará a roupa de outras pessoas que se sentarem naquele local. É importante destacar que: 1) o mecanismo de transmissão da contaminação radioativa é o mesmo de um elemento muito comum em nosso cotidiano: a sujeira!; 2) conforme a contaminação vai se espalhando, ela também vai se diluindo (e não aumentando, como no caso de uma epidemia causada por microrganismos ou agentes patogênicos).

Concluindo: a contaminação radioativa não se multiplica com o tempo, aumentando sua quantidade em um objeto ou ser vivo contaminados.

Mas que nível de redução pode ser considerado desprezível para uma irradiação ou para uma contaminação radioativa? É preciso levar em conta que existe radiação natural, e esta tem várias fontes. Ela vem do espaço (raios cósmicos), está presente na forma de átomos radioativos no ar que respiramos (carbono-14), bem como em nossa comida (potássio-40 presente em alimentos, como o leite, o feijão e a banana), na água (gás radônio), na crosta terrestre e nos materiais usados nas casas (urânio e tório). Portanto, todos nós recebemos certa quantidade de radiação, interna e externamente.

No caso de um acidente em que há apenas irradiação, as autoridades isolam o local até um raio de distância em que a contribuição do nível de irradiação acrescente apenas uma pequena fração à radiação de fundo. Se houver contaminação, o mesmo raciocínio é aplicado à descontaminação da região ou das pessoas.

Figura 2. Espectro das radiações eletromagnéticas

**Valéria Saldanha Bezerra**

*Centro de Pesquisa Agroflorestal do Amapá,  
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Amapá)*



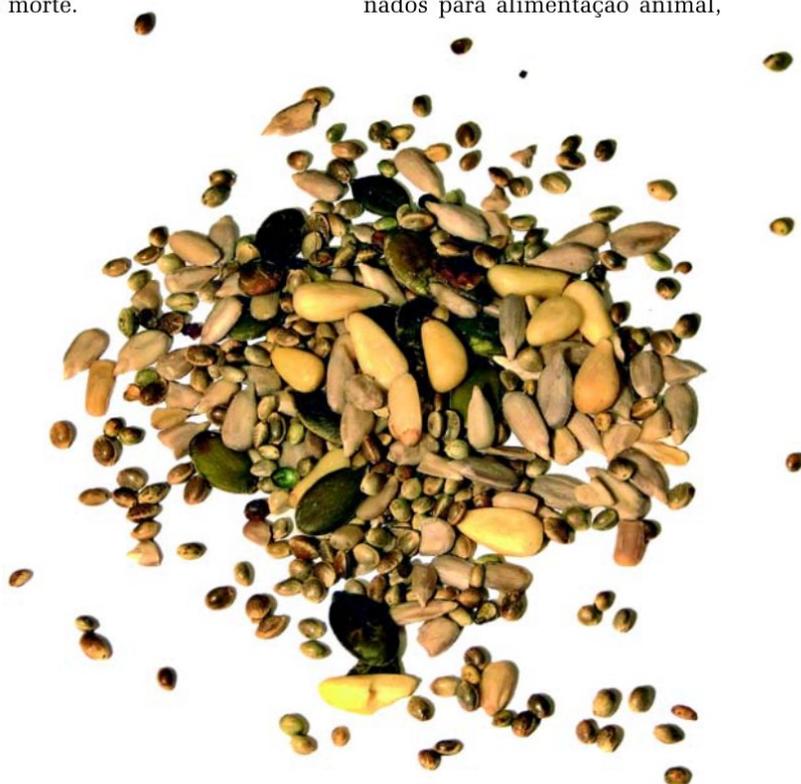
## Toxinas em alimentos

**Presentes, sobretudo, em produtos agrícolas de baixa qualidade, as micotoxinas (toxinas produzidas por fungos) podem causar doenças – e até a morte – em animais e humanos. Uma vez constatada a contaminação de um lote de alimentos por micotoxinas, pouco pode ser feito: as técnicas de descontaminação são ineficazes em larga escala, além de apresentar custo muito elevado. Torna-se urgente, portanto, estabelecer novos paradigmas para o controle e a inspeção de micotoxinas no país.**

**O**s fungos são microrganismos encontrados em todos os lugares: na água, no ar e no solo. Das milhares de espécies de fungos que existem, algumas atacam ou apenas sobrevivem em produtos agrícolas. Alguns desses fungos são capazes de produzir toxinas, conhecidas como micotoxinas. Nos cultivos agrícolas, é possível encontrar uma variedade de fungos no próprio campo de produção ou em produtos alimentares armazenados que podem produzir micotoxinas, causar doenças em animais e problemas de saúde em humanos, provocando até sua morte.

Como os fungos produtores de micotoxinas estão presentes em quase todos os lugares, eles são capazes de germinar, crescer e de produzir toxinas em uma grande variedade de produtos agrícolas, desde que encontrem condições favoráveis de umidade, temperatura e aeração.

As micotoxinas costumam estar presentes em produtos agrícolas de baixa qualidade, especialmente grãos com alto teor de umidade estocados em silos (depósitos para armazenamento de cereais ou forragem). Como esses alimentos são geralmente destinados para alimentação animal,



há grande preocupação com as doenças causadas por micotoxinas que possam afetar criadores de gado de forma intensiva, gado leiteiro, suínos e aves. Algumas amêndoas, como a castanha-do-brasil (castanha-do-pará), também são bastante suscetíveis ao ataque de fungos, uma vez que seu transporte e armazenamento são muitas vezes inadequados, aumentando as chances de haver produção de micotoxinas.

As micotoxinas mais conhecidas são as aflatoxinas, produzidas principalmente pelos fungos *Aspergillus flavus* e *Aspergillus parasiticus*. Elas podem ser encontradas em vários produtos agrícolas, como milho, amendoim, semente de algodão, outros grãos e algumas espécies de nozes, entre elas a castanha-do-brasil. Outras micotoxinas conhecidas são as fumonisinas e zearaleonas, encontradas sobretudo em milho e produzidas principalmente por fungos do gênero *Fusarium*; as ocratoxinas, comuns em café, soja e amendoim; e outras originadas por fungos dos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium*.

Micotoxinas como a aflatoxina e ocratoxina A são termoestáveis, ou seja, não são destruídas pelo tratamento térmico e muitas vezes não têm a sua concentração reduzida por processos de beneficiamento como peletização (compactação) em rações e acondicionamento em latas.

Pouco pode ser feito ao se constatar a contaminação de um lote de produtos agrícolas. Alguns programas de descontaminação com produtos químicos são capazes de controlar o desenvolvimento de fungos e reduzir a produção de micotoxinas, mas deve-se levar em consideração a relação custo/benefício dessa ação: em larga escala, esses procedimentos de descontaminação não são eficientes, apresentando um custo muito elevado e com resultados ainda bastante discutíveis.

## Uma vez que o Brasil procura novas fronteiras comerciais no mercado internacional, há uma necessidade premente de estabelecer novos paradigmas para o controle e a inspeção de micotoxinas no país

O homem pode ser contaminado por micotoxinas através do consumo de alimentos processados ou *in natura*, ou pela ingestão de produtos de origem animal – carne, leite, ovos – no caso de animais alimentados com ração contaminada.

A legislação brasileira, através da resolução RDC nº 274, do Ministério da Saúde, de 15/10/2002, dispõe que alguns alimentos para consumo humano, como o amendoim (com casca, descascado, cru ou tostado) e o milho em grão (inteiro, partido, amassado, moído, farinhas e sêmolos), podem ter uma concentração máxima de 20 µg/kg para as aflatoxinas B1, B2, G1 e G2, e 0,5 µg/L para a aflatoxina M1 no leite fluido e 5 µg/kg para aflatoxina M1 no leite em pó. Por outro lado, a União Européia permite teores de aflatoxina mais restritos para alguns alimentos comuns à nossa legislação, variando de 0,05 µg/L para o leite e de 2 a 8 µg/kg para outros produtos. Já a Instrução Normativa nº 13, do Ministério da Agricultura, de 27/05/2004, dispõe que, se houver algum lote de mercadoria devolvido por importadores, ou por resultado de inspeção ou fiscalização, este poderá ser liberado para o consumo humano se o resultado da primeira análise for igual ou menor que o limite de 30 µg/kg, e para o consumo animal se for igual ou menor que 50 µg/kg.

Uma vez que o Brasil procura novas fronteiras comerciais no mercado internacional, há uma necessidade premente de estabelecer novos paradigmas para o controle e a inspeção de micotoxinas no país.

Visando ao controle monitorado de toda a cadeia dos produtos brasileiros expostos às micotoxinas, além das novas perspectivas para o agronegócio, o Ministério da Agricultura já normatizou o plano de 'boas práticas agrícolas' para a castanha-do-brasil, além de toda a cadeia de produção e beneficiamento de produtos *in natura* e processados derivados dessa castanha. E a exemplo desse novo cenário, interno e externo, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), juntamente com o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai), o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae), o Serviço Social da Indústria (Sesi), o Serviço Social do Comércio (Sesc), o Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial (Senac), o Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (Senar) e a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), já produziram cartilhas de segurança e qualidade para serem aplicadas em toda a cadeia de produção de várias culturas sujeitas à contaminação por micotoxinas. ■

# Áreas palustres: classificar para proteger

FOTOS CEDIADAS PELOS AUTORES



Figura 1. As áreas úmidas palustres (na imagem, uma planície de inundação) ainda não têm uma classificação com bases científicas

As áreas úmidas vêm sendo destruídas ou alteradas, em todo o mundo, por ações humanas. Tais áreas, no entanto, são ecologicamente importantes e trazem benefícios à população humana, o que torna necessária a sua conservação. Os planos de proteção e os estudos científicos poderiam ser facilitados se existisse um sistema preciso para a classificação desses ecossistemas, o que não acontece. Este artigo apresenta uma proposta de classificação para sistemas úmidos palustres, baseado no estudo de área desse tipo no Rio Grande do Sul. Por **Ana Silvia Rolon** e **Leonardo Maltchik**, do *Laboratório de Ecologia e Conservação de Ecossistemas Aquáticos*, da *Universidade do Vale do Rio dos Sinos (RS)*.

**Á**reas úmidas são ecossistemas que permanecem inundados por tempo longo o bastante para o estabelecimento de solos encharcados e plantas aquáticas. Entre as várias definições de áreas úmidas existentes, a mais aceita foi proposta na Convenção de Ramsar, acordo internacional lançado em 1971 nessa cidade do Irã: “Extensões de brejos, pântanos e turfeiras, ou superfícies cobertas de água, sejam de regime natural ou artificial, permanentes ou tempo-

rárias, estancadas ou correntes, doces, salobras ou salgadas, incluídas as extensões de água marinha cuja profundidade na maré baixa não exceda os 6 m”.

As áreas úmidas (figura 1) são ecossistemas prioritários para a conservação, pois contêm alta biodiversidade e oferecem diversos benefícios à sociedade (recarga de aquíferos, armazenamento e purificação da água, controle de inundações e lazer). Além disso, são fontes de água, alimento (peixes,

arroz etc.) e energia (lenha, turfa e combustíveis fósseis). O uso intensivo desses recursos, as atividades agrícolas e os aterros levaram à destruição ou à alteração das características naturais de mais de 50% das áreas úmidas do mundo. Por isso, e por sua importância e vulnerabilidade, é necessário promover a conservação e o uso sustentável das áreas úmidas remanescentes.

Para que essas áreas sejam conhecidas e estudadas de maneira mais precisa, devem ser classificadas e inventariadas. A classificação define os tipos ou categorias de áreas úmidas, com base em características como hidrologia, geomorfologia, tipo de solo e vegetação, enquanto o inventário determina sua quantidade, extensão e distribuição. Essas informações são essenciais para a elaboração e o desenvolvimento de programas de conservação e manejo desses ecossistemas. A cobertura vegetal é um dos critérios mais usados em classificações de áreas úmidas em função da importância ecológica das plantas e da facilidade de identificar as diferenças entre estas.

A necessidade de classificar as áreas úmidas decorre da falta de precisão na identificação desses ecossistemas na literatura científica, o que pode ser constatado pelo grande número de termos empregados para designá-los. Em inglês, por exemplo, são usados *bog, carr, fen, mire, moor, muskeg, pocosin, pothole, slough* e outros 'nomes'. No Brasil, podem ser encontrados em trabalhos científicos palavras como alagado, banhado, brejo, corixo, charco, igapó, lagoa, paul, pântano, sanga, turfeira e outras. Essa multiplicidade de termos reflete as diferenças geomorfológicas e climáticas existentes no planeta, ou mesmo dentro de um país mais extenso, como o Brasil. A especificidade e a regionalidade de cada um desses termos prejudica a identificação correta da área úmida a que um estudo se refere, o que, entre outros problemas, dificulta a comparação entre sistemas similares de diferentes regiões geográficas. Portanto, uma classificação visa principalmente estabelecer e uniformizar terminologias, o que facilita a compreensão das informações, a realização de inventários, a elaboração de mapas e o gerenciamento dos recursos naturais.

As áreas úmidas são legalmente protegidas no Brasil, mas até o momento não existe um sistema de classificação nacional, ou mesmo regional, para esses ecossistemas. As leis que tratam do assunto, em sua maioria, utilizam termos regionais, que nem sempre incluem todas as classes de áreas úmidas de uma região, dificultando ações voltadas para a conservação.

Reconhecendo a sua importância, estamos propondo um modelo de classificação hierárquico baseado nas áreas úmidas palustres do Rio Grande do

Sul, mas que pode ser aplicado em outras áreas do Brasil. Uma classificação horizontal consiste de uma lista de termos específicos (lagoas, formações palustres, turfeiras, meandros e arroios, por exemplo). Já o sistema hierárquico agrupa as áreas úmidas em diferentes níveis, partindo de uma divisão mais geral (com base em critérios como origem da água e geomorfologia) para uma divisão mais detalhada (usando critérios como tipo de solo, regime hídrico, vegetação dominante). Esse sistema, que possibilita uma caracterização mais consistente e detalhada dos ambientes analisados, é adotado pela Convenção de Ramsar e amplamente utilizado em países como Estados Unidos, Austrália, África do Sul e Índia.

### A classificação proposta

Nosso modelo de classificação de áreas palustres baseou-se no estudo das características de 146 dessas áreas distribuídas pelo Rio Grande do Sul (figura 2), e em classificações propostas pela Agência Norte-americana de Pesca e Vida Selvagem e pela Convenção de Ramsar. O termo 'palustre' abrange as áreas úmidas nas quais os limites entre água e terra não são bem definidos (ou seja, a separação entre os sistemas aquático e terrestre não é clara, com forte influência do segundo sobre o primeiro). Essas áreas diferenciam-se das 'lacustres' porque nestas a água está contida em depressões topográficas da área de drenagem e há limites evidentes entre os sistemas aquático e terrestre, observando-se o aumento da profundidade à medida que cresce a distância em relação à margem.

A classificação proposta para o sistema palustre tem quatro níveis hierárquicos: subsistemas, tipos, classes e subclasses. Os dois primeiros níveis são ▶

Figura 2. A proposta de classificação hierárquica do sistema palustre do Rio Grande do Sul foi baseada em 146 áreas úmidas distribuídas ao longo do estado





Figura 3. Exemplos de áreas úmidas do subsistema palustre (A) e do subsistema lacustre (B), evidenciando as diferenças quanto aos limites entre água e terra

diferenciados por fatores hidrogeomorfológicos, enquanto classes e subclasses distinguem-se com base em características biológicas. O sistema palustre, nesse modelo, foi dividido em quatro subsistemas, com as denominações ‘palustre’, ‘lacustre’, ‘ripário’ e ‘planície de inundação’.

As diferenças entre os subsistemas ‘palustre’ e ‘lacustre’ são as mesmas que separam os sistemas com esses nomes (figura 3). Na nova classificação, porém, foi adotado um subsistema ‘lacustre’ para incluir apenas áreas com limites água-terra bem definidos, mas com menos de 30 hectares (os maiores não são considerados palustres). O terceiro subsistema – ‘ripário’ – abrange trechos isolados (com largura inferior a 6 m) de canais secundários de rios ou arroios, que recebem ou não águas do canal principal em certos períodos (figura 4). Trechos isolados de canais mais largos não são considerados palustres. Já o subsistema ‘planície de inundação’ é constituído por áreas periodicamente inundadas pelo extravasamento

de rios ou lagos. Tais áreas podem ser às vezes inundadas diretamente pelas chuvas, mas suas principais fontes de água são rios ou lagos próximos.

Cada um dos quatro subsistemas é subdividido em tipos, com base no período de permanência da água no local ou na origem desta. Assim, o subsistema palustre apresenta três tipos: ‘permanente’ (lâmina d’água presente o ano inteiro), ‘intermitente’ (com lâmina d’água ao menos por quatro meses do ano) e ‘ausência de lâmina d’água’ (apenas solo saturado de água) (figura 5). Já os subsistemas lacustre e ripário têm dois tipos: ‘permanente’ (com água o ano inteiro) e ‘intermitente’ (secos em alguns períodos). Já as planícies de inundação podem ser ripárias (se a água veio de um rio) ou lacustres (se veio de um lago).

Cada tipo é dividido em ‘classes’, conforme a existência de cobertura vegetal e a forma biológica das espécies dominantes. São propostas cinco classes: ‘ausência de vegetação’, ‘herbácea’, ‘emergen-



Figura 4. Subsistema ripário formado por meandro antigo de rio, atualmente isolado (à esquerda)



Figura 5. Área úmida do subsistema palustre do tipo ausência de lâmina d’água



te', 'lenhosa' e 'pluriestratificada'. A primeira indica as áreas onde a cobertura vegetal é inferior a 30% da área total (figura 6). A classe herbácea é representada por espécies hidrófitas (plantas verdadeiramente aquáticas, que podem estar fixas ao substrato ou livre na coluna de água), e pode apresentar duas subclasses, com base na forma biológica dominante ('submersa' e 'flutuante'). Na categoria emergente predominam as herbáceas enraizadas, mas com folhas acima da água (figura 7). A classe lenhosa indica áreas com plantas de caules lenhosos e divide-se nas subclasses 'arbustiva' (espécies com altura inferior a 4 m) e 'arbórea' (altura acima de 4 m) (figura 8). Finalmente, a categoria pluriestratificada exibe duas ou mais formas biológicas dominantes.

### As áreas úmidas gaúchas

Das 146 áreas estudadas no Rio Grande do Sul, a grande maioria (95,9%) é composta por sistemas palustres. As restantes foram consideradas sistemas



Figura 8. Áreas úmidas da classe lenhosa com vegetação arbórea

artificiais (arrozais). Nesses sistemas palustres estão representados, de acordo com o novo modelo de classificação, os subsistemas palustre (62,8% do total), lacustre (28,6%) e planície de inundação (8,6%). As áreas incluídas nos dois primeiros subsistemas são dos tipos permanente (74,2% do total), intermitente (21,1%) e ausência de lâmina de água (4,7%). Já nas áreas do subsistema planície de inundação, 66,7% eram do tipo ripário e 33,3% do tipo lacustre. Quanto às características da cobertura vegetal dos sistemas palustres estudados, as classes mais frequentes foram emergente (46,4%) e herbácea (34,3%), seguidas por pluriestratificada (10,7%), ausência de vegetação (5%) e lenhosa (3,6%).

Os critérios adotados para o agrupamento das áreas úmidas palustres nos níveis de subsistema, tipo, classe e subclasse são de fácil compreensão, já que o significado dos termos usados no modelo de classificação (palustre, lacustre, ripário, planície de inundação, permanente, intermitente) é amplamente conhecido. A categorização das formas vegetais (herbácea, emergente, lenhosa, pluriestratificada, submersa e flutuante) também é reconhecida e utilizada mundialmente.

Essa é a primeira proposta de classificação para as áreas úmidas palustres do sul do Brasil. Acreditamos que ela contribuirá para a conservação das áreas úmidas, pois abrange grande diversidade de sistemas e uniformiza terminologias de fácil compreensão e aplicação. A adoção, nesse campo de estudos, de apenas um sistema de classificação poderá ser útil na elaboração de trabalhos científicos, na identificação de prioridades para conservação pelas autoridades ambientais e no estabelecimento de programas de manejo para as áreas úmidas. Embora essa proposta tenha sido idealizada com base em um universo regional e enfoque apenas um dos sistemas de áreas úmidas existentes (palustre), ela é aplicável a qualquer região do país e pode servir de modelo para classificações dos demais sistemas. ■

Figura 6. Classe de área úmida (imagem à esquerda) caracterizada pela ausência de vegetação em mais de 30% de sua extensão

Figura 7. Área úmida (imagem à direita) com predomínio de vegetação emergente

CONSERVAÇÃO Caça ilegal de quelônios na Amazônia ocorre até em reservas biológicas

# Tartarugas sob ameaça

O consumo da carne de tartarugas, apreciada na região Norte, favorece a caça e o comércio ilegais desses animais. O combate a essas atividades é dificultado por sua alta lucratividade e pela fiscalização insuficiente. Os caçadores clandestinos não respeitam sequer as unidades de conservação da região, como revelam as apreensões de animais retirados de rios e lagos da Reserva Biológica do Abufari, no Amazonas.

Por **Alexandre Kemenes** (doutorando) e **Jackson Pantoja** (mestrando), do Programa de Pós-graduação em Biologia de Água Doce e Pesca Interior (BADPI) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa).

Figura 1. Fêmeas adultas da tartaruga-da-amazônia (*Podocnemis expansa*) na praia do Abufari, em setembro de 2004, tomando sol ('assoalhando'), comportamento observado na época seca, já perto da desova



No interior do estado do Amazonas, o consumo de carne de tartaruga é uma prática frequente, aceita pela maioria da população. Mesmo em Manaus, a capital estadual, ainda é possível encontrar tartarugas escondidas em alguns mercados municipais de peixe, embora o comércio de espécies silvestres seja proibido por lei federal. Em Manaus, tartarugas-da-amazônia (*Podocnemis expansa*) (figura 1) com cerca de 60 kg podem custar até R\$ 500. Nas cidades interioranas, durante os finais de semana, é comum sentir o odor típico dos cascos dos quelônios, que são assados ainda vivos.

A grande procura pela carne das espécies amazônicas desses animais pode favorecer o comércio clandestino. Essa atividade é em geral altamente lucrativa para os atravessadores, que transportam para as cidades as tartarugas capturadas em rios e lagos pela população ribeirinha, e mesmo para os poucos co-

merciantes do interior e de Manaus que as adquirem e revendem. A captura de quelônios também pode ser vantajosa para os ribeirinhos, que trocam os animais vivos por mantimentos, remédios, roupas e outros bens básicos de consumo. Essas trocas de mercadorias (escambo), usuais há décadas no interior do estado do Amazonas, são uma das poucas opções de comércio acessíveis a essas comunidades.

O quadro se agrava quando se verifica que os responsáveis por esse comércio ilícito não são denunciados, já que a população geralmente aceita esse consumo e muitos obtêm vantagens com o comércio das espécies. Embora sejam raros, existem casos de ocupantes de cargos públicos que, em vez de reprimir a atividade, nada fazem e ainda apreciam a carne de tartaruga.

## Mais comércio, menos 'tabuleiros'

Em 1863, o naturalista inglês Henry Bates (1825-1892) descreveu a abundância excepcional de tartarugas nos rios amazônicos, destacando a tartaruga-da-amazônia como uma espécie muito comum até o final do século 19. Na época, eram extraídos por ano cerca de 48 milhões de ovos dessa espécie, vindos, especialmente, do médio rio Solimões e do rio Madeira. A gordura de grande parte desses ovos era empregada na iluminação pública, abastecendo os postes nas ruas das cidades mais prósperas, como Barcelos, a antiga capital do estado. Até hoje, ovos e quelônios adultos, vistos como fontes importantes de proteínas, são 'moedas correntes' no comércio ribeirinho.

Existem atualmente poucos 'tabuleiros' – praias fluviais adequadas à reprodução desses organismos (figura 2) – de tartarugas-da-amazônia, de iaças (*Po-*

FOTO DE J. PANTOJA

FOTO DE A. KEMENES



*docnemis sextuberculata*) e de tracajás (*Podocnemis unifilis*), e apenas nos rios Purus e Juruá, no sudoeste do estado do Amazonas, a reprodução dos quelônios ainda ocorre em níveis satisfatórios. Muitos pesquisadores consideram a Reserva Biológica do Abufari, localizada a 40 km de Tapauá (AM), no rio Purus, como o último grande refúgio de desova de quelônios do estado (figura 3). Lá, cerca de 4 mil fêmeas de tartarugas geram cerca de 200 mil filhotes por ano. A praia do Abufari tem areia branca, de textura fina e uniforme, com suave inclinação de relevo, várias poças de água e muitas nascentes que desaparecem até meados de outubro. A partir daí o clima fica seco e a praia aumenta muito de tamanho, e é nessa época que as tartarugas desovam.

As reservas biológicas são unidades de conservação federais onde é vetada a entrada ou a permanência de pessoas, tanto para a exploração comercial e turismo quanto para a subsistência humana. Assim, qualquer modalidade de exploração é proibida, exceto se a finalidade for a pesquisa científica. Apesar disso, estão situadas na reserva do Abufari 17 comunidades ribeirinhas que dependem do uso dos recursos locais para sua sobrevivência. Tal dependência contraria os princípios estabelecidos pela legislação atual, aumentando o risco de extermínio de populações de animais que deveriam ser protegidas.

A crescente falta de trabalho no interior do Amazonas obriga os habitantes dessa região a ir para Manaus, onde são maiores as oportunidades de emprego, graças ao Distrito Industrial e à Zona Franca. Tanto os que permanecem no interior quanto os que se mudam para Manaus não abrem mão de seus hábitos alimentares e culturais. A Lei Federal 9.605, de 1998, estabeleceu penas e sanções aos responsáveis por atos lesivos à fauna, à flora e ao ambiente, tentando proteger as espécies ameaçadas. Polêmi-

Figura 3. A Reserva Biológica do Abufari (indicada pela linha vermelha) fica no médio rio Purus, no sudoeste do Amazonas – na imagem (do satélite Landsat) estão indicadas comunidades ribeirinhas (pontos vermelhos) e outras localidades e áreas ambientais da reserva

ca, essa lei estabelece as penas de detenção, multa, restrição de direitos e prestação de serviços comunitários, entre outras, mas não foi suficiente para evitar o aumento de crimes contra a fauna amazônica (figura 4). Talvez devido ao fato de as transgressões serem consideradas simples contravenções penais e não mais crimes (pois são afiançáveis e a reclusão só é aplicada na reincidência). Em suma, é melhor correr o risco, porque o grande lucro costuma ‘compensar’, já que as penas não são duras. O crescimento explosivo dessas atividades ilícitas na Amazônia também decorre da escassez da fiscalização na região, pois o número de agentes ambientais é pequeno em relação à sua área geográfica.

Na imensidão amazônica, a falta de iniciativas práticas de desenvolvimento sustentável para as comunidades e a permanência do consumo de tartarugas na cultura local dificultam o combate ao comércio desses animais. Hoje, esse comércio tornou-se comum em cidades próximas a Manaus. Para muitas famílias ribeirinhas, é a única chance de sobreviver com relativa dignidade e um pouco mais de conforto. Em algumas comunidades, quelônios vivos podem ser adquiridos em feiras municipais e mesmo em vias públicas.

### A fiscalização na reserva do Abufari

O rio Purus é palco de atividade exploratória intensa e contínua, principalmente de peixes, quelônios, jacarés e madeira. A planície alagável que integra a Reserva Biológica do Abufari é recortada por um sistema complexo de corpos d’água sujeitos a alterações marcantes em função da variação anual do ní- ▶

Figura 2. Nascimento de cerca de 150 mil filhotes de tartaruga em novembro de 2000 na praia do Abufari. Os filhotes foram protegidos do ataque de urubus, gaivotas, mucuras (gambás) e iguanas por um cercado e uma cobertura feitos com redes de arrastão apreendidas





Figura 4. Apreensão de 2.086 quelônios durante o período de vazante (início da seca) de 2004, em um acampamento na floresta próximo à base do Ibama no complexo do Chapéu, na reserva do Abufari

vel dos rios da região. A riqueza de espécies e a imensa área inundada formam ambientes aquáticos extensos, que acompanham os grandes rios, como o Purus e o Solimões. Essa paisagem labiríntica é hoje usada como área de fuga e esconderijo pelos grandes comerciantes e caçadores do interior do Amazonas. A atividade deles faz com que a Reserva do Abufari, que já foi considerada pelos ribeirinhos – erroneamente – como uma fonte inesgotável de caça e de pesca, perca sistematicamente sua riqueza natural.

O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) apreendeu grande quantidade de quelônios e de redes de arrasto dentro da reserva em 2000, 2001 e 2004, e as apreensões continuam. A principal armadilha usada pelos caçadores clandestinos para capturar os quelônios é o ‘capa-saco’, de difícil detecção pelos fiscais, pois é instalado bem abaixo da linha d’água. Consiste em uma rede com cerca de 20 m de altura, disposta atravessada em canais fluviais de porte médio e com correnteza forte. Sem bóias e com muito lastro no fundo, a rede forma um grande saco, no qual ficam presos, por causa da correnteza, os quelônios que nela entram. Esse método provoca muito sofrimento aos quelônios e, algumas vezes, a morte por asfixia ou afogamento.

Para combater essa prática, os fiscais do Ibama criaram uma técnica simples, chamada de ‘gancho’: uma canoa com motor de popa puxando um cabo ligado a uma garatêia (âncora para ser fixada em pedras) grande o bastante para se enroscar nas re-



Figura 5. O tracajá (*Podocnemis unifilis*) também tem sua carne apreciada na Amazônia

des. Em 2000 e 2001, foram apreendidas 122 redes do tipo ‘capa-saco’, e 80% delas foram retiradas diretamente da água, com o ‘gancho’. Em 2004, o Ibama apreendeu 48 dessas redes (90% na água). Também houve apreensões dessas redes em barcos regionais (os chamados batelões ou recreios), em casas flutuantes, em canoas de madeira e em acampamentos clandestinos na mata.

As apreensões de animais capturados na Reserva do Abufari envolveram quatro espécies de quelônios. A espécie mais apreendida é o iaçá (que atinge 28 cm de comprimento e pode ultrapassar 4 kg), seguido pela tartaruga-da-amazônia (que pode alcançar 60 kg e medir até 80 cm) e pelo tracajá (cerca de 8 kg e 40 cm) (figura 5). Apenas um exemplar de mata-matá (*Chelus fimbriatus*) foi encontrado, em uma rede no rio Abufari, dentro da reserva biológica – foi o primeiro registro dessa espécie no local. Em 2000 e 2001 foram apreendidos 3.978 quelônios (55% no rio Abufari), incluindo iaçás (86,6%), tartarugas-da-amazônia (10,4%) e tracajás (3%). Em 2004 foram apreendidos (97% no complexo de lagos do Chapéu, na reserva) 2.139 animais, entre iaçás (96%), tartarugas-da-amazônia (3,2%) e tracajás (0,8%).

Em 2000 e 2001 foram encontrados 12 acampamentos abandonados, mas que tinham sido usados há pouco por caçadores. Aparentemente, entre mil e 1,5 mil quelônios foram levados para esses acampamentos. Os animais são, em geral, postos em sacos de pano, têm suas patas amarradas ou são mantidos com o casco para baixo (já que raramente conseguem se desvirar). Os locais preferenciais de captura desses animais e de instalação das redes de arrasto foram o rio Abufari, seus afluentes e os lagos do complexo do Chapéu. Vestígios também foram encontrados na praia do Abufari, nas comunidades Tauamirim e Macapá, no lago Panelão, no lago Campina, nas Três Bocas e no ‘furo’ (ligação entre um rio e um lago) do Tataputaua.

Em cada ano, o número de animais apreendidos pela fiscalização e a proporção de cada espécie foram semelhantes. As apreensões, no entanto, seriam seguramente maiores se as missões de fiscalização fossem mais regulares e contassem com mais recursos. Uma demonstração disso foi a apreensão, em agosto de 1999, de 38 mil quelônios em apenas uma balsa que navegava no rio Solimões em direção a Manaus. Isso sugere que os totais apreendidos na reserva do Abufari, nos três anos avaliados, representam uma ínfima parte do total retirado do rio Purus e do interior do estado. Portanto, a fiscalização na Reserva Biológica do Abufari, no rio Purus, e em muitas áreas da Amazônia só será eficaz com uma ação rigorosa e assídua, e com uma política de desenvolvimento plausível para a região amazônica. ■

**Klaus Amman**

Sou definitivamente fã do trabalho de vocês. Entretanto, gostaria de comentar que esqueceram de colocar na introdução da entrevista de Klaus Amman (CH 226) que ele é franca e decididamente a favor dos transgênicos. Não consegui captar na entrevista isenção em relação aos que são contra ao uso de transgênicos. Percebi até uma certa ironia. Ele coloca o uso de organismos geneticamente modificados como uma coisa muito simples e ‘quase’ natural, que não interferirá tão seriamente no ambiente e beneficiará economicamente produtores e exportadores. Sabemos que, na competição ou seleção natural, qualquer acidente no cruzamento entre espécies diferentes, ou modificação dentro da própria espécie, os organismos serão provavelmente eliminados, com poucas exceções. Mas o que é alterado geneticamente terá grande potencial para sobreviver (...), superando com certeza o controle, pela seleção natural, das espécies não modificadas.

ANGELA ALVES CRISPIM  
POR E-MAIL

**Epidermólise**

Sugiro que façam uma reportagem sobre a epidermólise bolhosa distrófica, uma doença terrível e muito pouco divulgada. Tenho um primo com essa doença, que infelizmente não tem cura. Há pouco fiquei sabendo que na Itália estão tratando um paciente com terapia genética. A divulgação dessa doença seria muito importante para que a comunidade científica tenha um interesse maior em estudá-la.

FERNANDO CASSIATORI  
GONÇALVES BRAVO  
CAMPO GRANDE-MS

✉ A sugestão está anotada.

**CH e CNPq I**

Gostaria de agradecer por esse incrível presente que o CNPq e o Instituto Ciência Hoje deram para os bolsistas de iniciação científica do país. Fiquei muito feliz ao receber a edição da CH na minha casa. Sempre gostei desta revista, costume comprá-la nas bancas e sou fã desde criança, quando ganhei de aniversário uma assinatura anual da *Ciência Hoje das Crianças*. Podem ter certeza de que (como vocês escreveram na carta que veio junto com a revista) vocês estarão “contribuindo para ampliar a formação de nossos estudantes”.

ÂNGELA JUNGES  
POR E-MAIL

**CH e CNPq II**

Sou bolsista de iniciação científica do Laboratório de Gestão da Biodiversidade da Universidade Federal do Rio de Janeiro e gostaria de agradecer por ser contemplada com a CH, que com certeza me ajudará em muitos trabalhos da faculdade. Além de o CNPq pagar a bolsa em dia certo, ainda nos oferece esse presente. Estou agradecendo porque todos falamos mal quando algo sai errado, mas as boas coisas também devem ser reconhecidas!

VANESSA RICCIOPPO DE MORAES  
RIO DE JANEIRO, RJ

**CH e CNPq III**

Sou bolsista de iniciação científica na Universidade Federal de Santa Catarina. Recebi o primeiro número referente à assinatura anual prevista no convênio entre o Instituto Ciência Hoje e o CNPq. Não poderia deixar de manifestar como tais iniciativas de incentivo à pesquisa são relevantes em um país em que a população, em sua maioria, ainda não abriu

os olhos para a importância desses estudos. E não deixa de ser reconfortante, estimulante mesmo, perceber que, em um meio que enfrenta tamanhas dificuldades (...), há propostas e contribuições que por vezes superam as expectativas. (...) Gostaria de parabenizá-los, Instituto e Conselho, por engendram esse convênio que tanto importa a quem se importa com a pesquisa no Brasil. São atitudes como essa que dão mais ânimo para levar à frente nossas curiosidades, pesquisas e (possíveis, às vezes, ousadas) conclusões.

ANTHONY HEDEN MACHADO  
FLORIANÓPOLIS, SC

**Correção**

Na matéria ‘O senhor das pedras’, sobre o peixe mero (CH 227, p. 42), as fotografias são de autoria de Áthila B. Andrade, do Instituto Vidamar.



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

E-MAIL:  
cienciahoje@cienciahoje.org.br

CARTAS À REDAÇÃO

# O teorema da amizade

**Marco Moriconi**

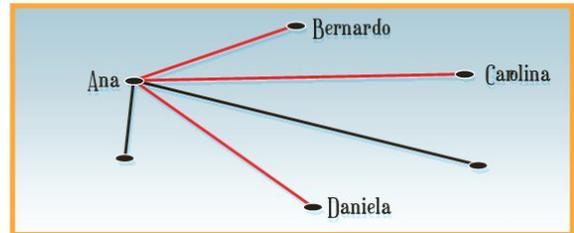
Instituto de Física, Universidade Federal Fluminense  
moriconi@cienciahoje.org.br



**H**oje é dia de festa, amigo(a) leitor(a)! Um ano se passou desde que esta humilde coluna ‘foi ao ar’. Assim, aproveito para agradecer aos protetores dela na *Ciência Hoje*: Cássio Leite Vieira, que nunca deixa que os argumentos fiquem menos que transparentes; Alicia Ivanissevich, pela paciência e por acreditar nesta coluna (parece que estou agradecendo um Oscar!); e Carlos Henrique Viviane e o pessoal do Departamento de Arte, pelo excelente trabalho! Mas, acima de tudo, agradeço aos que têm lido esta coluna, aos que a comentam e sugerem coisas novas. Valeu!

Como é festa, façamos uma pequena reunião. Ao todo, seis pessoas. Claro que, se é uma festa, você imagina que todo mundo se conhece. Mas digamos que foram pessoas sorteadas ao acaso e que, portanto, podem ou não se conhecer. O que podemos dizer sobre o modo como essas pessoas se agrupam? Ou seja, será que podemos dizer que necessariamente há um grupo de quatro pessoas que conhecem umas às outras? Ou existe um grupo de quatro delas que não se conhecem? Quatro ou três? Quantas?

Começemos do começo. Se duas pessoas, Ana e Bernardo, por exemplo, são amigas, isso quer dizer que Ana é amiga de Bernardo, e Bernardo é amigo de Ana. Muito bem. O que vamos mostrar é



que, em qualquer grupo de seis pessoas, sempre existem três delas que: 1) se conhecem mutuamente ou 2) não se conhecem mutuamente.

Talvez seja difícil ver a complexidade do que queremos demonstrar. Faça o seguinte. Marque seis pontos em uma folha de papel (eles representarão as pessoas) e trace linhas entre cada dois pontos. Se as duas pessoas se conhecem, trace uma linha vermelha; caso elas não se conheçam, faça uma linha azul. O que queremos mostrar é que qualquer que seja o seu diagrama, sempre haverá um triângulo de uma mesma cor (ou azul, ou vermelho).

Antes de prosseguir, convença-se de que esse problema é o mesmo que o da festa!

Com esse diagrama em mãos, prossigamos. Pegue um ponto (pessoa) qualquer e o chame Ana. Dele partirão cinco linhas, uma para cada outro ponto. Dessas cinco linhas, algumas são azuis, por exemplo, e as restantes vermelhas. Aqui entra uma observação simples, mas poderosa: devemos necessariamente ter, pelo menos, três linhas da mesma cor! Por quê? Ora, se tivermos, no máximo, duas azuis e duas vermelhas, isso soma quatro. No entanto, temos cinco linhas ao todo. Suponha então que tenhamos, pelo menos, três linhas vermelhas. Isso significa que Ana está ligada por linhas vermelhas a outras três pessoas, que chamaremos (B)ernardo, (C)arolina e (D)aniela (figura acima).

Vejamos o que podemos dizer sobre as linhas que unem B, C e D. Se dois deles se conhecem, então haverá uma linha vermelha ligando-os, e isso fecha um triângulo vermelho. Se os três não se conhecem mutuamente, as linhas traçadas entre eles formarão um triângulo azul.

Em qualquer caso, acabamos de mostrar que sempre haverá um triângulo de uma mesma cor!

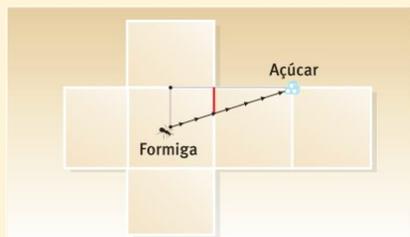
Podemos então continuar nossa festa, e chamar mais pessoas...

## DESAFIO

Suponha que, em vez de duas cores, tenhamos três à nossa disposição. Mostre que, em uma festa de 17 pessoas, sempre haverá um triângulo com lados da mesma cor.

## SOLUÇÃO DO DESAFIO PASSADO

Se ‘abrirmos’ o cubo (abaixo), veremos que a trajetória do leitor-formiga deve ser uma linha reta que vai do centro de uma face até o vértice mais próximo da face oposta, onde está o torrão.



Um pouco de geometria elementar (semelhança de triângulos) mostra que a linha cruza o lado do quadrado em  $1/3$  de seu comprimento, como destacado em vermelho na figura.

## ENTREVISTAS & PERFIS

Fred Kavli (entrevista). O mecenas das ciências básicas. Por Cássio Leite Vieira, p. 8, nº 223.

Gisele Minhoto (entrevista). Em guerra com o travesseiro. Por Murilo A. Pereira, p. 8, nº 224.

Suely Druck (entrevista). O ensino da matemática tem solução? Por Cássio Leite Vieira, p. 6, nº 225.

Klaus Ammann (entrevista). Nem Monsanto nem Greenpeace. Por Helen Mendes e Célio Yano, p. 8, nº 226.

Júlio César Voltarelli (entrevista). O campo promissor das células-tronco. Por Mônica Pileggi, p. 6, nº 227.

Yasuhiro Koike (entrevista). Uma fibra de futuro. Por Fred Furtado, p. 6, nº 228.

## RESENHAS

A questão agrária sob novos olhares. Maria Aparecida M. Silva, p. 74, nº 223. Resenha do livro *Uma nova abordagem da questão da terra no Brasil: o caso do MST em Campos dos Goytacazes*, de Helena Lewin (coord.), Ana Paula A. Ribeiro e Liliâne S. Silva.

Um arquiteto entre a escola e a cidade. Guilherme Bueno, p. 73, nº 224. Resenha do livro *Walter Gropius e a Bauhaus*, de Giulio C. Argan.

O espaço, a fronteira final... Fernando Roig, p. 74, nº 225. Resenha do livro *Rumo ao infinito*, de Salvador Nogueira.

O processo evolutivo da língua. Konrad Szczeniak, p. 74, nº 226. Resenha do livro *A palavra ameaçada*, de Ivonne Bordelois.

Uma nova visão do universo. João Braga, p. 74, nº 227. Resenha do livro *No reino dos astrônomos cegos*, de Ulisses Capozzoli.

Recordando Maurício Rocha e Silva. Fernando Reis, p. 64, nº 228. Resenha do livro *Maurício Oscar da Rocha e Silva: o homem e suas circunstâncias*, de Maria Ignez da Rocha e Silva.

## ARTIGOS

Amazônia, Belo Monte: energia e polêmica na. Neidja C. S. Leitão e Wilson C. Sousa Jr., p. 20, nº 225.

Amazônia e as mudanças globais, A. Paulo Artaxo, p. 20, nº 224.

(Astrofísica) Superaglomerados de galáxias: os esqueletos do universo. Marcio A. G. Maia, p. 32, nº 225.

Aterros sanitários: destino seguro. Thaís Fernandes, p. 34, nº 227.

Bateson, Semeando interdisciplinaridade: as 'idéias-vivas' de Gregory. Mônica C. Lepri, p. 16, nº 228.

Bayes: o 'cara'!. Thomas. Sérgio D. J. Pena, p. 22, nº 228.

Belo Monte: energia e polêmica na Amazônia. Neidja C.S. Leitão e Wilson C. Sousa Jr., p. 20, nº 225.

(Biologia) DNA não-codificador: o lixo que vale ouro. Paulo P. R. Amaral e Helder I. Nakaya, p. 36, nº 228.

(Botânica) Pau-brasil: conhecer para conservar. Yuri T. Rocha, João Del Giudice Neto, Edenise S. Alves, Claudio J. Barbedo, Marisa Domingos e Rita C.L.F. Ribeiro, p. 22, nº 226.

Camponeses de Rondônia. Jacob Binsztok, p. 30, nº 228.

Câncer: novos alvos para tratamento. Andréia H. Otake, Roger Chammas e Roberto Zatz, p. 28, nº 223.

Caos, Na sutil fronteira entre a ordem e o. Ernesto P. Borges p. 42, nº 223.

Células-tronco, Reprodução celular: novas alternativas para terapia com. José G. Abreu e Karla L. Almeida, p. 26, nº 225.

(Cidades) Aterros sanitários: destino seguro. Thaís Fernandes, p. 34, nº 227.

(Cidades) Curitiba: um exemplo no caos urbano? Francisco Mendonça e Antonio Castelnou Neto, p. 24, nº 227.

(Cidades) Lixo: compreender para esclarecer. Emílio M. Eigenheer e João A. Ferreira, p. 30, nº 227.

(Cidades) O planejamento urbano e a questão fundiária. Erminia Maricato e Giselle Tanaka p. 16, nº 227.

(Cidades) Transporte, sociedade e futuro. Yaeko Yamashita e Marcos T. Q. Magalhães, p. 36, nº 227.

(Ciências sociais) A invasão brasileira do Orkut. José Eisenberg e Diogo Lyra, p. 30, nº 226.

(Ciências sociais) Os genocídios entram no século 21: a violência sem limites e os limites do entendimento. Omar R. Thomaz e Sebastião Nascimento, p. 32, nº 224.

Citocinas: os 'guias' da defesa do organismo. José E. Belizário, p. 36, nº 226.

(Climatologia) A Amazônia e as mudanças globais. Paulo Artaxo, p. 20, nº 224.

(Complexidade) Na sutil fronteira entre a ordem e o caos. Ernesto P. Borges p. 42, nº 223.

(Criminologia) A estranha estrutura das mortes violentas. Gláucio A.D. Soares, p. 34, nº 223.

Curitiba: um exemplo no caos urbano? Francisco Mendonça e Antonio Castelnou Neto, p. 24, nº 227.

(Democracia) Os genocídios entram no século 21: a violência sem limites e os limites do entendimento. Omar R. Thomaz e Sebastião Nascimento, p. 32, nº 224.

DNA não-codificador: o lixo que vale ouro. Paulo P.R. Amaral e Helder I. Nakaya, p. 36, nº 228.

(Ecologia) A pesca no rio Tietê. Welber S. Smith, p. 20, nº 223.

(Engenharia sanitária) Lixo: compreender para esclarecer. Emílio M. Eigenheer e João A. Ferreira, p. 30, nº 227.

(Epidemiologia) Pandemias: risco para a humanidade? Claudia T. Codeço e Flavio C. Coelho, p. 26, nº 224.

Estranha estrutura das mortes violentas, A. Gláucio A.D. Soares, p. 34, nº 223.

(Filosofia da ciência) Semeando interdisciplinaridade: as 'idéias-vivas' de Gregory Bateson. Mônica C. Lepri, p. 16, nº 228.

(Filosofia da ciência) Thomas Bayes: o 'cara'! Sérgio D. Pena, p. 22, nº 228.

(Física) Na sutil fronteira entre a ordem e o caos. Ernesto P. Borges p. 42, nº 223.

Fundiária, O planejamento urbano e a questão. Erminia Maricato e Giselle Tanaka p. 16, nº 227.

Galáxias: os esqueletos do universo, Superaglomerados de. Marcio A. G. Maia, p. 32, nº 225.

(Genética) DNA não-codificador: o lixo que vale ouro. Paulo P.R. Amaral e Helder I. Nakaya, p. 36, nº 228.

Genocídios entram no século 21: a violência sem limites e os limites do entendimento, Os. Omar R. Thomaz e Sebastião Nascimento, p. 32, nº 224.

(Geografia humana) Camponeses de Rondônia. Jacob Binsztok, p. 30, nº 228.

(Gripe aviária) Pandemias: risco para a humanidade? Claudia T. Codeço e Flavio C. Coelho, p. 26, nº 224.

(Hidrelétricas) Belo Monte: energia e polêmica na Amazônia. Neidja C. S. Leitão e Wilson C. Sousa Jr., p. 20, nº 225.

(História) Pau-brasil: conhecer para conservar. Yuri T. Rocha, João Del Giudice Neto, Edenise S. Alves, Claudio J. Barbedo, Marisa Domingos e Rita C.L.F. Ribeiro, p. 22, nº 226.

(Homicídio) A estranha estrutura das mortes violentas. Gláucio A.D. Soares, p. 34, nº 223.

(Ictiologia) A pesca no rio Tietê. Welber S. Smith, p. 20, nº 223.

(Imunofarmacologia) Citocinas: os 'guias' da defesa do organismo. José E. Belizário, p. 36, nº 226.

(Interdisciplinaridade) Thomas Bayes: o 'cara'! Sérgio D. J. Pena, p. 22, nº 228.

Interdisciplinaridade: as 'idéias-vivas' de Gregory Bateson, Semeando. Mônica C. Lepri, p. 16, nº 228.

(Internet) A invasão brasileira do Orkut. José Eisenberg e Diogo Lyra, p. 30, nº 226.

Invasão brasileira do Orkut, A. José Eisenberg e Diogo Lyra, p. 30, nº 226.

(Lixo) Aterros sanitários: destino seguro. Thaís Fernandes, p. 34, nº 227.

Lixo: compreender para esclarecer. Emílio M. Eigenheer e João A. Ferreira, p. 30, nº 227.

(Mecânica estatística não extensiva) Na sutil fronteira entre a ordem e o caos. Ernesto P. Borges p. 42, nº 223.

(Medicina) Câncer: novos alvos para tratamento. Andréia H. Otake, Roger Chammas e Roberto Zatz, p. 28, nº 223.

(Medicina) Citocinas: os 'guias' da defesa do organismo. José E. Belizário,

p. 36, nº 226.

(Medicina) Reprodução celular: novas alternativas para terapia com células-tronco. José G. Abreu e Karla L. Almeida, p. 26, nº 225.

(Meio ambiente) A Amazônia e as mudanças globais. Paulo Artaxo, p. 20, nº 224.

Mortes violentas, A estranha estrutura das. Gláucio A.D. Soares, p. 34, nº 223.

Na sutil fronteira entre a ordem e o caos. Ernesto P. Borges p. 42, nº 223.

(Oncologia) Câncer: novos alvos para tratamento. Andréia H. Otake, Roger Chammas e Roberto Zatz, p. 28, nº 223.

Orkut, A invasão brasileira do. José Eisenberg e Diogo Lyra, p. 30, nº 226.

Pandemias: risco para a humanidade? Claudia T. Codeço e Flavio C. Coelho, p. 26, nº 224.

Pau-brasil: conhecer para conservar. Yuri T. Rocha, João Del Giudice Neto, Edenise S. Alves, Claudio J. Barbedo, Marisa Domingos e Rita C.L.F. Ribeiro, p. 22, nº 226.

Pesca no rio Tietê, A. Welber S. Smith, p. 20, nº 223.

Planejamento urbano e a questão fundiária, O. Erminia Maricato e Giselle Tanaka p. 16, nº 227.

(Política energética) Belo Monte: energia e polêmica na Amazônia. Neidja C.S. Leitão e Wilson C. Sousa Jr., p. 20, nº 225.

Reprodução celular: novas alternativas para terapia com células-tronco. José G. Abreu e Karla L. Almeida, p. 26, nº 225.

(RNA) DNA não-codificador: o lixo que vale ouro. Paulo P.R. Amaral e Helder I. Nakaya, p. 36, nº 228.

Rondônia, Camponeses de. Jacob Binsztok, p. 30, nº 228.

Semeando interdisciplinaridade: as 'idéias-vivas' de Gregory Bateson. Mônica C. Lepri, p. 16, nº 228.

Superaglomerados de galáxias: os esqueletos do universo. Marcio A. G. Maia, p. 32, nº 225.

Thomas Bayes: o 'cara'! Sérgio D. Pena, p. 22, nº 228.

Tietê, A pesca no rio. Welber S. Smith, p. 20, nº 223.

Transporte, sociedade e futuro. Yaeko Yamashita e Marcos T.Q. Magalhães, p. 36, nº 227.

(Urbanismo) Curitiba: um exemplo no caos urbano? Francisco Mendonça e Antonio Castelnou Neto, p. 24, nº 227.

(Urbanismo) O planejamento urbano e a questão fundiária. Erminia Maricato e Giselle Tanaka p. 16, nº 227.

## SEÇÕES

Abaixo as raças. Fred Furtado, p. 48, nº 223.

(Acústica) Zoeira em Curitiba. Gabriela Diniz, p. 42, nº 225.

- (Afrobrasileiros) Estatuto da Igualdade Racial: uma questão de princípio. Monica Grin, p. 56, nº 224.
- (Agrícola) Obra-prima renascentista. Fernando F. Alkmin, p. 76, nº 225.
- Água superaquecida pelo calor interno da Terra pode ser extraída de poços profundos e usada para gerar energia?, A. Valiia M. Hamza, p. 4, nº 227.
- (Aids) Portadores do HIV são mais vulneráveis a doenças cardiovasculares? Giovanna Ferraiuoli, p. 6, nº 226.
- Ajuda para albatrozes. Fred Furtado, p. 54, nº 227.
- Albatrozes, Ajuda para. Fred Furtado, p. 54, nº 227.
- Alerta verde. Fred Furtado, p. 56, nº 226.
- Alimentação ecologicamente correta. Marcelo Garcia, p. 48, nº 225.
- Alimentos, Toxinas em. Valéria S. Bezerra, p. 62, nº 228.
- Amargo pesadelo. Luiz Drude de Lacerda, p. 76, nº 226.
- (Amazônia) A polêmica das hidrelétricas do rio Xingu. Philip Fearnside, p. 60, nº 225.
- (Amazônia) Castanheiros x grileiros: conflito na última fronteira florestal do Pará. Gabriel Medina, p. 60, nº 223.
- (América latina) Por uma 'ciência Mercosul'. Alicia Ivanissevich, p. 44, nº 228.
- Anonáceas e os besouros, As. Hipólito F. Paulino Neto e Paulo E.A.M. Oliveira, p. 59, nº 224.
- (Antropologia) Relações cordiais. Giovanni Salera Jr., Adriana Malvasio e Odair Giralдин, p. 61, nº 226.
- (Antropologia) Sempre a cor da pele. Franklin Rumjanek, p. 15, nº 227.
- (Aquecimento global) Mantos de gelo e o nível dos mares. Jefferson C. Simões, p. 12, nº 225.
- Aqui jaz perigo ambiental. Célio Yano, p. 48, nº 224.
- Aquicultura se expandir no Brasil?, E se a. Dilermando P. Lima Jr. e Anderson O. Latini, p. 58, nº 226.
- Áreas palustres: classificar para proteger. Ana S. Rolon e Leonardo Maltchik, p. 66, nº 228.
- (Arqueologia) Reescrevendo o passado. Thaís Fernandes, p. 56, nº 223.
- As moléculas da hereditariedade. Marco A.R. Silva e Jacqueline Leta, p. 64, nº 227.
- (Astronomia) O mais intrigante anel de Saturno. Sílvia M.G. Winter, p. 71, nº 226.
- (Astronomia) Retrato do universo quando jovem – parte 2. Martin Makler, p. 13, nº 226.
- (Autismo) Em busca do diagnóstico preciso. Lia Brum, p. 50, nº 224.
- Bambus produzem brotos comestíveis?, Todas as espécies de. Olavo A. Guimarães, p. 7, nº 223.
- Banda podre da ciência, A. Franklin Rumjanek, p. 19, nº 224.
- Besouros, As anonáceas e os. Hipólito F. Paulino Neto e Paulo E.A.M. Oliveira, p. 59, nº 224.
- Biodetergentes para limpeza de petróleo. Natascha Krepsky, Frederico Silva Sobrinho e Mirian A.C. Crapez, p. 70, nº 223.
- Biodiversidade, Biossegurança e Célio Yano, Helen Mendes, Luciana Cristo e Murilo A. Pereira, p. 44, nº 226.
- (Bioinvasão) Bovinos dispersam capim invasor. Wagner B. Beskow e Vlads P. Miranda, p. 45, nº 224.
- (Bioinvasão) E se a aquicultura se expandir no Brasil? Dilermando P. Lima Jr. e Anderson O. Latini, p. 58, nº 226.
- (Bioinvasão) Visitantes perigosos. Oriol H. Bonilla e István Major, p. 42, nº 224.
- (Biologia) Golfinhos têm nome próprio? Luiz Carlos S. Lopez, p. 9, nº 228.
- (Biologia) O resgate de Darwin. Thaís Fernandes, p. 49, nº 225.
- (Biologia) Túneis para animais silvestres. Andreas Kiekebusch e Ricardo M. Braga, p. 71, nº 225.
- (Biologia) Um veneno como remédio. Ana Beatriz G. Veiga, p. 53, nº 225.
- (Biorremediação) Biodetergentes para limpeza de petróleo. Natascha Krepsky, Frederico S. Sobrinho e Mirian A.C. Crapez, p. 70, nº 223.
- Biossegurança e biodiversidade. Célio Yano, Helen Mendes, Luciana Cristo e Murilo A. Pereira, p. 44, nº 226.
- (Biotecnologia) Quase uma nova pele. Gabriela Diniz, p. 55, nº 223.
- (Botânica) Todas as espécies de bambus produzem brotos comestíveis? Olavo A. Guimarães, p. 7, nº 223.
- Bovinos dispersam capim invasor. Wagner B. Beskow e Vlads P. Miranda, p. 45, nº 224.
- Buraco negro?, O que é um *strangelet*? Uma máquina aceleradora de partículas poderia gerar um. Takeshi Kodama, p. 4, nº 228.
- (Câncer) Terapia de ouro. Fred Furtado, p. 49, nº 226.
- Capim invasor, Bovinos dispersam. Wagner B. Beskow e Vlads P. Miranda, p. 45, nº 224.
- (Cardiologia) Portadores do HIV são mais vulneráveis a doenças cardiovasculares? Giovanna Ferraiuoli, p. 6, nº 226.
- (Cardiologia) Válvulas 'recauchutadas'. Helen Mendes, p. 50, nº 228.
- Castanheiros x grileiros: conflito na última fronteira florestal do Pará. Gabriel Medina, p. 60, nº 223.
- (Catalisadores) Alerta verde. Fred Furtado, p. 56, nº 226.
- (Catita) Marsupiais na mata atlântica. Ana Cláudia Delciellos, Diogo Loretto e Vanina Z. Antunes, p. 66, nº 223.
- (Células-tronco) Cérebro quimérico. Stevens Rehen, p. 11, nº 223.
- (Cemitérios) Aqui jaz perigo ambiental. Célio Yano, p. 48, nº 224.
- Cérebro quimérico. Stevens Rehen, p. 11, nº 223.
- Chá verde contra infecções. Marcelo Garcia, p. 44, nº 227.
- Choque ao tocar em objetos sem corrente elétrica?, Por que levamos. Fernando Galembeck, p. 4, nº 227.
- Ciência, A banda podre da. Franklin Rumjanek, p. 19, nº 224.
- (Ciência e tecnologia) Criatividade kiwi. Alicia Ivanissevich, p. 50, nº 226.
- (Ciência e tecnologia) Pontes e o pé de feijão. Franklin Rumjanek, p. 21, nº 226.
- (Ciência e tecnologia) Reconhecimento à matemática brasileira. Carla Almeida, p. 54, nº 223.
- Clima e a vida no ambiente aquático, O. Sérgio E. N. Cleto Filho, p. 62, nº 224.
- (Climatologia) Mantos de gelo e o nível dos mares. Jefferson C. Simões, p. 12, nº 225.
- Cobras, Revolução na história das. Cesar L. Schultz, p. 9, nº 227.
- Cogumelos chineses têm eficiência científica comprovada?, Os organismos conhecidos como. José M. Schneedorf, p. 5, nº 225.
- Como a luz se comporta na imagem em três dimensões e como ela se projeta na atmosfera? Antonio Z. Khoury, p. 6, nº 226.
- Como manter o gelo fora do congelador sem derreter por um longo período? Alguma substância, adicionada à água, dificulta o derretimento? Alexandre M. de Paula Silva, p. 6, nº 224.
- Como ocorre o processo de fossilização e como se determina a idade dos fósseis? Ismar S. Carvalho, p. 7, nº 226.
- (Conjugação bacteriana) Mapeamento genético de *E. coli*. Sérgio O.P. da Costa, p. 76, nº 224.
- (Conservação) Tartarugas sob ameaça. Alexandre Kemes e Jackson Pantoja, p. 70, nº 228.
- Contaminação radioativa. Qual a diferença?, Irradiação e. Ary A. Rodrigues Jr., p. 60, nº 228.
- (Cooperação científica) Por uma 'ciência Mercosul'. Alicia Ivanissevich, p. 44, nº 228.
- (Cosmologia) Retrato do universo quando jovem – parte 2. Martin Makler, p. 13, nº 226.
- Criatividade kiwi. Alicia Ivanissevich, p. 50, nº 226.
- Cromossomos!, Temos 46. Angela M. Vianna-Morgante, p. 75, nº 224.
- (Cuica) Marsupiais na mata atlântica. Ana Cláudia Delciellos, Diogo Loretto e Vanina Z. Antunes, p. 66, nº 223.
- Cupins 'kamikazes', Os. Ana M. Costa-Leonardo, p. 68, nº 225.
- Da cor do sucesso. Marcelo Garcia, p. 48, nº 227.
- (Darwin) Ler ou não ler? Franklin Rumjanek, p. 19, nº 223.
- Darwin, O resgate de. Thaís Fernandes, p. 49, nº 225.
- De volta ao tabuleiro. Marco Moriconi, p. 80, nº 225.
- Descompasso no orçamento ambiental. Ricardo B. Machado, p. 62, nº 227.
- Desvelando a organização celular. José M. Amabis, p. 78, nº 224.
- Dino-ave' mineiro, O. Rosa M. Mattos, p. 54, nº 228.
- (Dinossauros) Urina pré-histórica. Lia Brum, p. 46, nº 225.
- (Direito) Estatuto da Igualdade Racial: uma questão de princípio. Monica Grin, p. 56, nº 224.
- (Direito espacial) Espaço cósmico e desenvolvimento nacional. José Monserrat Fº, p. 64, nº 225.
- Diversidade do zooplâncton de Minas Gerais. Paulina M. Maia Barbosa, Sofia Brito, Arnola C. Rietzler e Eneida M. Eskinazi-Sant'Anna, p. 67, nº 227.
- (Doença de Minamata) Amargo pesadelo. Luiz Drude de Lacerda, p. 76, nº 226.
- Doença dos ossos de vidro? Existe tratamento?, O que é a. Juan C. Llerena Jr., p. 7, nº 226.
- E se a aquicultura se expandir no Brasil? Dilermando P. Lima Jr. e Anderson O. Latini, p. 58, nº 226.
- (Ecologia) A polêmica das hidrelétricas do rio Xingu. Philip Fearnside, p. 60, nº 225.
- (Ecologia) Ajuda para albatrozes. Fred Furtado, p. 54, nº 227.
- (Ecologia) Aqui jaz perigo ambiental. Célio Yano, p. 48, nº 224.
- (Ecologia) Áreas palustres: classificar para proteger. Ana S. Rolon e Leonardo Maltchik, p. 66, nº 228.
- (Ecologia) As anonáceas e os besouros. Hipólito F. Paulino Neto e Paulo E.A.M. Oliveira, p. 59, nº 224.
- (Ecologia) Biossegurança e biodiversidade. Célio Yano, Helen Mendes, Luciana Cristo e Murilo A. Pereira, p. 44, nº 226.
- (Ecologia) Bovinos dispersam capim invasor. Wagner B. Beskow e Vlads P. Miranda, p. 45, nº 224.
- (Ecologia) Descompasso no orçamento ambiental. Ricardo B. Machado, p. 62, nº 227.
- (Ecologia) E se a aquicultura se expandir no Brasil? Dilermando P. Lima Jr. e Anderson O. Latini, p. 58, nº 226.
- (Ecologia) Golfinhos: vítimas das redes de pesca. Edison Barbieri, p. 58, nº 227.
- (Ecologia) Marsupiais na mata atlântica. Ana Cláudia Delciellos, Diogo Loretto e Vanina Z. Antunes, p. 66, nº 223.
- (Ecologia) Modelo de preservação. Fred Furtado, p. 46, nº 227.
- (Ecologia) No rastro dos mamíferos: um safári na savana brasileira. Ana C. Neves, Fabiana Mourão, Luísa Krettl, José Eugênio Figueira e Paulina M. Maia Barbosa, p. 70, nº 227.
- (Ecologia) Salvem nossas aves. Marcelo Garcia, p. 56, nº 225.
- (Ecologia) Tubarões de coleira. Isaac R. Santos, p. 54, nº 224.
- (Ecologia) Túneis para animais silvestres. Andreas Kiekebusch e Ricardo M. Braga, p. 71, nº 225.
- (Ecologia) Visitantes perigosos. Oriol H. Bonilla e István Major, p. 42, nº 224.
- (Ecologia marinha) O senhor das pedras. Murilo A. Pereira, p. 42, nº 227.
- (Educação científica) As moléculas da hereditariedade. Marco A.R. Silva e Jacqueline Leta, p. 64, nº 227.
- Einstein e a física moderna dos sólidos. Mucio Continentino, p. 57, nº 228.
- Em busca do diagnóstico preciso. Lia Brum, p. 50, nº 224.
- Energia?, A água superaquecida pelo calor interno da Terra pode ser extraída de poços profundos e usada para

- gerar. Valiia M. Hamza, p. 4, nº 227.  
(Engenharia) *Tsunami* energético. Fred Furtado, p. 50, nº 227.  
(Engenharia de alimentos) Alimentação ecologicamente correta. Marcelo Garcia, p. 48, nº 225.  
(Engenharia de materiais) O novo caminho do entulho. Marcelo Garcia, p. 40, nº 224.  
(Entomologia) Mosquitos-borboletas. Carlos B. Marcondes e Anne Zillikens, p. 66, nº 225.  
(Entomologia) Os cupins 'kamikazes'. Ana M. Costa-Leonardo, p. 68, nº 225.  
(Entomologia) Tenho alguns pés de coqueiro em meu jardim e constatei neles a presença de mandruvãs. O que faço para acabar com essas lagartas antes que elas acabem com meus coqueiros? Sonia M. N. Lazzari, p. 4, nº 225.  
Entulho, O novo caminho do. Marcelo Garcia, p. 40, nº 224.  
(Epidemiologia) Pela igualdade de acesso à vacinação. Thaís Fernandes, p. 38, nº 224.  
(Erosão) Socorro à camada superficial do solo. Álvaro R. dos Santos, p. 64, nº 223.  
(Espaço) Pontes e o pé de feijão. Franklin Rumjanek, p. 21, nº 226.  
Espaço cósmico e desenvolvimento nacional. José Monserrat Fº, p. 64, nº 225.  
Estatuto da Igualdade Racial: uma questão de princípio. Monica Grin, p. 56, nº 224.  
(Etologia) Roedores com cheiro de *tutti-frutti*. Paulo Manaf e Elisabeth S. Oliveira, p. 68, nº 226.  
(Evolução) O resgate de Darwin. Thaís Fernandes, p. 49, nº 225.  
Existe algum meio de afugentar ratos do forro de uma casa sem usar veneno? Paula D. Bevilacqua, p. 6, nº 224.  
Existe relação entre a umidade do ar e a propagação do som? Wilson Marques Jr., p. 5, nº 228.  
(Farmacologia) Chá verde contra infecções. Marcelo Garcia, p. 44, nº 227.  
(Farmacologia) Os organismos conhecidos como cogumelos chineses têm eficiência científica comprovada? José M. Schneedorf, p. 5, nº 225.  
Fila da execução, A. Marco Moriconi, p. 80, nº 226.  
(Física) Como a luz se comporta na imagem em três dimensões e como ela se projeta na atmosfera? Antonio Z. Khoury, p. 6, nº 226.  
(Física) Como o gelo fora do congelador sem derreter por um longo período? Alguma substância, adicionada à água, dificulta o derretimento? Alexandre M. de Paula Silva, p. 6, nº 224.  
(Física) Existe relação entre a umidade do ar e a propagação do som? Wilson Marques Jr., p. 5, nº 228.  
(Física) Irradiação e contaminação radioativa. Qual a diferença? Ary A. Rodrigues Jr., p. 60, nº 228.  
(Física) O que é um *strangelet*? Uma máquina aceleradora de partículas poderia gerar um buraco negro? Takeshi Kodama, p. 4, nº 228.  
(Física) Os zévatrons estão chegando. Cássio L. Vieira, p. 50, nº 223.  
(Física) Por que a espuma é branca, independentemente da cor do sabão ou sabonete? Mário J. Politi, p. 7, nº 223.  
(Física) Por que levamos choque ao tocar em objetos sem corrente elétrica? Fernando Galembeck, p. 4, nº 227.  
(Física) Sonofusão, o retorno. Ricardo Galvão e Takeshi Kodama, p. 12, nº 224.  
(Física) Transmissão barata e eficiente. Fred Furtado, p. 44, nº 225.  
(Fisiologia) Uma nobre função. Jerzy A. Brzozowski, p. 76, nº 227.  
Formiga faminta, A. Marco Moriconi, p. 80, nº 227.  
(Fósseis) O que é um sítio paleobiológico e qual a sua importância para a ciência? Alexander Kellner, p. 6, nº 223.  
Fossilização e como se determina a idade dos fósseis?, Como ocorre o processo de. Ismar S. Carvalho, p. 7, nº 226.  
(Fraude) A banda podre da ciência. Franklin Rumjanek, p. 19, nº 224.  
(Fungos) Toxinas em alimentos. Valéria S. Bezerra, p. 62, nº 228.  
(Futebol) Nação de chuteiras. Thaís Fernandes, p. 52, nº 227.  
(Gambá) Marsupiais na mata atlântica. Ana Cláudia Delciellos, Diogo Loretto e Vanina Z. Antunes, p. 66, nº 223.  
Gelo fora do congelador sem derreter por um longo período? Alguma substância, adicionada à água, dificulta o derretimento?, Como manter o. Alexandre M. de Paula Silva, p. 6, nº 224.  
(Genética) Abaixo as raças. Fred Furtado, p. 48, nº 223.  
(Genética) Desvelando a organização celular. José M. Amabis, p. 78, nº 224.  
(Genética) Herança fragmentada. Fred Furtado, p. 58, nº 223.  
(Genética) O que é a doença dos ossos de vidro? Existe tratamento? Juan C. Llerena Jr., p. 7, nº 226.  
(Genética) Quantos genes tem o ser humano e por que esse número é menor que o de proteínas? Franklin Rumjanek, p. 6, nº 223.  
(Genética) Temos 46 cromossomos! Angela M. Vianna-Morgante, p. 75, nº 224.  
Genético de *E. coli*, Mapeamento. Sérgio O.P. da Costa, p. 76, nº 224.  
(Geologia) A água superaquecida pelo calor interno da Terra pode ser extraída de poços profundos e usada para gerar energia? Valiia M. Hamza, p. 4, nº 227.  
(Geologia) Como ocorre o processo de fossilização e como se determina a idade dos fósseis? Ismar S. Carvalho, p. 7, nº 226.  
(Geologia) Socorro à camada superficial do solo. Álvaro R. dos Santos, p. 64, nº 223.  
(Geometria) A formiga faminta. Marco Moriconi, p. 80, nº 227.  
(Geometria) O teorema da amizade. Marco Moriconi, p. 74, nº 228.  
(Geoquímica) Marcas da ocupação humana e industrial. Thaís Fernandes, p. 54, nº 226.  
Golfinhos têm nome próprio? Luiz Carlos S. Lopez, p. 9, nº 228.  
Golfinhos: vítimas das redes de pesca. Edison Barbieri, p. 58, nº 227.  
Grileiros: conflito na última fronteira florestal do Pará, Castanheiros x. Gabriel Medina, p. 60, nº 223.  
Herança fragmentada. Fred Furtado, p. 58, nº 223.  
Hereditariedade, As moléculas da. Marco A.R. Silva e Jacqueline Leta, p. 64, nº 227.  
Hidrelétricas do rio Xingu, A polêmica das. Philip Fearnside, p. 60, nº 225.  
(História da ciência) Amargo pesadelo. Luiz Drude de Lacerda, p. 76, nº 226.  
(História da ciência) Desvelando a organização celular. José M. Amabis, p. 78, nº 224.  
(História da ciência) Einstein e a física moderna dos sólidos. Mucio Continente, p. 57, nº 228.  
(História da ciência) Mapeamento genético de *E. coli*. Sérgio O.P. da Costa, p. 76, nº 224.  
(História da ciência) Marco da ciência nacional. Anselmo S. Paschoa, p. 76, nº 223.  
(História da ciência) Obra-prima renascentista. Fernando F. Alkmin, p. 76, nº 225.  
(História da ciência) Temos 46 cromossomos! Angela M. Vianna-Morgante, p. 75, nº 224.  
(História da ciência) Uma nobre função. Jerzy A. Brzozowski, p. 76, nº 227.  
HIV são mais vulneráveis a doenças cardiovasculares?, Portadores do. Giovanna Ferraiuoli, p. 6, nº 226.  
(Holografia) Como a luz se comporta na imagem em três dimensões e como ela se projeta na atmosfera? Antonio Z. Khoury, p. 6, nº 226.  
(Ictiologia) Golfinhos: vítimas das redes de pesca. Edison Barbieri, p. 58, nº 227.  
(Imunologia) Por que a imunoglobulina A que a mãe passa ao filho por meio de seu leite não é digerida pelo estômago do bebê? João A. de Almeida, p. 7, nº 224.  
(Informática) Transmissão barata e eficiente. Fred Furtado, p. 44, nº 225.  
(Inteligência) Sempre a cor da pele. Franklin Rumjanek, p. 15, nº 227.  
Irradiação e contaminação radioativa. Qual a diferença? Ary A. Rodrigues Jr., p. 60, nº 228.  
(Karajás) Relações cordiais. Giovanni Salera Jr., Adriana Malvasio e Odair Giralain, p. 61, nº 226.  
Ler ou não ler? Franklin Rumjanek, p. 19, nº 223.  
(Limnologia) Diversidade do zooplâncton de Minas Gerais. Paulina M. Maia Barbosa, Sofia Brito, Arnola C. Rietzler e Enaida M. Eskinazi-Sant'Anna, p. 67, nº 227.  
(Limnologia) O clima e a vida no ambiente aquático. Sérgio E.N. Cleto Filho, p. 62, nº 224.  
(Livro didático) As moléculas da hereditariedade. Marco A.R. Silva e Jacqueline Leta, p. 64, nº 227.  
Lixo radioativo, Solução econômica para. Marcelo Garcia, p. 48, nº 228.  
(Lonomia) Taturana: uma lagarta perigosa. Lisete M. Lorini, Carla D. Tedesco e João V. Grando, p. 66, nº 224.  
Lua aparece no céu grande e colorida e depois fica pequena e branca?, Por que em algumas noites a. Wailã S. Cruz, p. 4, nº 225.  
Luz se comporta na imagem em três dimensões e como ela se projeta na atmosfera?, Como a. Antonio Z. Khoury, p. 6, nº 226.  
Macroecologia: visão panorâmica de sistemas ecológicos complexos. José A.F. Diniz-Filho, Luis M. Bini, Carlos E.R. Sant'Ana e Thiago F.L.V.B. Rangel, p. 64, nº 226.  
Mais intrigante anel de Saturno, O. Silvia M.G. Winter, p. 71, nº 226.  
Mais uma guerra para os Estados Unidos. Franklin Rumjanek, p. 19, nº 225.  
Mandruvãs. O que faço para acabar com essas lagartas antes que elas acabem com meus coqueiros? Tenho alguns pés de coqueiro em meu jardim e constatei neles a presença de. Sonia M.N. Lazzari, p. 4, nº 225.  
(Maniraptor) O 'dino-ave' mineiro. Rosa M. Mattos, p. 54, nº 228.  
Mantos de gelo e o nível dos mares. Jefferson C. Simões, p. 12, nº 225.  
Mapeamento genético de *E. coli*. Sérgio O.P. da Costa, p. 76, nº 224.  
Marcas da ocupação humana e industrial. Thaís Fernandes, p. 54, nº 226.  
Marco da ciência nacional. Anselmo S. Paschoa, p. 76, nº 223.  
Marsupiais na mata atlântica. Ana Cláudia Delciellos, Diogo Loretto e Vanina Z. Antunes, p. 66, nº 223.  
(Matemática) A fila da execução. Marco Moriconi, p. 80, nº 226.  
(Matemática) A formiga faminta. Marco Moriconi, p. 80, nº 227.  
(Matemática) De volta ao tabuleiro. Marco Moriconi, p. 80, nº 225.  
(Matemática) O monge iluminado. Marco Moriconi, p. 80, nº 223.  
(Matemática) O teorema da amizade. Marco Moriconi, p. 74, nº 228.  
(Matemática) Par ou ímpar? Marco Moriconi, p. 80, nº 224.  
Matemática brasileira, Reconhecimento à. Carla Almeida, p. 54, nº 223.  
(Matéria condensada) Einstein e a física moderna dos sólidos. Mucio Continente, p. 57, nº 228.  
(Medicina) Em busca do diagnóstico preciso. Lia Brum, p. 50, nº 224.  
(Medicina) Mais uma guerra para os Estados Unidos. Franklin Rumjanek, p. 19, nº 225.  
(Medicina) O que é a doença dos ossos de vidro? Existe tratamento? Juan C. Llerena Jr., p. 7, nº 226.  
(Medicina) Qual a utilidade da erva urtiga-branca? Fúlvio R. Mendes p. 5, nº 228.

- (Medicina) Quase uma nova pele. Gabriela Diniz, p. 55, nº 223.
- (Medicina) Que efeitos o feto pode sofrer se uma mulher tomar pílulas anticoncepcionais durante a gravidez? Maurício M. Costa, p. 5, nº 227.
- (Medicina) Terapia de ouro. Fred Furtado, p. 49, nº 226.
- (Medicina) Válvulas 'recauchutadas'. Helen Mendes, p. 50, nº 228.
- (Mercúrio) Amargo pesadelo. Luiz Drude de Lacerda, p. 76, nº 226.
- Mergulhadores usam para anotar informações debaixo d'água?, Que materiais os. Ewerton Wegner, p. 5, nº 227.
- (Mero) O senhor das pedras. Murilo A. Pereira, p. 42, nº 227.
- (Metalurgia) Obra-prima renascentista. Fernando F. Alkmin, p., nº 225.
- (Mico-leão-dourado) Herança fragmentada. Fred Furtado, p. 58, nº 223.
- (Mineração) Obra-prima renascentista. Fernando F. Alkmin, p., nº 225.
- Modelo de preservação. Fred Furtado, p. 46, nº 227.
- Monge iluminado, O. Marco Moriconi, p. 80, nº 223.
- Mosquitos-borboletas. Carlos B. Marcondes e Anne Zillikens, p. 66, nº 225.
- Nação de chuteiras. Thaís Fernandes, p. 52, nº 227.
- (Nanotecnologia) Alerta verde. Fred Furtado, p. 56, nº 226.
- (Neurociências) Cérebro quimérico. Stevens Rehen, p. 11, nº 223.
- No rastro dos mamíferos: um safári na savana brasileira. Ana C. Neves, Fabiana Mourão, Luísa Krettlí, José Eugênio Figueira e Paulina M. Maia-Barbosa, p. 70, nº 227.
- (Nova Zelândia) Criatividade kiwi. Alicia Ivanishevich, p. 50, nº 226.
- Novo caminho do entulho, O. Marcelo Garcia, p. 40, nº 224.
- (Obesidade) Mais uma guerra para os Estados Unidos. Franklin Rumjanek, p. 19, nº 225.
- Obra-prima renascentista. Fernando F. Alkmin, p. 76, nº 225.
- (Ondas) *Tsunami* energético. Fred Furtado, p. 50, nº 227.
- (Óptica) Por que em algumas noites a Lua aparece no céu grande e colorida e depois fica pequena e branca? Wailã S. Cruz, p. 4, nº 225.
- Orçamento ambiental, Descompasso no. Ricardo B. Machado, p. 62, nº 227.
- Organismos conhecidos como cogumelos chineses têm eficiência científica comprovada?, Os. José M. Schneedorf, p. 5, nº 225.
- (*Origem das espécies*, A.) Ler ou não ler? Franklin Rumjanek, p. 19, nº 223.
- (Ornitologia) Salvem nossas aves. Marcelo Garcia, p. 56, nº 225.
- (Paleontologia) O 'dino-ave' mineiro. Rosa M. Mattos, p. 54, nº 228.
- (Paleontologia) O que é um sítio paleobiológico e qual a sua importância para a ciência? Alexander Kellner, p. 6, nº 223.
- (Paleontologia) Revolução na história das cobras. Cesar L. Schultz, p. 9, nº 227.
- (Paleontologia) Urina pré-histórica. Lia Brum, p. 46, nº 225.
- (Pâncreas) Uma nobre função. Jerzy A. Brzozowski, p. 76, nº 227.
- Par ou ímpar? Marco Moriconi, p. 80, nº 224.
- (Pavimentação) O novo caminho do entulho. Marcelo Garcia, p. 40, nº 224.
- Pela hora da morte. Franklin Rumjanek, p. 15, nº 228.
- Pela igualdade de acesso à vacinação. Thaís Fernandes, p. 38, nº 224.
- Pele, Quase uma nova. Gabriela Diniz, p. 55, nº 223.
- (Pena de morte) Pela hora da morte. Franklin Rumjanek, p. 15, nº 228.
- (Perfumes) O que os olhos não vêem... Lia Brum, p. 52, nº 224.
- Petróleo, Biodetergentes para limpeza de. Natascha Krepsky, Frederico Silva Sobrinho e Mirian A.C. Crapez, p. 70, nº 223.
- (Pigmento) Da cor do sucesso. Marcelo Garcia, p. 48, nº 227.
- Pílulas anticoncepcionais durante a gravidez?, Que efeitos o feto pode sofrer se uma mulher tomar. Maurício M. Costa, p. 5, nº 227.
- Polêmica das hidrelétricas do rio Xingu, A. Philip Fearnside, p. 60, nº 225.
- Polícia?, Quem protege a. Marcelo Garcia, p. 52, nº 228.
- (Polinização) As anonáceas e os besouros. Hipólito F. Paulino Neto e Paulo E.A.M. Oliveira, p. 59, nº 224.
- (Política agrária) Castanheiros x grileiros: conflito na última fronteira florestal do Pará. Gabriel Medina, p. 60, nº 223.
- (Poluição) Marcas da ocupação humana e industrial. Thaís Fernandes, p. 54, nº 226.
- (Poluição) Tubarões de coleira. Isaac R. Santos, p. 54, nº 224.
- (Poluição sonora) Zoeira em Curitiba. Gabriela Diniz, p. 42, nº 225.
- Pontes e o pé de feijão. Franklin Rumjanek, p. 21, nº 226.
- Por que a espuma é branca, independentemente da cor do sabão ou sabonete? Mário J. Politi, p. 7, nº 223.
- Por que a imunoglobulina A que a mãe passa ao filho por meio de seu leite não é digerida pelo estômago do bebê? João A. de Almeida, p. 7, nº 224.
- Por que em algumas noites a Lua aparece no céu grande e colorida e depois fica pequena e branca? Wailã S. Cruz, p. 4, nº 225.
- Por que levamos choque ao tocar em objetos sem corrente elétrica? Fernando Galembeck, p. 4, nº 227.
- Por uma 'ciência Mercosul'. Alicia Ivanishevich, p. 44, nº 228.
- Portadores do HIV são mais vulneráveis a doenças cardiovasculares? Giovanna Ferraiuoli, p. 6, nº 226.
- Proteínas?, Quantos genes tem o ser humano e por que esse número é menor que o de. Franklin Rumjanek, p. 6, nº 223.
- Qual a utilidade da erva urtiga-branca? Fúlvio R. Mendes p. 5, nº 228.
- Quantos genes tem o ser humano e por que esse número é menor que o de proteínas? Franklin Rumjanek, p. 6, nº 223.
- Quase uma nova pele. Gabriela Diniz, p. 55, nº 223.
- Que é a doença dos ossos de vidro? Existe tratamento?, O. Juan C. Llerena Jr., p. 7, nº 226.
- Que é um sítio paleobiológico e qual a sua importância para a ciência?, O. Alexander Kellner, p. 6, nº 223.
- Que é um *strangelet*? Uma máquina aceleradora de partículas poderia gerar um buraco negro?, O. Takeshi Kodama, p. 4, nº 228.
- Que efeitos o feto pode sofrer se uma mulher tomar pílulas anticoncepcionais durante a gravidez? Maurício M. Costa, p. 5, nº 227.
- Que materiais os mergulhadores usam para anotar informações debaixo d'água? Ewerton Wegner, p. 5, nº 227.
- Que os olhos não vêem..., O. Lia Brum, p. 52, nº 224.
- Quem protege a polícia? Marcelo Garcia, p. 52, nº 228.
- (Química) Da cor do sucesso. Marcelo Garcia, p. 48, nº 227.
- (Química) O que os olhos não vêem... Lia Brum, p. 52, nº 224.
- (Química) Por que a espuma é branca, independentemente da cor do sabão ou sabonete? Mário J. Politi, p. 7, nº 223.
- (Química) Solução econômica para lixo radioativo. Marcelo Garcia, p. 48, nº 228.
- (Química) Terapia de ouro. Fred Furtado, p. 49, nº 226.
- Raças, Abaixo as. Fred Furtado, p. 48, nº 223.
- (Raios cósmicos) Os zévatrons estão chegando. Cássio L. Vieira, p. 50, nº 223.
- (Rato-da-taquara) Sobre ratos e pandas. Roger B. Silva e Emerson M. Vieira, p. 69, nº 224.
- (Rato-de-espinho) Roedores com cheiro de *tutti-frutti*. Paulo Manaf e Elisabeth S. Oliveira, p. 68, nº 226.
- Ratos do forro de uma casa sem usar veneno?, Existe algum meio de afugentar. Paula D. Bevilacqua, p. 6, nº 224.
- (Reator nuclear) Marco da ciência nacional. Anselmo S. Paschoa, p. 76, nº 223.
- Reconhecimento à matemática brasileira. Carla Almeida, p. 54, nº 223.
- Reescrevendo o passado. Thaís Fernandes, p. 56, nº 223.
- Relações cordiais. Giovanni Salera Jr., Adriana Malvasio e Odair Giralдин, p. 61, nº 226.
- Resgate de Darwin, O. Thaís Fernandes, p. 49, nº 225.
- Retrato do universo quando jovem – parte 2. Martin Makler, p. 13, nº 226.
- Revolução na história das cobras. Cesar L. Schultz, p. 9, nº 227.
- (Ribossomo) Desvelando a organização celular. José M. Amabis, p. 78, nº 224.
- Roedores com cheiro de *tutti-frutti*. Paulo Manaf e Elisabeth S. Oliveira, p. 68, nº 226.
- Sabão ou sabonete?, Por que a espuma é branca, independentemente da cor do. Mário J. Politi, p. 7, nº 223.
- (Sabetinos) Mosquitos-borboletas. Carlos B. Marcondes e Anne Zillikens, p. 66, nº 225.
- Salvem nossas aves. Marcelo Garcia, p. 56, nº 225.
- (Sargaço) Solução econômica para lixo radioativo. Marcelo Garcia, p. 48, nº 228.
- (Satélites) Espaço cósmico e desenvolvimento nacional. José Monserrat Fº, p. 64, nº 225.
- Saturno, O mais intrigante anel de. Silvia M.G. Winter, p. 71, nº 226.
- (Segurança pública) Quem protege a polícia? Marcelo Garcia, p. 52, nº 228.
- Sempre a cor da pele. Franklin Rumjanek, p. 15, nº 227.
- Senhor das pedras, O. Murilo A. Pereira, p. 42, nº 227.
- Sítio paleobiológico e qual a sua importância para a ciência?, O que é um. Alexander Kellner, p. 6, nº 223.
- Sobre ratos e pandas. Roger B. Silva e Emerson M. Vieira, p. 69, nº 224.
- (Sociologia) Nação de chuteiras. Thaís Fernandes, p. 52, nº 227.
- Socorro à camada superficial do solo. Álvaro R. dos Santos, p. 64, nº 223.
- Socorro em pó. Júlio Molica, p. 53, nº 223.
- Solo, Socorro à camada superficial do. Álvaro R. dos Santos, p. 64, nº 223.
- Solução econômica para lixo radioativo. Marcelo Garcia, p. 48, nº 228.
- Som?, Existe relação entre a umidade do ar e a propagação do. Wilson Marques Jr., p. 5, nº 228.
- Sonofusão, o retorno. Ricardo Galvão e Takeshi Kodama, p. 12, nº 224.
- (Soro antiotfídico) Socorro em pó. Júlio Molica, p. 53, nº 223.
- Strangelet*? Uma máquina aceleradora de partículas poderia gerar um buraco negro?, O que é. Takeshi Kodama, p. 4, nº 228.
- (Supercondutores) Transmissão barata e eficiente. Fred Furtado, p. 44, nº 225.
- Tartarugas sob ameaça. Alexandre Kemeses e Jackson Pantoja, p. 70, nº 228.
- (Tartarugas) Relações cordiais. Giovanni Salera Jr., Adriana Malvasio e Odair Giralдин, p. 61, nº 226.
- Taturana: uma lagarta perigosa. Lisete M. Lorini, Carla D. Tedesco e João V. Grando, p. 66, nº 224.
- (Tecnologia) Que materiais os mergulhadores usam para anotar informações debaixo d'água? Ewerton Wegner, p. 5, nº 227.
- (Tecnologia) Socorro em pó. Júlio Molica, p. 53, nº 223.
- Temos 46 cromossomos! Angela M. Vianna-Morgante, p. 75, nº 224.
- Tenho alguns pés de coqueiro em meu jardim e constatei neles a presença

- de mandruvãs. O que faço para acabar com essas lagartas antes que elas acabem com meus coqueiros? Sonia M.N. Lazzari, p. 4, nº 225.
- Teorema da amizade. O. Marco Moriconi, p. 74, nº 228.
- Terapia de ouro. Fred Furtado, p. 49, nº 226.
- Todas as espécies de bambus produzem brotos comestíveis? Olavo A. Guimarães, p. 7, nº 223.
- (Toxicologia) Taturana: uma lagarta perigosa. Lisete M. Lorini, Carla D. Tedesco e João V. Grando, p. 66, nº 224.
- (Toxicologia) Um veneno como remédio. Ana Beatriz G. Veiga, p. 53, nº 225.
- Toxinas em alimentos. Valéria S. Bezerra, p. 62, nº 228.
- Transmissão barata e eficiente. Fred Furtado, p. 44, nº 225.
- Tsunami* energético. Fred Furtado, p. 50, nº 227.
- Tubarões de coleira. Isaac R. Santos, p. 54, nº 224.
- Túneis para animais silvestres. Andreas Kiekebusch e Ricardo M. Braga, p. 71, nº 225.
- Um veneno como remédio. Ana Beatriz G. Veiga, p. 53, nº 225.
- Uma nobre função. Jerzy A. Brzozowski, p. 76, nº 227.
- (Unidades de conservação) Modelo de preservação. Fred Furtado, p. 46, nº 227.
- Urina pré-histórica. Lia Brum, p. 46, nº 225.
- Urtiga-branca?, Qual a utilidade da erva. Fúlvio R. Mendes, p. 5, nº 228.
- Vacinação. Pela igualdade de acesso à. Thaís Fernandes, p. 38, nº 224.
- Válvulas 'recauchutadas'. Helen Mendes, p. 50, nº 228.
- Visitantes perigosos. Oriol H. Bonilla e István Major, p. 42, nº 224.
- Zévatrons estão chegando. Os. Cássio L. Vieira, p. 50, nº 223.
- Zoeira em Curitiba. Gabriela Diniz, p. 42, nº 225.
- (Zoologia) Existe algum meio de afugentar ratos do forro de uma casa sem usar veneno? Paula D. Bevilacqua, p. 6, nº 224.
- (Zoologia) Sobre ratos e pandas. Roger B. Silva e Emerson M. Vieira, p. 69, nº 224.
- Zooplâncton de Minas Gerais, Diversidade do. Paulina M. Maia Barbosa, Sofia Brito, Arnola C. Rietzler e Eneida M. Eskinazi-Sant'Anna, p. 67, nº 227.
- AUTORES**
- ABREU, José G. e Karla L. Almeida. Reprodução celular: novas alternativas para terapia com células-tronco, p. 26, nº 225.
- ALKMIN, Fernando F. Obra-prima renascentista, p. 76, nº 225.
- ALMEIDA, Carla. Reconhecimento à matemática brasileira, p. 54, nº 223.
- ALMEIDA, João A. Por que a imunoglobulina A que a mãe passa ao filho por meio de seu leite não é digerida pelo estômago do bebê?, p. 7, nº 224.
- ALMEIDA, Karla L. e José G. Abreu. Reprodução celular: novas alternativas para terapia com células-tronco, p. 26, nº 225.
- ALVES, Edenise S. e outros. Pau-brasil: conhecer para conservar, p. 22, nº 226.
- AMABIS, José M. Desvelando a organização celular, p. 78, nº 224.
- AMARAL, Paulo P.R. e Helder I. Nakaya. DNA não-codificador: o lixo que vale ouro, p. 36, nº 228.
- ANTUNES, Vanina Z. e outros. Marsupiais na mata atlântica, p. 66, nº 223.
- ARTAXO, Paulo. A Amazônia e as mudanças globais, p. 20, nº 224.
- BARBEDO, Claudio J. e outros. Pau-brasil: conhecer para conservar, p. 22, nº 226.
- BARBIERI, Edison. Golfinhos: vítimas das redes de pesca, p. 58, nº 227.
- BARBOSA, Paulina M. e outros. No rastro dos mamíferos: um safári na savana brasileira, p. 70, nº 227.
- BARBOSA, Paulina M. e outros. Diversidade do zooplâncton de Minas Gerais, p. 67, nº 227.
- BELIZÁRIO, José E. Citocinas: os 'guias' da defesa do organismo, p. 36, nº 226.
- BESKOW, Wagner B. e Vlads P. Miranda. Bovinos dispersam capim invasor, p. 45, nº 224.
- BEVILACQUA, Paula D. Existe algum meio de afugentar ratos do forro de uma casa sem usar veneno?, p. 6, nº 224.
- BEZERRA, Valéria S. Toxinas em alimentos, p. 62, nº 228.
- BINI, Luis M. e outros. Macroecologia: visão panorâmica de sistemas ecológicos complexos, p. 64, nº 226.
- BINSZTOK, Jacob. Camponeses de Rondônia, p. 30, nº 228.
- BONILLA, Oriol H. e István Major. Visitantes perigosos, p. 42, nº 224.
- BORGES, Ernesto P. Na sutil fronteira entre a ordem e o caos, p. 42, nº 223.
- BRAGA, João. Uma nova visão do universo, p. 74, nº 227. Resenha do livro *No reino dos astrônomos cegos, de Ulisses Capozzoli*.
- BRAGA, Ricardo M. e Andreas Kiekebusch. Túneis para animais silvestres, p. 71, nº 225.
- BRITO, Sofia e outros. Diversidade do zooplâncton de Minas Gerais, p. 67, nº 227.
- BRUM, Lia. Em busca do diagnóstico preciso, p. 50, nº 224.
- BRUM, Lia. O que os olhos não vêem..., p. 52, nº 224.
- BRUM, Lia. Urina pré-histórica, p. 46, nº 225.
- BRZOZOWSKI, Jerzy A. Uma nobre função, p. 76, nº 227.
- BUENO, Guilherme. Um arquiteto entre a escola e a cidade, p. 73, nº 224. Resenha do livro *Walter Gropius e a Bauhaus*, de Giulio C. Argan.
- CARVALHO, Ismar S. Como ocorre o processo de fossilização e como se determina a idade dos fósseis?, p. 7, nº 226.
- CASTELNOU Neto, Antonio e Francisco Mendonça. Curitiba: um exemplo no caos urbano?, p. 24, nº 227.
- CHAMMAS, Roger e outros. Câncer: novos alvos para tratamento, p. 28, nº 223.
- CLETO Filho, Sérgio E.N. O clima e a vida no ambiente aquático, p. 62, nº 224.
- CODEÇO, Cláudia T. e Flavio C. Coelho. Pandemias: risco para a humanidade?, p. 26, nº 224.
- COELHO, Flavio C. e Cláudia T. Codeço. Pandemias: risco para a humanidade?, p. 26, nº 224.
- CONTINENTINO, Mucio. Einstein e a física moderna dos sólidos, p. 57, nº 228.
- COSTA, Maurício M. Que efeitos o feto pode sofrer se uma mulher tomar pílulas anticoncepcionais durante a gravidez?, p. 5, nº 227.
- COSTA, Sérgio O.P. Mapeamento genético de *E. coli*, p. 76, nº 224.
- COSTA-LEONARDO, Ana M. Os cupins 'kamikazes', p. 68, nº 225.
- CRAPEZ, Mirian A.C. e outros. Biodegradáveis para limpeza de petróleo, p. 70, nº 223.
- CRISTO, Luciana e outros. Biossegurança e biodiversidade, p. 44, nº 226.
- CRUZ, Wailã S. Por que em algumas noites a lua aparece no céu grande e colorida e depois fica pequena e branca?, p. 4, nº 225.
- DEL GIUDICE NETO, João e outros. Pau-brasil: conhecer para conservar, p. 22, nº 226.
- DELICIELLOS, Ana Cláudia e outros. Marsupiais na mata atlântica, p. 66, nº 223.
- DINIZ, Gabriela. Quase uma nova pele, p. 55, nº 223.
- DINIZ, Gabriela. Zoeira em Curitiba, p. 42, nº 225.
- DINIZ-FILHO, José A.F. e outros. Macroecologia: visão panorâmica de sistemas ecológicos complexos, p. 64, nº 226.
- DOMINGOS, Marisa e outros. Pau-brasil: conhecer para conservar, p. 22, nº 226.
- EIGENHEER, Emílio M. e João A. Ferreira. Lixo: compreender para esclarecer, p. 30, nº 227.
- EISENBERG, José e Diogo Lyra. A invasão brasileira do Orkut, p. 30, nº 226.
- ESKINAZI-SANT'ANNA, Eneida M. e outros. Diversidade do zooplâncton de Minas Gerais, p. 67, nº 227.
- FEARNSIDE, Philip. A polêmica das hidrelétricas do rio Xingu, p. 60, nº 225.
- FERNANDES, Thaís. Aterros sanitários: destino seguro, p. 34, nº 227.
- FERNANDES, Thaís. Marcas da ocupação humana e industrial, p. 54, nº 226.
- FERNANDES, Thaís. Nação de chuteiras, p. 52, nº 227.
- FERNANDES, Thaís. O resgate do livro de Darwin, p. 49, nº 225.
- FERNANDES, Thaís. Pela igualdade de acesso à vacinação, p. 38, nº 224.
- FERNANDES, Thaís. Reescrevendo o passado, p. 56, nº 223.
- FERRAIUOLI, Giovanna. Portadores do HIV são mais vulneráveis a doenças cardiovasculares?, p. 6, nº 226.
- FERREIRA, João A. e Emílio M. Eigenheer. Lixo: compreender para esclarecer, p. 30, nº 227.
- FIGUEIRA, José E. e outros. No rastro dos mamíferos: um safári na savana brasileira, p. 70, nº 227.
- FURTADO, Fred. Abaixo as raças, p. 48, nº 223.
- FURTADO, Fred. Ajuda para albatrozes, p. 54, nº 227.
- FURTADO, Fred. Alerta verde, p. 56, nº 226.
- FURTADO, Fred. Herança fragmentada, p. 58, nº 223.
- FURTADO, Fred. Modelo de preservação, p. 46, nº 227.
- FURTADO, Fred. Terapia de ouro, p. 49, nº 226.
- FURTADO, Fred. Transmissão barata e eficiente, p. 44, nº 225.
- FURTADO, Fred. *Tsunami* energético, p. 50, nº 227.
- FURTADO, Fred. Yasuhiro Koike (entrevista). Uma fibra de futuro, p. 6, nº 228.
- GALEMBECK, Fernando. Por que levamos choque ao tocar em objetos sem corrente elétrica?, p. 4, nº 227.
- GALVÃO, Ricardo e Takeshi Kodama. Sonofusão, o retorno, p. 12, nº 224.
- GARCIA, Marcelo. Alimentação ecologicamente correta, p. 48, nº 225.
- GARCIA, Marcelo. Chá verde contra infecções, p. 44, nº 227.
- GARCIA, Marcelo. Da cor do sucesso, p. 48, nº 227.
- GARCIA, Marcelo. Quem protege a polícia?, p. 52, nº 228.
- GARCIA, Marcelo. Salvem nossas aves, p. 56, nº 225.
- GARCIA, Marcelo. Solução econômica para lixo radioativo, p. 48, nº 228.
- GARCIA, Marcelo. O novo caminho do entulho, p. 40, nº 224.
- GIRALDIN, Odair e outros. Relações cordiais, p. 61, nº 226.
- GRANDO, João V. e outros. Taturana: uma lagarta perigosa, p. 66, nº 224.
- GRIN, Monica. Estatuto da Igualdade Racial: uma questão de princípio, p. 56, nº 224.
- GUIMARÃES, Olavo A. Todas as espécies de bambus produzem brotos comestíveis?, p. 7, nº 223.
- HAMZA, Valiia M. A água superaquecida pelo calor interno da Terra pode ser extraída de poços profundos e usada para gerar energia?, p. 4, nº 227.
- IVANISSEVICH, Alicia. Criatividade kiwi, p. 50, nº 226.
- IVANISSEVICH, Alicia. Por uma 'ciência Mercosul', p. 44, nº 228.
- KELLNER, Alexander. O que é um sítio paleobiológico e qual a sua importância para a ciência?, p. 6, nº 223.
- KEMENES, Alexandre e Jackson Pantoja. Tartarugas sob ameaça, p. 70, nº 228.
- KHOURY, Antonio Z. Como a luz se comporta na imagem em três dimensões e como ela se projeta na atmosfera?, p. 6, nº 226.
- KIEKEBUSCH, Andreas e Ricardo M. Braga. Túneis para animais silvestres

- tres, p. 71, nº 225.
- KODAMA, Takeshi. O que é uma *strangelet*? Uma máquina aceleradora de partículas poderia gerar um buraco negro?, p. 4, nº 228.
- KODAMA, Takeshi e Ricardo Galvão. Sonofusão, o retorno, p. 12, nº 224.
- KREPSKY, Natascha e outros. Biodetergentes para limpeza de petróleo, p. 70, nº 223.
- KRETTLI, Luísa e outros. No rastro dos mamíferos: um safári na savana brasileira, p. 70, nº 227.
- LACERDA, Luiz Drude. Amargo pesadelo, p. 76, nº 226.
- LATINI, Anderson O. e Dilermando P. Lima Jr. E se a aquíicultura se expandir no Brasil?, p. 58, nº 206.
- LAZZARI, Sonia M.N. Tenho alguns pés de coqueiro em meu jardim e constatei neles a presença de mandruvãs. O que faço para acabar com essas lagartas antes que elas acabem com meus coqueiros?, p. 4, nº 225.
- LEITÃO, Neidja C.S. e Wilson C. Sousa Jr. Belo Monte: energia e polêmica na Amazônia, p. 20, nº 225.
- LEPRI, Mônica C. Semeando interdisciplinaridade: as 'idéias-vivas' de Gregory Bateson, p. 16, nº 228.
- LETA, Jacqueline e Marco A.R. Silva. As moléculas da hereditariedade, p. 64, nº 227.
- LIMA Jr., Dilermando P. e Anderson O. Latini E se a aquíicultura se expandir no Brasil?, p. 58, nº 206.
- LLERENA Jr., Juan C. O que é a doença dos ossos de vidro? Existe tratamento?, p. 7, nº 226.
- LOPEZ, Luiz Carlos S. Golfinhos têm nome próprio?, p. 9, nº 228.
- LORETTO, Diogo e outros. Marsupiais na mata atlântica, p. 66, nº 223.
- LORINI, Lisete M. e outros. Taturana: uma lagarta perigosa, p. 66, nº 224.
- LYRA, Diogo e José Eisenberg. A invasão brasileira do Orkut, p. 30, nº 226.
- MACHADO, Ricardo B. Descompasso no orçamento ambiental, p. 62, nº 227.
- MAGALHÃES, Marcos T.Q. e Yaeko Yamashita. Transporte, sociedade e futuro, p. 36, nº 227.
- MAIA, Márcio A.G. Superaglomerados de galáxias: os esqueletos do universo, p. 32, nº 225.
- MAJOR, István e Oriol H. Bonilla. Visitantes perigosos, p. 42, nº 224.
- MAKLER, Martin. Retrato do universo quando jovem – parte 2, p. 13, nº 226.
- MALTCHIK, Leonardo e Ana S. Rolon. Áreas palustres: classificar para proteger, p. 66, nº 228.
- MALVASIO, Adriana e outros. Relações cordiais, p. 61, nº 226.
- MANAF, Paulo e Elisabeth S. Oliveira. Roedores com cheiro de *tutti-frutti*, p. 68, nº 226.
- MARCONDES, Carlos B. e Anne Zillikens. Mosquitos-borboletas, p. 66, nº 225.
- MARICATO, Erminia e Giselle Tanaka. O planejamento urbano e a questão fundiária, p. 16, nº 227.
- MARQUES Jr., Wilson. Existe relação entre a umidade do ar e a propagação do som?, p. 5, nº 228.
- MATTOS, Rosa M. O 'dino-ave' mineiro, p. 54, nº 228.
- MEDINA, Gabriel. Castanheiros x grileiros: conflito na última fronteira florestal do Pará, p. 60, nº 223.
- MENDES, Fúlvio R. Qual a utilidade da erva urtiga-branca?, p. 5, nº 228.
- MENDES, Helen e Célio Yano. Klaus Ammann (entrevista). Nem Monsanto nem Greenpeace, p. 8, nº 226.
- MENDES, Helen. Válvulas 'recauchutadas', p. 50, nº 228.
- MENDES, Helen e outros. Biossegurança e biodiversidade, p. 44, nº 226.
- MENDONÇA, Francisco e Antonio Castelnou Neto Curitiba: um exemplo no caos urbano?, p. 24, nº 227.
- MIRANDA, Vlads P. e Wagner B. Beskow. Bovinos dispersam capim invasor, p. 45, nº 224.
- MOLICA, Júlio. Socorro em pó, p. 53, nº 223.
- MONSERRAT Fº, José. Espaço cósmico e desenvolvimento nacional, p. 64, nº 225.
- MORICONI, Marco. A fila da execução. Marco Moriconi, p. 80, nº 226.
- MORICONI, Marco. A formiga faminta, p. 80, nº 227.
- MORICONI, Marco. De volta ao tabuleiro. Marco Moriconi, p. 80, nº 225.
- MORICONI, Marco. O monge iluminado, p. 80, nº 223.
- MORICONI, Marco. O teorema da amizade, p. 74, nº 228.
- MORICONI, Marco. Par ou ímpar? Marco Moriconi, p. 80, nº 224.
- MOURÃO, Fabiana e outros. No rastro dos mamíferos: um safári na savana brasileira, p. 70, nº 227.
- NAKAYA, Helder I. E Paulo P.R. Amaral. DNA não-codificador: o lixo que vale ouro, p. 36, nº 228.
- NASCIMENTO, Sebastião e Omar R. Thomaz. Os genocídios entram no século 21: a violência sem limites e os limites do entendimento, p. 32, nº 224.
- NEVES, Ana C. e outros. No rastro dos mamíferos: um safári na savana brasileira, p. 70, nº 227.
- OLIVEIRA, Elisabeth S. e Paulo Manaf. Roedores com cheiro de *tutti-frutti*, p. 68, nº 226.
- OLIVEIRA, Paulo E.A.M. e Hipólito F. Paulino Neto. As anonáceas e os besouros, p. 59, nº 224.
- OTAKE, Andréia H. e outros. Câncer: novos alvos para tratamento, p. 28, nº 223.
- PANTOJA, Jackson e Alexandre Kemeses. Tartarugas sob ameaça, p. 70, nº 228.
- PASCHOA, Anselmo S. Marco da ciência nacional, p. 76, nº 223.
- PAULA SILVA, Alexandre M. Como manter o gelo fora do congelador sem derreter por um longo período? Alguma substância, adicionada à água, dificulta o derretimento?, p. 6, nº 224.
- PAULINO Neto, Hipólito F. e Paulo E.A.M. Oliveira. As anonáceas e os besouros, p. 59, nº 224.
- PENA, Sérgio D. Thomas Bayes: o 'cara!', p. 22, nº 228.
- PEREIRA, Murilo A. e outros. Biossegurança e biodiversidade, p. 44, nº 226.
- PEREIRA, Murilo A. Gisele Minhoto (entrevista). Em guerra com o travesseiro, p. 8, nº 224.
- PEREIRA, Murilo A. O senhor das pedras, p. 42, nº 227.
- PILEGGI, Mônica. Júlio César Voltarelli (entrevista). O campo promissor das células-tronco, p. 6, nº 227.
- POLITI, Mário J. Por que a espuma é branca, independentemente da cor do sabão ou sabonete?, p. 7, nº 223.
- RANGEL, Thiago F.L.V.B. e outros. Macroecologia: visão panorâmica de sistemas ecológicos complexos, p. 64, nº 226.
- REHEN, Stevens. Cérebro quimérico, p. 11, nº 223.
- REIS, Fernando. Recordando Maurício Rocha e Silva, p. 64, nº 228. Resenha do livro *Maurício Oscar da Rocha e Silva: o homem e suas circunstâncias*, de Maria Ignez da Rocha e Silva.
- RIBEIRO, Rita C.L.F. e outros. Pau-brasil: conhecer para conservar, p. 22, nº 226.
- RIETZLER, Arnola C. e outros. Diversidade do zooplâncton de Minas Gerais, p. 67, nº 227.
- ROCHA, Yuri T. e outros. Pau-brasil: conhecer para conservar, p. 22, nº 226.
- RODRIGUES Jr., Ary A. Irradiação e contaminação radioativa. Qual a diferença?, p. 60, nº 228.
- ROIG, Fernando. O espaço, a fronteira final..., p. 74, nº 225. Resenha do livro *Rumo ao infinito*, de Salvador Nogueira.
- ROLON, Ana S. e Leonardo Maltchik. Áreas palustres: classificar para proteger, p. 66, nº 228.
- RUMJANEK, Franklin. A banda podre da ciência, p. 19, nº 224.
- RUMJANEK, Franklin. Ler ou não ler?, p. 19, nº 223.
- RUMJANEK, Franklin. Mais uma guerra para os Estados Unidos, p. 19, nº 225.
- RUMJANEK, Franklin. Pela hora da morte, p. 15, nº 228.
- RUMJANEK, Franklin. Pontes e o pé de feijão, p. 21, nº 226.
- RUMJANEK, Franklin. Quantos genes tem o ser humano e por que esse número é menor que o de proteínas?, p. 6, nº 223.
- RUMJANEK, Franklin. Sempre a cor da pele, p. 15, nº 227.
- SALERA Jr., Giovanni e outros. Relações cordiais, p. 61, nº 226.
- SANT'ANNA, Carlos E.R. e outros. Macroecologia: visão panorâmica de sistemas ecológicos complexos, p. 64, nº 226.
- SANTOS, Álvaro R. Socorro à camada superficial do solo, p. 64, nº 223.
- SANTOS, Isaac R. Tubarões de coleira, p. 54, nº 224.
- SCHNEEDORF, José M. Os organismos conhecidos como cogumelos chineses têm eficiência científica comprovada?, p. 5, nº 225.
- SCHULTZ, Cesar L. Revolução na história das cobras, p. 9, nº 227.
- SILVA SOBRINHO, Frederico e outros. Biodetergentes para limpeza de petróleo, p. 70, nº 223.
- SILVA, Marco A.R. e Jacqueline Leta. As moléculas da hereditariedade, p. 64, nº 227.
- SILVA, Maria Aparecida M. A questão agrária sob novos olhares, p. 74, nº 223. Resenha do livro *Uma nova abordagem da questão da terra no Brasil: o caso do MST em Campos dos Goytacazes*, de Helena Lewin (coord.), Ana Paula A. Ribeiro e Liliane S. Silva.
- SILVA, Roger B. e Emerson M. Vieira. Sobre ratos e pandas, p. 69, nº 224.
- SIMÕES, Jefferson C. Mantos de gelo e o nível dos mares, p. 12, nº 225.
- SMITH, Welber S. A pesca no rio Tietê, p. 20, nº 223.
- SOARES, Gláucio A.D. A estranha estrutura das mortes violentas, p. 34, nº 223.
- SOUSA Jr., Wilson C. e Neidja C.S. Leitão. Belo Monte: energia e polêmica na Amazônia, p. 20, nº 225.
- SZCZESNIAK, Konrad. O processo evolutivo da língua, p. 74, nº 226. Resenha do livro *A palavra ameaçada*, de Ivonne Bordelois.
- TANAKA, Giselle e Erminia Maricato. O planejamento urbano e a questão fundiária, p. 16, nº 227.
- TEDESCO, Carla D. e outros. Taturana: uma lagarta perigosa, p. 66, nº 224.
- THOMAZ, Omar R. e Sebastião Nascimento. Os genocídios entram no século 21: a violência sem limites e os limites do entendimento, p. 32, nº 224.
- VEIGA, Ana Beatriz G. Um veneno como remédio, p. 53, nº 225.
- VIANNA-MORGANTE, Ângela M. Temos 46 cromossomos!, p. 75, nº 224.
- VIEIRA, Cássio L. Fred Kavli (entrevista). O mecenas das ciências básicas, p. 8, nº 223.
- VIEIRA, Cássio L. Os zévatrons estão chegando, p. 50, nº 223.
- VIEIRA, Cássio L. Suelly Druck (entrevista). O ensino da matemática tem solução?, p. 6, nº 225.
- VIEIRA, Emerson M. e Roger B. Silva. Sobre ratos e pandas, p. 69, nº 224.
- WEGNER, Ewerton. Que materiais os mergulhadores usam para anotar informações debaixo d'água?, p. 5, nº 227.
- WINTER, Sílvia M.G. O mais intrigante anel de Saturno, p. 71, nº 226.
- YAMASHITA, Yaeko e Marcos T.Q. Magalhães. Transporte, sociedade e futuro, p. 36, nº 227.
- YANO, Célio. Aqui jaz perigo ambiental, p. 48, nº 224.
- YANO, Célio e Helen Mendes. Klaus Ammann (entrevista). Nem Monsanto nem Greenpeace, p. 8, nº 226.
- YANO, Célio e outros. Biossegurança e biodiversidade, p. 44, nº 226.
- ZATZ, Roberto e outros. Câncer: novos alvos para tratamento, p. 28, nº 223.
- ZILLIKENS, Anne e Carlos B. Marcondes. Mosquitos-borboletas, p. 66, nº 225.