

REVISTA DE  
DIVULGAÇÃO  
CIENTÍFICA  
DA SBPC

222



VOL. 37  
DEZEMBRO  
2005  
R\$ 8,90

**FÍSICA** As múltiplas  
aplicações do *laser*

**MISTÉRIO NA TERRA PRIMITIVA**

Biólogos tentam explicar  
assimetrias em certos  
compostos dos seres vivos

**ANTÔNIO FLÁVIO PIERUCCI**

Brasil ainda é o país  
do Cristo Redentor

## Estromatólitos

Os fósseis mais  
antigos do Brasil





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

#### DIRETORIA

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

#### CIÊNCIA HOJE • SBPC

**Editores Científicos** • Ciências Humanas – Maria Alice Rezende de Carvalho (IUPERJ) • Ciências Ambientais – Ricardo Iglesias Rios (Instituto de Biologia/UFRJ) • Ciências Econômicas – Carlos Medeiros (Instituto de Economia/UFRJ) • Ciências Exatas – Ivan S. Oliveira (Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas) • Ciências Biológicas – Débora Foguel (Instituto de Bioquímica Médica/UFRJ)

#### REDAÇÃO

**Editora Executiva** • Alicia Ivanissevich; **Editor de Texto** • Ricardo Menandro; **Sector Internacional** • Cássio Leite Vieira; **Repórteres** • Thaís Fernandes (coordenação), Fred Furtado e Lia Brum; **Revisoras** • Elisa Sankuevitz e Maria Zilma Barbosa; **Secretária** • Theresa Coelho; **Colaboraram neste número** • Cássio Leite Vieira (edição de texto); Célio Yano e Murilo Alves Pereira (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; **Diagramação** • Christiana Lee  
 (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.



## 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)

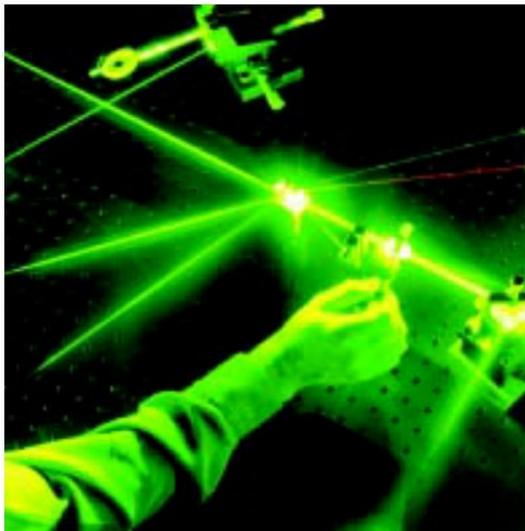
## PARA ANUNCIAR

TELFAX.: (0xx11) 5583-3370  
[cienciasp@cienciahoje.org.br](mailto:cienciasp@cienciahoje.org.br)

## 22 Um passeio pelo passado no shopping: estromatólitos no Brasil

Estruturas geológicas formadas pela ação de microrganismos, os estromatólitos são essenciais para reconstituir a história da vida na Terra. Esses fósseis podem estar muito próximos de nós: nos pisos de modernos *shopping centers*.

Por **William Sallun Filho** e **Thomas R. Fairchild**



## 30 O magnífico laser: aplicações modernas de uma solução em busca de problemas

Entre a elaboração desse artigo e sua publicação, muitas novas aplicações para o *laser* podem ter sido criadas. Daí ele ser chamado de “solução em busca de problemas”. Hoje, não existe atividade humana em que o *laser* não tenha uma aplicação. Apesar disso, o estudo do *laser* em si está longe de ser concluído.

Por **Vanderlei S. Bagnato**



Capa: foto William Sallun Filho

- 4 Por que a água é líquida, se é formada por dois gases?
- 4 Como é composto o quefir e quais os seus benefícios para a saúde?
- 5 Existem pesquisas sobre o uso de células-tronco para tratamento dos males de Alzheimer e de Parkinson?
- 5 Quem usa jóias e bijuterias adornadas com corais está colaborando para a destruição de espécies?

Antônio Flávio Pierucci

- 6 **O país do Cristo Redentor**  
O sociólogo analisa o crescimento das igrejas evangélicas no país

10 Prêmio Nobel 2005

10 **A luz deste século**

Fenômeno abriu novos caminhos para a física

12 **Boas idéias e inconformismo**

Descoberta médica teve de enfrentar muitos dogmas

14 **Cooperação ou conflito?**

Uma teoria com reflexos muito além da economia

16 **Resistência e determinação**

A administração das tensões na área da energia nuclear

17 **A dança das moléculas**

Reações inovadoras ampliaram os usos do petróleo

19 **O jogo do opressor e do oprimido**

Obra literária conjuga o social, o individual e o político

21 **Bala perdida**

Choques de asteróides são uma ameaça à vida na Terra

44 **Um hóspede indesejado**

Ataque de ervas-de-passarinho pode matar árvores urbanas

46 **Dar o peixe e disciplinar a pesca**

Recifes artificiais renovam estoques pesqueiros no Paraná

48 **Solução dentro do útero**

Dispositivo que libera hormônio alivia dores da endometriose

50 **O retorno do safrol**

Óleo de sassafrás pode ser extraído sem o corte da árvore

52 **Acesso livre e rápido**

Nova rede fornece alta capacidade de transmissão a pesquisadores

56 **O dilema das estradas não-oficiais na Amazônia**

Caminhos abertos sem controle favorecem o desmatamento

59 **O que faz um teólogo?**

Brasileiros produzem estudos teológicos autênticos e criativos

62 **Cortadeiras sob ameaça**

Destruição ambiental e inseticidas podem levar formigas à extinção

64 **Chave para a preservação**

Estudo de hormônios em fezes de animais ajuda a salvar espécies

68 **O futuro da velhice**

Resenha do livro *A revolução dos idosos*, de Frank Schirrmacher

70 **Uma lua parecida com a Terra**

Titã, o maior satélite de Saturno, foi descoberto há 350 anos

73

74 **Um problema de tirar o chapéu**

Um exemplo clássico de raciocínio na solução de uma dúvida

75

## 38 Os cristais e a origem da vida

Aminoácidos podem existir em duas formas assimétricas, como se uma fosse o reflexo da outra em um espelho. Os seres vivos, porém, usam apenas uma dessas formas em seu metabolismo. Tentando explicar essa misteriosa 'preferência', certos minerais são apontados como possíveis 'selecionadores' de aminoácidos na Terra primitiva.

Por **Dimas A. M. Zaia**  
e **Cássia Thais B. V. Zaia**



ENTREVISTA

MUNDO DE CIÊNCIA

A PROPÓSITO

EM DIA

OPINIÃO

ENSAIO

PRIMEIRA LINHA

RESENHA

MEMÓRIA

CARTAS

QUAL O PROBLEMA?

ÍNDICE DO VOLUME 37



## Por que a água é líquida, se é formada por dois gases?

MATHEUS VINICIUS, POR E-MAIL

A molécula de água é composta de um átomo de oxigênio e dois átomos de hidrogênio, formando um 'V' em um ângulo de  $104,45^\circ$ , com o oxigênio no vértice. Apesar de a molécula ser eletricamente neutra, suas cargas se distribuem de maneira desigual, com carga parcial negativa junto ao oxigênio e carga parcial positiva junto às pontas do 'V', onde estão os hidrogênios. O oxigênio de uma molécula atrai hidrogênios de outras moléculas de água – pois o negativo atrai o positivo –, estabelecendo uma ligação extremamente importante entre moléculas de água, chamada ponte de hidrogênio. Essa interação, criada pelas pontes de hidrogênio, é a responsável pela grande maioria das propriedades da água e, em particular, pelo fato de a água ser líquida à temperatura ambiente, enquanto, em geral, outras moléculas de tamanho semelhante são gases.

Para que a molécula de água possa se comportar como uma molécula de gás (vapor), ela deve quebrar essas pontes de hidrogênio que a unem a moléculas vizinhas e isso custa muita energia. Apesar de ser bem mais fraca que as ligações iônicas (transferência completa de elétrons) e covalentes (compartilhamento de um par de elétrons), essa ligação é mais forte que a maioria das outras ligações entre moléculas. As moléculas de oxigênio ( $O_2$ ) e de hidrogênio ( $H_2$ ), por exemplo, são apolares, ou seja, não apresentam desigualdade na distribuição de cargas em seu interior. A interação entre essas moléculas é, portanto, muito mais fraca que a causada pelas pontes de hidrogênio nas moléculas de água.

À temperatura e pressão ambientes, já existe energia suficiente na agitação molecular para que as interações entre moléculas de  $O_2$  ou  $H_2$  sejam quebradas e o oxigênio e o hidrogênio se comportem como gases. Nessas condições de pressão (1 atm), o oxigênio só se tornará líquido à temperatura de  $-183^\circ C$  e o hidrogênio à temperatura de  $-252,8^\circ C$ .

**Evaldo Curado**

Departamento de Física Teórica, Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (RJ)



## Como é composto o quefir e quais os seus benefícios para a saúde?

RODRIGO CASSANTA ROSSI, POR E-MAIL

O quefir (ou kefir) é uma bebida fermentada (a partir de leite, sucos de frutas, leite de soja, mel e outros líquidos) por um conjunto de microrganismos mantidos encapsulados em grãos gelatinosos com cerca de 2 cm de diâmetro e capazes de se auto-propagar, característica que permite obter duas colheres de grãos de quefir a partir de uma, em apenas um dia de cultivo em solução açucarada ou láctea. Sua eficácia como probiótico (ingrediente alimentar microbiano vivo cujo consumo é capaz de exercer efeitos benéficos à saúde) vem sendo comprovada há séculos na medicina popular e na li-

teratura médica em diversos países. Entre esses efeitos destacam-se: a melhoria na digestão de açúcares e proteínas, a ação antibiótica contra um largo espectro de patógenos (incluindo coliformes fecais, estafilococos, helicobactérias, salmonelas e listérias), além do tratamento complementar de diarréias, tumores e moléstias do trato respiratório (pneumonia, bronquite e tuberculose) e circulatório (colesterol elevado e aterosclerose).

Toda essa atividade baseia-se na produção de substâncias ativas dos mais de 50 microrganismos distintos presentes no quefir. Esses mi-



cróbios benéficos compreendem bactérias de ácido láctico, como lactobacilos (*Lactobacillus casei*, *L. acidophilus*, *L. bulgaricus*), lactococos (*Lactococcus lactis*), leuconostocos (*Leuconostoc citrovorum*, *L. mesenteroides*, *L. cremoris*), acetobactérias (*Acetobacter acetii*, *A. rasens*) e estreptococos (*Streptococcus thermophilus*, *S. lactis*) – alguns também encontrados em iogurtes e leites fermentados –, além de certos fungos (*Kluyveromyces* sp, *Saccharomyces* sp, *Candida kefir* e *Torula kefir*).

**José Mauricio Schneedorf**

Laboratório de Fitofármacos,  
Universidade de Alfenas (MG)

## ? Existem pesquisas sobre o uso de células-tronco para tratamento dos males de Alzheimer e de Parkinson? Em que estágio se encontram?

JENER LUIZ CORREIA, JOÃO PESSOA (PB), E JACI, BELO HORIZONTE (MG)

Sim, de fato existem pesquisas sobre o possível uso de células-tronco no tratamento das doenças de Alzheimer e de Parkinson. Entretanto, é importante ressaltar que ainda não está certo se essas células poderão de fato ser usadas para tratar tais doenças neurodegenerativas. Caso possam ser aplicadas, ainda devemos esperar cerca de cinco a 10 anos para que seja possível utilizá-las em transplantes no cérebro. Recentemente, as primeiras células-tronco do sistema nervoso foram obtidas em laboratório.

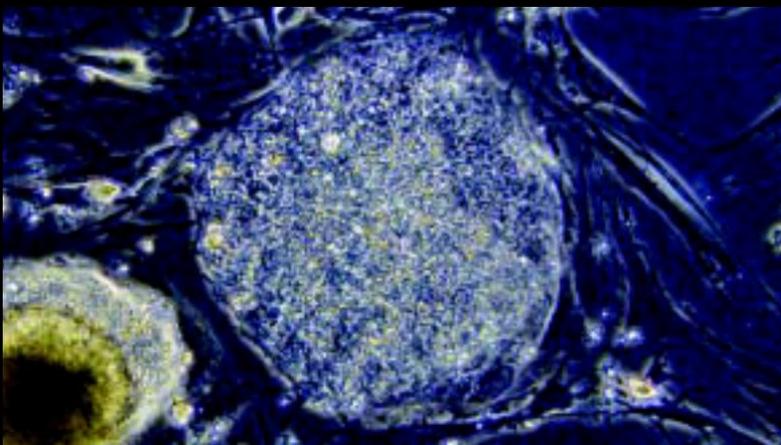
Os cientistas concordam que, se as células-tronco puderem ser usadas, provavelmente elas serão apenas parte da cura, não serão as únicas responsáveis por um tratamento de total sucesso. No caso da doença de Alzheimer, por exemplo, dependendo do estágio de progressão em que o paciente se encontra, várias células em locais distintos do cérebro podem estar danificadas. Assim, torna-se difícil determinar, enquanto a pessoa ainda está viva, quais células são necessárias e em que áreas exatamente.

Caso venha a ser possível o tratamento com células-tronco no início da doença, esta provavelmente se-

ria a melhor maneira de tratamento, que poderia prevenir o quadro degenerativo. Outra possibilidade interessante consiste no uso de substâncias conhecidas como fatores de crescimento, que poderiam ser utilizados de maneira segura para estimular o crescimento das células-tronco que já existem no cérebro de todos nós, mas permanecem 'adormecidas' sem esse estímulo. No caso específico da doença de Parkinson, as áreas afetadas no cérebro são mais restritas e, por isso, acredita-se no sucesso do uso de células-tronco como possível terapia, caso as pesquisas em animais venham a ser bem-sucedidas.

Ainda assim, seria necessário parar a evolução dessas doenças. Importantes progressos foram feitos nos últimos anos, e hoje os pesquisadores já conhecem alguns 'vilões' responsáveis por causar as doenças de Alzheimer e Parkinson. O sucesso no tratamento desses males devastadores provavelmente envolverá mais de um tipo de tratamento.

**Fernanda Guarino de Felice**  
Instituto de Bioquímica Médica,  
Universidade Federal  
do Rio de Janeiro



## ? Quem usa jóias e bijuterias adornadas com corais está colaborando para a destruição de espécies?

SHEILA LINS, POR E-MAIL

Os corais pertencem ao filo Cnidaria, que inclui também as hidras e águas-vivas. Aqueles utilizados em jóias e bijuterias pertencem à classe Anthozoa. O mais precioso é o coral vermelho da espécie *Coralium rubrum*, que foi muito explorado no Mediterrâneo. Outros menos valiosos são os corais negros e azuis, mais comuns no Indo-Pacífico. A exploração dessas espécies causa, sim, destruição, principalmente porque as populações apresentam distribuição localizada e a coleta é seletiva. Além disso, o crescimento dos indivíduos é muito lento. Vale lembrar que hoje já existem produtos sintéticos que imitam principalmente o coral vermelho.

**Maria Angélica Haddad**  
e **Rosana Moreira da Rocha**  
Departamento de Zoologia,  
Universidade Federal do Paraná

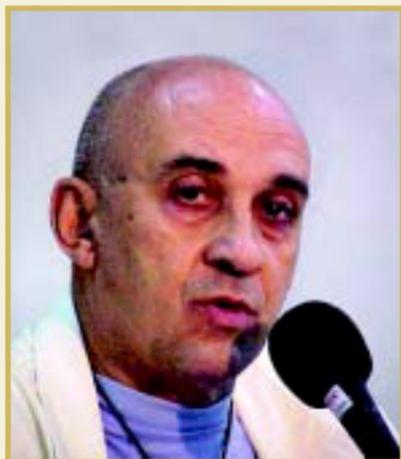


CARTAS À REDAÇÃO

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

E-MAIL:  
cienciahoje@cienciahoje.org.br

# O PAÍS DO CRISTO REDENTOR



## Antônio Flávio Pierucci

Há duas décadas o Brasil presencia o constante aumento de seguidores das igrejas pentecostais e neopentecostais, aumento que necessariamente acarreta a diminuição de outras religiões, como é caso do catolicismo, mas também do luteranismo e da umbanda. Segundo estudo realizado pelo sociólogo Antônio Flávio Pierucci, do Departamento de Sociologia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo (USP), diferentemente de 70 anos atrás (o primeiro censo sobre religião é de 1940), o país conta hoje com uma diversidade religiosa efetiva, que, entretanto, se concentra em uma imensa maioria cristã, composta de católicos e evangélicos. Somos de fato o país do Cristo Redentor: 90% cristão. “Há, sim, muita liberdade religiosa no Brasil, mas o peso do cristianismo ainda sufoca as outras crenças”, afirma. Nesta entrevista, Pierucci explica por que o cristianismo ainda é a principal religião adotada pelos brasileiros, fala sobre o influxo das conversões na sociedade e mostra que a nossa diversidade cultural não é tão grande como gostaríamos. “Que bela diversidade religiosa é essa nossa, na qual as religiões não-cristãs não somam mais do que 3,5% da população? É uma auto-ilusão que alimentamos. Podemos de fato ter gente de todas as cores e etnias, mas temos que calibrar melhor, diante do espelho censitário, essa auto-imagem de uma formidável diversidade religiosa (...) O brasileiro olha para si com olhos de multiculturalismo imaginado, irreal, exagerado.”

**Mônica Pileggi**

Especial para *Ciência Hoje/SP*

### O que é a 'diversidade religiosa à brasileira'?

Isso quer dizer várias coisas. Primeiro, que hoje o Brasil é, para todos os efeitos, um país religiosamente pluralista. Em segundo lugar, isso implica que a liberdade religiosa de cima para baixo, isto é, do Estado para a sociedade, vigora efetivamente e a contento. Vivemos um regime de liberdade religiosa como nunca houve neste país. É como se o Estado tivesse se convencido inteiramente das vantagens de ser religiosamente neutro, pois o que se observa na prática é que as religiões estão gozando da mais completa liberdade de ação, ou seja, de um regime de livre-concorrência quase perfeito. Finalmente, eu uso a expressão liberdade religiosa 'à brasileira' para aludir ao fato de que, talvez por causa da nossa elogiada pluralidade etnoracial, nós nos tenhamos habituado a achar que o Brasil é um paraíso de diversidade religiosa, assim como a Amazônia é rica em biodiversidade e nós nos orgulhamos dela. O brasileiro alimenta muito esse imaginário.

No censo realizado em 1940, havia ainda um monopólio do catolicismo. Mais de 95% dos brasileiros se declaravam católicos, e havia só 2,6% de evangélicos. De cada 10 brasileiros, nove e meio eram católicos. As outras religiões eram mais que minoritárias, eram mínimas, somando menos de 2%. Com o passar do tempo, algumas começaram a experimentar um crescimento maior e constante, e pouco a pouco passaram a fazer frente ao gigantismo católico como competidores mais numerosos e demograficamente significativos.

### O que levou o senhor a mensurar a diversidade religiosa no país?

Foi olhando de perto as tabelas do último censo demográfico que eu passei a me interessar pelo lado quantitativo da diversidade religiosa. Pelos dados do IBGE [Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística] para o ano de 2000, a população brasileira é 74% católica e 15,5% evangélica. Somando esses valores, chega-se a 89,5%, de onde se conclui que nove entre 10 brasileiros são declaradamente cristãos. Ou seja, somos realmente 'o país do Cristo Redentor'. Agora, se você observar o percentual da categoria 'outras religiões' apurado a cada 20 anos desde 1940, vai observar que ele é sempre baixo. E seu crescimento é muito suave: sai de 1,9% em 1940, chega a 2,3% em 1960, a 2,5% em 1980 e finalmente a 3,5% no ano de 2000. Pergunto: que bela diversidade religiosa é essa a nossa, na qual as religiões verdadeiramente outras, as religiões não-cristãs –

judeus, afros, hinduístas, islâmicos, budistas etc. – não somam mais do que 3,5% da população? É uma auto-ilusão que alimentamos. Podemos de fato ter gente de todas as cores e etnias, mas temos que calibrar melhor, diante do espelho censitário, essa auto-imagem de uma formidável diversidade religiosa.

### O senhor disse auto-ilusão do brasileiro, o que isso implica?

Quando a mídia exhibe muito um determinado fenômeno, como recentemente fez a TV Globo com o rodeio, começa-se a pensar que qualquer cidade do Brasil tem seus rodeios, que a juventude usa aquele tipo de roupa, chapéu e bota de *cowboy* etc. Cria-se o chamado 'efeito demonstração'. É um efeito hiper-real: aquilo não é a realidade, mas uma realidade criada com toda a aparência de ser real. Algo parecido com isso acontece hoje com as igrejas. Algumas igrejas neopentecostais, que utilizam intensamente

**Por causa da nossa elogiada pluralidade etnoracial, nos habituamos a achar que o Brasil é um paraíso de diversidade religiosa, assim como a Amazônia é rica em biodiversidade e nós nos orgulhamos dela. O brasileiro alimenta muito esse imaginário**

a mídia televisiva, passam a imagem de serem igrejas enormes, com centenas de milhares de seguidores, quando, na realidade, medido pelo censo, seu tamanho é bem menor. A mesma coisa se passa com a diversidade religiosa: na realidade ela é bem menor do que aparenta.

### Segundo os dados do censo, a partir da década de 1980, começa a diminuir o número de seguidores da Igreja Católica. Houve algum fator histórico que contribuiu para essa redução?

Vários fatores históricos. Primeiro foi o surgimento, no final dos anos 70, das chamadas igrejas neopentecostais: a Igreja Universal do Reino de Deus, a Internacional da Graça Divina e a Renascer, entre outras. Elas foram criadas aqui no Brasil com o uso inteligente da mídia eletrônica e mais eventos de massa: reuniões em estádios de futebol, compra de grandes salões etc. E veja bem, segundo historiadores, a Igreja Católica, quando pensou nas comunidades eclesiais de base nos anos de 1960, espelhou-se no modelo dos pentecostais, que faziam pequenas igrejas, muito mais comunitárias e mais aconchegantes, ▶

devido ao pequeno número de pessoas que elas congregavam. As neopentecostais vieram mudar isso.

O neopentecostalismo trouxe várias mudanças: o grande número de seguidores insistentemente mostrado na televisão é uma delas, mas não só. Ele trouxe também um espírito de empreendedorismo para a atividade dos pastores, e com isso aumentou sua racionalidade empresarial, o que também aumentou sua eficácia. Isso quer dizer que a Igreja Católica tem hoje, no Brasil, concorrentes religiosos muito mais aparelhados e preparados do que antes para converter católicos. As igrejas neopentecostais, nas quais há muito empenho dos pastores e trabalha-se muitas horas por dia, são mesmo 'igrejas de resultados'.

### **Há uma relação entre conversão e individualização? Como essa conversão afeta o indivíduo?**

Afeta e muito. Isso tem sido assim com o protestantismo desde que ele surgiu no século 16, essa foi a grande novidade cultural trazida pela Reforma Pro-

versão e querer fazer isso com todo mundo, querendo converter a toda hora, sistematicamente. Mesmo quando ele já pode se reproduzir biologicamente, continua convertendo indivíduos sem parar.

Essa é uma dinâmica nova de supervalorização religiosa da pessoa, processo individualizador que está se acelerando a olhos vistos no Brasil atual. É um processo civilizador, sem dúvida, mas com efeitos não necessariamente benéficos para a manutenção das tradições de um povo. Como o Brasil é tradicionalmente católico, cresce cada vez mais o número de brasileiros que deixam de ter respeito religioso pelos símbolos do catolicismo. Sociologicamente, ocorre um processo de desenraizamento cultural, que pode, sim, ter um efeito muito bom para cada pessoa, mas ainda não se sabe qual será o efeito acumulado para o conjunto da cultura brasileira.

### **Que risco isso poderia ocasionar?**

Um efeito do proselitismo pentecostal que já se pode notar estatisticamente é a perda de seguidores pelas religiões afro-brasileiras. Hoje há um número muito maior de negros nas igrejas evangélicas do que nas religiões afro-brasileiras. Estas estão perdendo um bom bocado do seu componente etnoracial. Parece que muitos negros e negras encontram hoje nas igrejas pentecostais um espaço mais amplo de ascensão social e de ruptura com seu passado de subordinação racial. É tam-

bém nesse sentido que o protestantismo individualiza a pessoa: coloca-o em uma comunidade religiosa voltada para o futuro e para o sucesso, não para o passado africano.

### **E em relação aos índios? Será que o Brasil não estaria perdendo uma identidade cultural com missões de evangelização em aldeias indígenas?**

Claro. Só que tempos atrás não existia a mentalidade, bem recente, de que é importante preservar as diferenças culturais, de que é importante valorizar quem é diferente, de que é bom e salutar termos diversidade. Ocorre que com a civilização, o índio se tornou um brasileiro pobre. O catolicismo está mais sensível ao argumento da preservação cultural. Hoje, os católicos procuram práticas rituais e discursivas que seus teólogos e pastoralistas chamam de 'inculturação': mergulhar na cultura do outro procurando alterá-la o mínimo e mantendo o grupo cultural coeso. É uma tarefa complicada e não necessariamente bem-sucedida, mas reforça em seus missionários uma consciência mais culpada em relação a isso do que a dos evangélicos. Estes não respeitam

**Para o protestantismo, quando Deus chama alguém, chama aquela pessoa e não a família. No judaísmo, por exemplo, Deus chama o povo judeu inteiro. É uma religião étnica**

testante: Deus quer o indivíduo, não o grupo. Existe um romance puritano do século 17, chamado *O avanço do peregrino*, de John Bunyan, que conta a história de um indivíduo que morava na Cidade da Perdição e foi chamado por Deus para a Cidade da Salvação. Ele aceita o chamado e é conduzido por um anjo em busca da Cidade da Salvação, a vida eterna. Quando finalmente chega às portas da Cidade da Salvação, ele então se lembra de que, ao partir, deixou para trás a mulher e os filhos lá na Cidade da Perdição. Ou seja, para o protestantismo, quando Deus chama alguém, chama aquela pessoa enquanto indivíduo isolado e não enquanto membro de uma família, e muito menos chama a família inteira. No judaísmo, por exemplo, Deus elegeu o povo judeu inteiro. O judaísmo é, assim, uma religião étnica. O chamado individual à conversão é, primeiro, um desmembramento, tira a pessoa de um grupo, cortando laços. Uma congregação de convertidos é uma reunião de indivíduos saídos dos mais diferentes grupos, e seus laços mais importantes de união agora são os religiosos e não mais os laços de sangue. É típico do protestantismo ser uma religião de con-

cultura que não seja a verdade evangélica. No fundo, no fundo, uma religião não respeita mesmo a outra. Sei que para as pessoas que têm uma religião isso é duro de ouvir, mas eu, como sociólogo da religião, devo admitir que elas não se respeitam; ao contrário, vivem se desqualificando umas às outras.

#### Há uma faixa etária específica em que a conversão é mais freqüente?

Sim. Normalmente, quando jovem, a pessoa está mais aberta a mudanças e mais em conflito com a família. E uma conversão a uma religião diferente da que a família segue é uma boa maneira de romper com os pais. Nessa idade, não só a conversão é freqüente, como também a entrada em uma ordem religiosa, embora isso signifique mudar de vida, mas não de religião. A primeira juventude é a idade dos rompimentos familiares, de querer contradizer a família. Há uma série de condicionantes que fazem com que a idade jovem seja ótima para mudar de religião. Mas, uma vez tendo mudado de religião, fica mais fácil mudar novamente. É mais provável que uma pessoa que mudou uma vez de religião venha a fazê-lo novamente do que uma pessoa que nunca abandonou sua religião de origem. Aos poucos, as pessoas de modo geral vão aprendendo a encarar isso

como um aprendizado social. É um pouco como o que ocorre com o divórcio. Hoje os casamentos no Brasil duram menos do que 40 anos atrás. Naquela época, imaginava-se que a separação poderia destruir a família e afetar os filhos psicologicamente. Criava-se uma hiperdramatização das conseqüências do divórcio. Hoje sabemos que não é assim. Há um aprendizado social disso, um aprendizado coletivo. O ser humano é capaz de mudar e aprender com isso, e isso se reflete socialmente.

#### A diferença de religião interfere nas relações entre as pessoas?

Isso também é uma coisa que as pessoas vão aprendendo: o fato de ser de outra religião não significa que deva mudar a relação. O que muda mesmo é a idéia que se tem e se projeta do Brasil. A paisagem ainda é majoritariamente católica, mas já existem brasileiros vivendo em paisagens locais nas quais o catolicismo é minoritário, e a maioria é evangélica – o que também vamos aprendendo a encarar como um fato banal, cada vez mais normal: em uma região da cidade, a maioria é católica, em outra, evangélica. No fim das contas, se nossa diversidade religiosa ‘à brasileira’ não é variadíssima, pelo menos mais equilibradamente binária ela já é. ■

## Dê um brilho especial a suas aulas.

Use os livros desta coleção.

Ciência Hoje na Escola é uma série de 12 livros paradigmáticos que abordam temas da atualidade e abrangem diversas áreas do conhecimento. Cada volume é composto por artigos escritos por alguns dos melhores pesquisadores do país. Todos os livros contêm índice por palavra-chave e um caderno especial para auxiliar o trabalho do professor em sala de aula. Bem ilustrados, os volumes trazem ainda experimentos que apóiam as atividades curriculares.



**CIÊNCIA HOJE**  
na escola

**A MELHOR DA SALA**  
Ela não pode faltar

CONHEÇA OS TÍTULOS DA COLEÇÃO

Céu e Terra  
Bichos  
Corpo Humano e Saúde  
Meio Ambiente e Águas  
Ver e Ouvir  
Química do dia-a-dia  
Tempo e espaço  
Matemática  
Evolução  
Geologia  
Sexualidade  
Eletricidade

NA INTERNET: [www.ciencia.org.br](http://www.ciencia.org.br) PELO TELEFONE: 0800-7278999



É função do cientista inquirir a natureza; a do artista, a realidade. Desse embate – em geral, conflituoso –, brotam respostas. Destas, teorias ou obras artísticas. No caso do Nobel de Física deste ano, esse diálogo teve como interlocutor algo com aparente insubstância: a luz. A invenção do *laser*, em 1960, mostrou que suas propriedades conflitavam com a teoria ondulatória da luz usual. A explicação para peculiaridades desse então novo fenômeno foi premiada pela Real Academia Sueca de Ciências (RASC).

A natureza tem formas sutis – e inusitadas – de responder às perguntas formuladas a ela. Só mentes treinadas poderiam perceber que, para desvendar o segredo de certas reações químicas – hoje, de extrema importância comercial –, era preciso imaginar uma dança em que moléculas trocavam de pares. Tamanha perspicácia valeu o Nobel de Química deste ano. Na economia, a RASC escolheu um tema relacionado à chamada teoria dos jogos, cuja essência está no conflito e em sua antítese, a cooperação.

A que ponto pode chegar um pesquisador para pôr fim a um conflito entre seus dados experimentais e colegas incrédulos? Ao impensável, no caso de um dos ganhadores do Nobel de Medicina ou Fisiologia, outorgado pelo Instituto Karolinska: a ingestão de um caldo de cultura de *Helicobacter pylori*, a bactéria que, depois dessa auto-infecção arriscada, foi finalmente reconhecida como causa da úlcera péptica.

A categoria Paz, a cargo do Comitê Norueguês do Nobel, foi para a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) e para o seu atual diretor, Mohamed ElBaradei, cuja árdua tarefa tem sido – além daquela relacionada à proliferação nuclear – resistir a enormes pressões políticas, principalmente vindas dos Estados Unidos.

A Academia Sueca [de Literatura] novamente parece ter atribuído certo viés político ao prêmio. Com peças que exploram o conflito entre opressor e oprimido, Harold Pinter tem sido uma voz constante contra a participação dos Estados Unidos e de seu próprio país, a Grã-Bretanha, na invasão do Iraque.

Dizer que a *Ciência Hoje* reuniu, mais uma vez, comentaristas excepcionais não chega a ser novidade. Talvez, o diferencial desta edição sejam relatos – escritos na primeira pessoa, quase crônicas – de momentos importantes ligados ao prêmio. E passagens peculiares vivenciadas pelos autores – afinal, o que dizer de um premiado que pede para cheirar os vapores do escapamento de um carro a álcool no Brasil? Boa leitura.

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

NOBEL DE FÍSICA

# A luz deste

O ano de 2005 foi declarado Ano Mundial da Física pela União Internacional de Física Pura e Aplicada (IUPAP), com o endosso da Organização das Nações Unidas, em comemoração aos 100 anos do ano ‘milagroso’ do físico de origem alemã Albert Einstein (1879-1955). Em 1905, Einstein, aos 26 anos de idade, publicou trabalhos que deram contribuições fundamentais para o nosso entendimento da natureza:

i) a teoria da relatividade restrita, que alterou as noções sobre o espaço e o tempo – mostrando que essas duas grandezas têm caráter relativo (dependem do observador) e não absoluto, como se pensava até então – e estabeleceu a famosa equivalência entre matéria e energia ( $E = mc^2$ );

ii) a análise do movimento browniano – um fenômeno observado ainda no século 19 e caracterizado pelo movimento errático de grãos de pólen em água –, que serviu de base, poucos anos depois, para os experimentos que dizimaram as últimas dúvidas sobre a realidade física dos átomos e das moléculas;

iii) a teoria dos ‘quanta’ de luz, na qual propôs que a luz, sob certas circunstâncias, se comporta como sendo formada por partículas, que, em 1926, receberiam o nome de fótons – vale lembrar que esse trabalho, considerado por Einstein sua “contribuição mais revolucionária”, rendeu-lhe o Nobel de Física de 1921.

Neste último artigo, Einstein propôs que a luz teria natureza dual, ou seja, além de ser uma onda, também se comportaria como um corpúsculo. No começo

## século



do século passado, o caráter ondulatório da luz estava muito bem estabelecido, com base em inúmeras experiências demonstrando um fenômeno típico das ondas, a interferência. A hipótese de Einstein permitia, por outro lado, explicar um fenômeno chamado efeito fotoelétrico, que não era bem entendido na época – hoje, ele é a base de funcionamento de, por exemplo, painéis solares e de dispositivos que permitem abrir e fechar automaticamente portas de elevadores. Somente em meados da década de 1920 apareceram evidências concretas sobre a realidade física dos fótons.

Até a década de 1950, todos os fenômenos observados com a luz visível podiam ser explicados pela teoria ondulatória usual. Porém, no início da década de 1960, o *laser* foi inventado, e rapidamente se percebeu que as propriedades desse tipo de luz eram muito diferentes daquelas presentes em uma fonte comum (lâmpada incandescente etc.). Embora possa parecer que as características únicas de um *laser* são monocromaticidade (sua luz é de uma só cor), propagação em linha reta (diz-se que o feixe de luz é colimado) e coerência (ou seja, é formado por ondas muito bem sincronizadas), tudo isso pode ser obtido com fontes comuns de luz – de fato, o físico inglês Isaac Newton (1642-1727), já no século 17, observou efeitos de interferência. A característica única dos *lasers* é a forma como os fótons se distribuem dentro do feixe, de modo alea-

tório. Nas fontes de luz comum, por outro lado, os fótons tendem a viajar agrupados.

Em trabalhos publicados a partir de 1963, Roy Glauber, um dos ganhadores do Nobel de Física deste ano, e outros – principalmente, o indiano George Sudarshan –, formularam as bases teóricas para o entendimento dessas propriedades. Essas idéias não apenas explicaram o *laser*, mas também serviram de base para uma teoria detalhada do processo de detecção de fótons. Os trabalhos de Glauber formam a base da área chamada óptica quântica – óptica, por se tratar do estudo da luz; quântica, pelo foco em propriedades das partículas de luz –, que tem tido desenvolvimento acelerado recentemente.

As características dos *lasers* – em particular, o fato de sua luz

ser extremamente coerente – permitiram realizar novas investigações muito mais detalhadas da matéria. A história da ciência nos ensina que, sempre que conseguimos observar a natureza com maior sensibilidade, aprendemos mais. Os outros dois laureados deste ano, o norte-americano John Hall e o alemão Theodor Hänsch, desenvolveram *lasers* com excepcional estabilidade, bem como técnicas para estudar sistemas atômicos com precisão antes impensável.

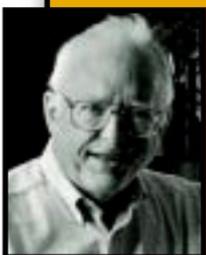
Uma das maiores contribuições dessa dupla foi o desenvolvimento de uma técnica que permite comparar, de maneira simples, um sinal de baixa frequência – as ‘microondas’ (sim, as mesmas usadas nos fornos de microondas!), que oscilam cerca de 10 ▶

**Roy J. Glauber** ▶ Nasceu em 1925 em Nova York (Estados Unidos). Doutor em física (1949) pela Universidade de Harvard, Cambridge (Estados Unidos). Professor do Departamento de Física da Universidade Harvard.



HARVARD NEWS OFFICE / JANE REED

**John L. Hall** ▶ Nasceu em 1934 em Denver, Colorado (Estados Unidos). Doutor em física (1961) pelo Instituto de Tecnologia Carnegie (Estados Unidos). Professor do Instituto Associado para Laboratório de Astrofísica (JILA) da Universidade do Colorado.



WWW.COLORADO.EDU

**Theodor W. Hänsch** ▶ Nasceu em 1941 em Heidelberg (Alemanha). Doutor em física (1969) pela Universidade de Heidelberg. Diretor do Instituto Max-Planck de Óptica Quântica e professor de física da Universidade Ludwig-Maximilians, em Munique (Alemanha).



MAX PLANCK SOCIETY

bilhões de vezes por segundo, isto é, 10 mil vezes mais que as ondas de rádio – com um sinal de frequência 100 mil vezes maior (a luz visível). Medidas ultraprecisas de frequência implicam medidas ultraprecisas de tempo. Atualmente, a unidade de tempo (segundo) é definida como o tempo necessário para que ocorram 9.192.631.770 oscilações da radiação capaz de excitar o átomo de césio ( $^{133}\text{Cs}$ ).

Há diversas propostas para definir a unidade de tempo utilizando as oscilações de luz visível em vez das microondas. Mas como isso permite melhorar a definição da unidade de tempo? Simples: quanto mais oscilações contamos em um dado intervalo de tempo, menor se torna a importância de errarmos na contagem de uma oscilação. A dificuldade para usar essas transições para um novo relógio estava em fazer a contagem dessas oscilações na frequência óptica, ou seja, da luz visível, que oscila muito mais vezes por segundo que as microondas. A técnica de Hänsch e Hall permite comparar a frequência óptica diretamente com uma frequência de microondas, que é mais fácil de contar.

Há atualmente bons grupos de pesquisa no Brasil nas áreas de óptica quântica e espectroscopia a *laser* – esta última é uma técnica que permite analisar a matéria com base no uso desse tipo de luz. Em óptica quântica, há grupos teóricos, de excelência internacional, na Universidade Federal de São Carlos, na Universidade Estadual de Campinas (SP) e, especialmente, na Universidade Federal do Rio de Janeiro. Grupos experimentais foram criados mais recentemente, em Belo Horizonte, no Rio de Janeiro, em Niterói, em Maceió, bem como no Instituto de Física da Universidade de São Paulo e têm demonstrado vigor e qualidade em suas atividades. A espectroscopia a *la-*

*ser* já existe há mais tempo no Brasil, tendo se iniciado em Campinas na década de 1970, contando atualmente com grupos de alta qualidade também em São Carlos e no Recife.

Medidas de alta precisão usando as técnicas de Hall e Hänsch podem conduzir a novas descobertas científicas, como o estudo de uma possível variação com o tempo de grandezas consideradas constantes. Além disso, medidas ultraprecisas de tempo são importantes em aplicações tecnológicas, levando a melhorias, por exemplo, do sistema GPS (sigla, em inglês, para Sistema de Posicionamento Global), usado na aviação comercial, entre outras aplicações.

Já as propriedades quânticas da luz podem ter importância na criação de computadores quânticos, que prometem ser mais eficientes que os computadores atuais para a resolução de alguns problemas, ou na chamada criptografia quântica, um tipo de técnica de transmissão de informação considerada inviolável.

Se o *laser* foi a luz do século passado, a luz que deve iluminar nosso caminho neste século tem propriedades quânticas marcantes, conforme a proposta revolucionária de Einstein e a descrição teórica de Glauber.

**Alessandro de Sousa Villar e  
Paulo Alberto Nussenzeig**  
*Instituto de Física,  
Universidade de São Paulo*

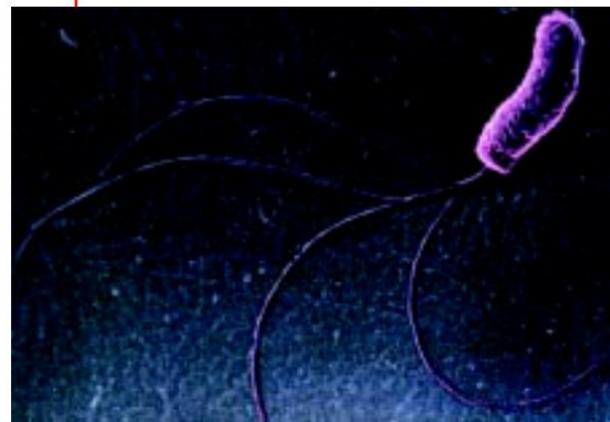
NOBEL DE MEDICINA OU FISILOGIA

## Boas idéias

**O**uvíamos falar, desde crianças, que fatores emocionais e alimentação inadequada eram responsáveis por doenças do estômago, como gastrite e úlcera péptica. Os médicos acreditavam que essas doenças decorriam de alterações da fisiologia gástrica, influenciadas pelo modo de vida dos indivíduos, que vinha se deteriorando na modernidade: hábitos alimentares inadequados, vida agitada e estresse.

A úlcera péptica era considerada uma doença incurável de caráter recorrente. Melhor clínica era obtida com o uso de medicamentos que diminuía a acidez do estômago, mas, na maioria das vezes, os sintomas reapareciam quando a medicação era interrompida. Em casos mais graves, o alívio só era obtido por cirurgia e, em casos extremos, os pacientes acabavam morrendo por complicações, como sangramento ou perfuração da úlcera.

Os ganhadores do prêmio Nobel em Fisiologia ou Medicina deste ano mudaram o dogma médico e popular quanto às causas da úlcera péptica, o que permitiu uma revolução no tratamento da doença.



# e inconformismo



Robin Warren, um patologista do Hospital Real de Perth (Austrália), observou, em 1979, a presença de bactérias curvas no estômago de pacientes com gastrite e úlcera péptica, mas não conseguia convencer a comunidade médica da importância da descoberta. Argumentavam que, se fosse relevante, o fato já teria sido descrito anteriormente. Além do mais, o estômago saudável de seres humanos era considerado 'estéril', ou seja, bactérias não poderiam crescer em um ambiente tão ácido.

Em 1981, Barry Marshall, um médico residente do mesmo hospital, procurou Warren para desenvolverem, juntos, um trabalho de pesquisa que consistiu na tentativa de isolar as bactérias, observadas anteriormente por Warren, do estômago de 100 pacientes. Finalmente, a meta foi atingida no início de 1982 e, no ano seguinte, os resultados foram publicados na revista médica britânica *The Lancet*. O microrganismo foi considerado uma nova bactéria, tendo sido posteriormente denominado *Helicobacter pylori*. Entretanto, foram necessários vários anos e muita determinação para que a comunidade médica aceitasse a novidade.

Movido pela angústia da não aceitação e pela ansiedade em demonstrar consistentemente a importância da descoberta, Marshall se infectou, ingerindo um caldo de cultura, contendo microrganismos vivos, para demonstrar que a bactéria era capaz de colonizar o estômago humano previamente sadio, causando lesões no órgão, e assim preencher os quatro postulados de Koch –

uma referência ao bacteriologista alemão Robert Koch (1843-1910).

Segundo esses postulados, uma bactéria, para ser considerada causadora de uma doença, deve ser encontrada em todos os indivíduos doentes, nas regiões afetadas pela doença. O *H. pylori* preenchia esse primeiro postulado, pois era encontrado na mucosa do estômago ou em áreas de mucosa gástrica localizadas no duodeno, no caso de pacientes com úlcera duodenal.

O segundo postulado reza que o microrganismo deve ser cultivado a partir das lesões e foi preenchido quando, em 1982, os dois autores cultivaram o *H. pylori* a partir de fragmentos de mucosa gástrica de pacientes com gastrite e úlcera péptica.

Entretanto, restava demonstrar os dois últimos postulados: i) induzir o aparecimento de doença em animais de experimentação previamente saudáveis; ii) isolar, a partir desses animais, novamente o microrganismo viável. Como não havia animais susceptíveis, Marshall ingeriu um caldo de cultura da bactéria e desenvolveu uma gastrite aguda, preenchendo assim o terceiro postulado. Quando fragmentos de mucosa gástrica de Marshall foram cultivados e houve crescimento do *H. pylori*, fechou-se o ciclo.

Ainda assim, somente no início da década de 1990, tornou-se impossível ignorar a descoberta de Warren e Marshall. A mais forte evidência do papel patogênico do *H. pylori* na úlcera péptica foi o êxito no tratamento da doença com a erradicação da bactéria, que passou a ser uma prática clínica disseminada.



**Barry J. Marshall** ▶ Nasceu em 1951 em Kalgoorlie (Austrália). Graduado em medicina (1974) pela Universidade da Austrália Ocidental. Professor do Laboratório de Pesquisas

do *Helicobacter pylori*, do Centro Médico de Nedlands (Austrália).

**J. Robin Warren** ▶ Nasceu em 1937 em Adelaide (Austrália). Doutor *honoris causa* (1997) pela Universidade da Austrália Ocidental. Patologista aposentado do Royal Perth Hospital (Austrália).



FOTOS: HELICOBACTER PYLORI RESEARCH LABORATORY

Ao conferir o prêmio aos dois médicos australianos, o Comitê Nobel reconheceu o valor de um trabalho desenvolvido de forma singela, mas de relevância e aplicação prática imediata, permitindo diminuir o sofrimento humano, visto que a frequência da doença ulcerosa é muito elevada no mundo todo. A observação paciente do cotidiano associada a uma atitude desprovida de preconceitos levou Warren a levantar a questão. Entusiasmo, perseverança e espírito empreendedor permitiram a Marshall confirmar as hipóteses de Warren. Para isso, lançou mão de técnicas tradicionais de cultivo de bactérias, que muito se assemelham às adotadas pelo químico e microbiologista francês Louis Pasteur (1822-1895) há mais de um século, demonstrando que boas idéias e inconformismo fazem a diferença.

**Dulciene Maria de Magalhães Queiroz e Andreia Maria Camargos Rocha**

Laboratório de Pesquisa em Bacteriologia, Faculdade de Medicina, Universidade Federal de Minas Gerais



NOBEL DE ECONOMIA

# Cooperação ou conflito?

**P**or muito tempo, os economistas se contentaram com a resposta do escocês Adam Smith (1723-1790) de que a busca egoísta do interesse econômico pelos indivíduos levaria ao bem geral da sociedade, à medida que a procura pelo maior ganho levaria à maior oferta de bens e serviços para a sociedade. Contudo, o prêmio Nobel de Economia deste ano para o norte-americano Thomas Schelling e o norte-americano-israelense Robert Aumann, por suas contribuições à teoria dos jogos, sugere que o conformismo dos economistas com a harmonia social baseada no egoísmo parece ter sido deixada de lado.

O método de análise conhecido como teoria dos jogos foi elaborado pioneiramente no livro *The theory of games and economic behavior* (*A teoria dos jogos e o comportamento econômico*), publicado em 1944, do matemático húngaro John von Neumann (1903-1957), escrito em co-autoria com o economista alemão Oskar Morgenstern (1902-1977). A

partir daí, vários modelos de análise começaram a ser elaborados.

Um modelo de análise de uma situação de interação baseado na teoria dos jogos que se tornaria famoso foi o 'dilema dos prisioneiros'. Nele, dois suspeitos de roubar uma casa são presos em celas separadas, e a polícia avisa que, caso um deles confesse e o outro não, aquele que confessou é imediatamente libertado por ter colaborado com a polícia, enquanto o que não confessou sofre uma pena de detenção mais pesada (digamos, seis meses). Se ambos não confessam, ambos têm uma pena branda (digamos, um mês), uma vez que as evidências do crime não são muito fortes. Se ambos confessam, o valor da colaboração para a redução de pena diminui, e os dois ficam presos por três meses.

Se os dois ladrões forem racionais, dadas as circunstâncias, o resultado será que ambos irão confessar. Isso porque confessar é a melhor resposta que um dos ladrões pode ter em relação a qualquer coisa que o outro ladrão faça:

se o outro ladrão não confessar, o melhor a fazer é confessar e ficar livre imediatamente. Se, por outro lado, o outro ladrão confessar, o melhor a fazer é também confessar: nesse caso, a pena se reduz de seis meses (a pena por não ter confessado quando o outro confessou) para três meses (a pena por ter confessado quando o outro também confessou).

O 'dilema do prisioneiro' mostrava que, quando o ganho por não cooperar era maior que aquele oferecido pela cooperação, os indivíduos (ou as organizações) poderiam preferir não cooperar entre si, ainda que o resultado final dessa não-cooperação fosse pior que aquele em que todos cooperam mutuamente. Se, ao desrespeitar um contrato, os ganhos são significativamente maiores do que o respeitando, há uma boa possibilidade de que ele seja desrespeitado. Mas, se essa for a atitude geral, todos acabam em uma situação pior do que aquela em que ocorre cooperação entre os participantes.

Em outros modelos de jogos, disputas como as que acontecem entre países por poderio militar poderiam gerar uma escalada incontrolável e o pior resultado para todos: uma guerra. Como fomentar a cooperação ou promover o desarmamento? Ou reduzir a possibilidade de conflito?

Foi graças às formulações matemáticas de Robert Aumann que os teóricos de jogos conseguiram demonstrar que, se a relação entre os indivíduos ou as organizações tem uma boa chance de durar por tempo indeterminado – e caso não haja uma grande perda de ganhos em curto prazo –, a



cooperação deve se estabelecer, mesmo em uma situação como a do dilema do prisioneiro. Assim, mesmo que haja um ganho significativo no desrespeito a um contrato, desde que as empresas envolvidas tenham a expectativa de que a relação se prolongue e não estejam muito impacientes pela realização desses ganhos – como poderia ser o caso se estivessem endividadas, precisando cobrir suas dívidas –, há uma boa chance de a cooperação se estabelecer.

As aplicações desse tipo de análise são várias. Por exemplo, no estudo de cartéis, uma vez que um cartel é uma situação semelhante àquela representada no dilema do prisioneiro: se a empresa cumpre a determinação do cartel e reduz sua produção para aumentar o preço de mercado de seu produto, ela ganha. Contudo, se a empresa não cumpre a determinação do cartel e não reduz sua produção, ela ganha ainda mais, pois sua produção, cujo nível será normal, será vendida a um preço de mercado mais alto, resultado do fato de que as demais empresas do cartel estarão reduzindo a produção delas para sustentar o cartel. Mas, se todas as empresas pensarem assim – é razoável supor que elas pensem desse modo, pois empresas tendem a agir racionalmente –, nenhuma delas reduz sua produção, e o cartel fracassa. A formulação de Aumann nos ajuda a entender, em situações como essa, quando o cartel pode ser bem-sucedido, apesar dessa possibilidade de ganho.

Em 1960, Thomas Schelling publicou um de seus mais importantes livros, *The strategy of conflict (A estratégia do conflito)*, em um dos auges da Guerra Fria entre os Estados Unidos e a então União Soviética. Naquele momento, a escalada armamentista e a questão da dissuasão de uma ameaça nuclear eram centrais para a sobrevivência das grandes potências. Esse livro apresenta um

**Robert J. Aumann** ▶ Nasceu em 1930 em Frankfurt (Alemanha). Doutor em matemática (1955) pelo Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), em Cambridge (Estados Unidos). Professor do Centro para Racionalidade da Universidade Hebraica de Jerusalém (Israel).



DIVULGAÇÃO



**Thomas C. Schelling** ▶ Nasceu em 1921 em Oakland, Califórnia (Estados Unidos). Doutor em economia (1951) pela Universidade Harvard. Professor da Maryland School of Public Policy da Universidade de Maryland (Estados Unidos).

grande número de intuições importantes pela aplicação da teoria dos jogos não apenas aos problemas das grandes potências, mas também a todas as situações de cooperação ou conflito. Vamos mencionar só algumas delas.

Por exemplo, uma dessas intuições foi a de que uma das formas de deter uma ameaça é tornar a resposta a ela imprevisível. E isso não apenas para o inimigo, mas também para quem está sendo ameaçado. Se a resposta a uma agressão não for perfeitamente previsível – inclusive para a parte que responde à agressão –, estará sendo criado, para o inimigo, um risco que pode ser suficientemente forte para detê-lo.

Schelling também mostrou que, em algumas situações, pode ser interessante deixar para si mesmo somente a pior opção. Um exemplo é o caso de um general que elimina qualquer chance de retirada, para deixar bem claro ao inimigo que, em caso de ataque, não lhe restará nada a não ser lutar até o fim.

Outra contribuição importante de Schelling diz respeito à idéia de ponto focal. Um ponto focal é um elemento que se destaca em um contexto e que permite aos indivíduos coordenarem suas decisões, de forma a promover um resultado melhor para todos,

mesmo quando não há a possibilidade de comunicação. Exemplo: você chegou a uma pequena cidade onde deve encontrar uma pessoa, mas com a qual não tem como se comunicar para definir o local de encontro. Se a cidade tiver 100 casas, duas escolas e uma igreja, a escolha mais natural é que ambos se encaminhem para a igreja, que, por ser única, se destaca do contexto. Esse tipo de coordenação é atualmente utilizado para estudar normas sociais como pontos focais, instrumentos que permitem aos agentes se coordenarem antes mesmo de se comunicarem. Esse é o papel, por exemplo, de um clube que seja o único freqüentado por empresários que queiram fechar negócios.

Desse modo, os trabalhos de Schelling e Aumann vêm ajudando a teoria dos jogos a se tornar um dos instrumentos indispensáveis na análise dos processos de interação social, seja na economia, na política ou mesmo na vida cotidiana. Os economistas nunca mais se satisfarão com a visão simples de Smith.

#### Ronaldo Fiani

*Instituto de Economia Industrial,  
Universidade Federal  
do Rio de Janeiro*



NOBEL DA PAZ

# Resistência e determinação

**E**m 27 de setembro passado, eu aguardava, com um pouco de ansiedade e curiosidade, a abertura do 8º Fórum Científico da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), em um auditório do luxuoso Austria Center Vienna. Era a primeira vez que eu participava de um evento científico na própria agência e, embora estivesse ali como um painelista convidado, sentia um certo desconforto, motivado por um sentimento disseminado em parte da comunidade científica de que a AIEA é muito mais um organismo burocrático do que técnico/científico. No entanto, na mesa diretora estavam sentados dois físicos de grande renome internacional, o acadêmico Evgeny Velikhov e Burton Richter, prêmio Nobel de Física de 1976, juntamente com Mohamed ElBaradei, diretor-geral da AIEA. Não tinha conhecimento do nível científico deste, mas esperava que pelo menos a presença dos outros dois cientistas daria um lastro de qualidade ao evento. Não poderia supor que, semanas mais tarde, ElBaradei estaria recebendo o Nobel da Paz, juntamente com a instituição que dirigia.

Feitos os anúncios iniciais, ElBaradei tomou a palavra para a

abertura oficial do evento. Com um forte sotaque em inglês, mas com clareza e competência, descreveu sua visão de como a energia nuclear deve ser utilizada para atender às necessidades energéticas da humanidade. Tratou com desenvoltura questões técnicas – como o uso de materiais férteis e físséis de modo mais eficiente, rejeitos radioativos, reatores de terceira e quarta geração, reatores a fusão nuclear etc. – e politicamente sensíveis, como a proliferação e as salvaguardas nucleares, em um cenário de crescente demanda energética por parte de países em desenvolvimento. À medida que sua apresentação discorria, foi aumentando minha percepção da importância da AIEA, da complexidade de suas atribuições e da enorme responsabilidade sobre os ombros daquele homem com porte de um nobre árabe.

Andando pelos corredores da AIEA pela primeira vez, qualquer visitante fica impressionado com a diversidade de nacionalidades de seus funcionários, recrutados em mais de 60 países, e duvida que uma instituição com uma equipe tão heterogênea possa funcionar adequadamente. De fato, a natureza do trabalho realizado por essa organização das Nações Unidas tem sido bastante discutida e sujeita a controvérsias, principalmente após seu papel na inspeção das instalações nucleares do Iraque. No entanto – e apesar das dificuldades inerentes a uma atividade em que questões técnicas avançadas se mesclam com questões políticas bastante sensíveis –, creio que os funcionários da agência têm ra-



zão em se sentir orgulhosos pela outorga do prêmio Nobel da Paz. Desempenhar o papel de 'Cão de Guarda das Nações Unidas', como é popularmente designado o trabalho da AIEA contra a proliferação nuclear, em um ambiente no qual as pressões de nações poderosas são inevitáveis, não é fácil.

A missão precípua da AIEA se estende muito além da questão da proliferação nuclear. Seu estatuto, acordado pelos 138 países-membros, estipula que a agência deve procurar acelerar e aumentar a contribuição da energia atômica para o desenvolvimento pacífico e saudável de todo o mundo e garantir que a assistência técnica por ela fornecida – ou sob sua supervisão – não será utilizada para nenhum fim militar. Naturalmente, o uso pacífico da energia nuclear não se restringe apenas a aplicações na medicina e agricultura, mas, principalmente, à questão de produção de energia, que é politicamente a mais sensível, devido a aspectos de salvaguardas e proliferação.

No entanto, apesar de pressões poderosas, os técnicos da agência têm mantido uma atitude ética de independência que é admirável. No turbulento período da Guerra do Golfo (1990) – e antes e depois da recente invasão do

WWW.IAEA.ORG



**Mohamed ElBaradei** ▶  
Nasceu em 1942 no Cairo (Egito). Doutor em direito internacional (1974) pela New York University School (Estados Unidos). É diretor-geral da Agência Internacional de Energia Atômica desde 1997.



NOBEL DE QUÍMICA

# A dança das moléculas

Iraque –, o seu então diretor-geral, Hans Blix, atuando como inspetor chefe das Nações Unidas, demonstrou forte determinação ao resistir a poderosas pressões, mantendo sua neutralidade e independência profissional. De fato, em seu relatório final, afirmou categoricamente que não podia confirmar as alegações dos invasores do Iraque, de que Saddam Hussein teria desenvolvido armas de destruição em massa.

ElBaradei, em todo esse difícil período, trabalhou como um associado direto de Blix. Apesar de permanecerem com seus choros vazios, o presidente dos Estados Unidos, George W. Bush, e o primeiro-ministro britânico, Tony Blair, são continuamente confrontados, perante a comunidade mundial, pelo relatório de Blix.

Infelizmente, apesar do ridículo a que os extremistas belicosos foram expostos no episódio do Iraque, a atuação de ElBaradei e de seus colegas não está sendo nem um pouco facilitada. Ao contrário, sua posição está sempre suspensa por um fio muito fino. No momento em que as pressões sobre ele, com relação à questão nuclear da Coreia do Norte, parecem estar esfriando, surgem outras, fortíssimas, com relação ao Irã. ElBaradei tem resistido a elas com a mesma determinação de seu predecessor, mas isso não é fácil.

Assim, quando se completam 60 anos que os Estados Unidos lançaram bombas nucleares sobre as cidades japonesas de Hiroshima e Nagasaki, acredito que o Comitê Norueguês do Nobel presta um grande serviço à humanidade, valorizando o desempenho dessa instituição das Nações Unidas, que trabalha sob enorme pressão e limitações orçamentárias, bem como a firmeza de seus diretores.

**Ricardo Galvão**

*Centro Brasileiro  
de Pesquisas Físicas (RJ)*

**Y**ves Chauvin, ganhador do prêmio Nobel de Química deste ano, dedicou sua vida profissional à pesquisa e ao desenvolvimento de novos produtos e processos. Além de várias publicações científicas, tem inúmeras patentes de invenção.

Desde a década de 1960, Chauvin vem contribuindo intensamente para a área da catálise – a função de um catalisador é acelerar a velocidade de uma reação química. Ele e sua equipe são responsáveis pelo entendimento de diferentes reações químicas e pelo desenvolvimento da pesquisa em laboratório que foram a base para vários processos industriais patenteados pelo Instituto Francês do Petróleo (IFP), entre eles o chamado Dimersol, que conta com mais de 30 unidades em operação no mundo.

O Dimersol resulta na produção de olefinas, que são cadeias formadas por hidrogênio e carbono nas quais há uma ligação dupla entre dois átomos deste último elemento. Esses hidrocarbonetos podem ser usados para melhorar o desempenho da gasolina, por exemplo. Chauvin também desenvolveu o processo Alfabutol, que transforma etenos (olefinas com dois carbonos) em 1-buteno (olefinas com quatro carbonos). Esse processo é utilizado por cerca de 15 unidades industriais em funcionamento no mundo e será usado em outras ainda em construção.

Na década de 1990, a equipe liderada por Chauvin foi uma das primeiras a desenvolver a catálise

homogênea, usando sais fundidos como solventes. Isso permitiu a realização de reações bastante seletivas – ou seja, aquelas que produzem majoritariamente um determinado produto – e que permitem separar o metal usado como catalisador dos produtos obtidos. Outra grande vantagem desse processo é a substituição de solventes orgânicos, prejudiciais ao meio ambiente, por sais fundidos.

Chauvin dividiu o Nobel de Química deste ano com outros dois pesquisadores, Richard Schrock, do MIT (sigla, em inglês, para Instituto de Tecnologia de Massachusetts), e Robert Grubbs, do Caltech (Instituto de Tecnologia da Califórnia). O trio levou o prêmio principalmente por trabalhos realizados na área de metátese e que foram imprescindíveis para o desenvolvimento da catálise.

A metátese – que, em grego, significa algo como ‘troca de lugar’ – envolve a recombinação de duas moléculas através da quebra e da recomposição de uma dupla ligação, possibilitando a troca de lugares de agrupamentos atômicos. Podemos imaginar a metátese como uma dança de salão em que os casais (moléculas) trocam de parceiros (agrupamentos atômicos). Essa substituição permite, por exemplo, que duas olefinas – uma com alto número de carbonos e outra com baixo número desse elemento – reajam e formem um composto intermediário com um catalisador metálico, resultando, após a separação do catalisador, em duas olefinas de número de carbonos intermediá-

WWW.CHEMISTRY.MSU.EDU



**Yves Chauvin** ▶ Nasceu em 1930 na França. Graduado em química (1954) pela Escola de Química, Física e Eletrônica de Lyon (França). Diretor honorário de pesquisas do Instituto do Petróleo, em Rueil-Malmaison (França).

**Robert H. Grubbs** ▶ Nasceu em 1942 em Calvert City (Estados Unidos). Doutor em química (1968) pela Universidade Columbia, de Nova York (Estados Unidos). Professor de química do Instituto de Tecnologia da Califórnia (Caltech), em Pasadena (Estados Unidos).

**Richard R. Schrock** ▶ Nasceu em 1945 em Berne (Estados Unidos). Doutor em química (1971) pela Universidade Harvard (Estados Unidos). Professor de química do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), em Cambridge (Estados Unidos).



ACADEMIE DES SCIENCES



WWW.CHEMISTRY.MSU.EDU

rio. É uma das reações químicas mais fascinantes da catálise.

Na década de 1970, Chauvin explicou essa reação, ao propor produtos intermediários que só foram identificados 10 anos mais tarde. Tornou-se, assim, pioneiro na descoberta do mecanismo da metátese de olefinas – hoje, denominado mecanismo de Chauvin. Destacou alguns metais que atuam como catalisadores nessa reação, uma vez que ela não tem equivalente em química orgânica clássica. Posteriormente, Schrock e Grubbs aprimoraram esse processo, desenvolvendo catalisadores mais eficientes. Atualmente, a metátese é usada na indústria química para a obtenção de diversos produtos, como fármacos e plásticos especiais.

Além da atividade de pesquisa aplicada, Chauvin também desenvolveu no IFP trabalhos em química básica, área pela qual sempre demonstrou grande paixão. De um grande rigor científico – apesar de não trabalhar no meio acadêmico –, orientou várias teses de doutorado e estágios de pós-doutorado. Sempre pre-

sente no laboratório, tinha especial prazer em discutir as reações que estavam sendo realizadas e entender o que estava ocorrendo no reator, imaginando as ligações moleculares e construindo modelos teóricos que englobassem as diferentes etapas do processo.

Discreto, Chauvin passou mais de 40 anos trabalhando no mesmo escritório, abrindo mão de diversos cargos para poder seguir sua pesquisa, que é o que realmente sempre gostou de fazer. Recordo-me de sua paixão pelos trabalhos práticos no laboratório. Sempre pronto a ajudar, não perdia a oportunidade de fazer revezamento para cuidar dos reatores na hora do almoço, quando não podíamos parar nossas reações.

Sempre atento ao que acontece no meio científico, Chauvin frequentava com assiduidade a biblioteca do IFP, mostrando-se entusiasmado com os avanços científicos recentes. Guardo na lembrança o dia em que fomos recepcioná-lo no aeroporto em Porto Alegre (RS), em 1993. Chegando ao estacionamento, com sua usual curiosidade, pediu-nos para ligar

o carro, que era a álcool, indo direto examinar os vapores que saíam do cano de descarga – vale lembrar que o álcool é uma solução brasileira inexistente na Europa.

Além da química, essa imensa curiosidade estende-se a outras áreas, como história e línguas. Dotado de ampla cultura geral, Chauvin rapidamente aprendeu a ler o português, ao auxiliar na elaboração de meu trabalho de doutorado. Na época, eu era estudante do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e obtive uma bolsa de doutorado-sanduíche da Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) para passar um ano na França.

Hoje, aos 75 anos, Chauvin mantém o espírito curioso, o entusiasmo, a humildade e a criatividade que fazem dele, além de um grande cientista, uma pessoa única, com quem tive o privilégio de ter trabalhado. Sinto-me afortunada por, ainda hoje, poder desfrutar de sua amizade e seus ensinamentos. Estes, ao longo dos anos, além do conhecimento científico, mostraram-me que o êxito na pesquisa está profundamente relacionado com a capacidade de trabalhar em equipe, de dialogar e de colaborar. Sua discrição, humildade e opção de vida ajudam a entender suas declarações recentes para a imprensa: “Meus colegas norte-americanos fizeram um trabalho considerável. Foi graças a eles que eu ganhei o prêmio. Porém, fiquei mais feliz quando fiz a descoberta do que agora, com o Nobel.”

#### Sandra Einloft

Faculdade de Química,  
Pontifícia Universidade  
Católica do Rio Grande do Sul

NOBEL DE LITERATURA



# O jogo do opressor e do oprimido

A premiação de Harold Pinter com o Nobel de 2005 foi uma das mais polêmicas nos últimos anos, pois o agraciado tem sido uma das vozes mais contundentes contra o envolvimento dos Estados Unidos e de seu próprio país, a Grã-Bretanha, no conflito iraquiano. A política, na verdade, tem sido uma constante na vida e na obra do autor de algumas das peças mais intrigantes e instigantes escritas em inglês a partir da segunda metade do século passado.

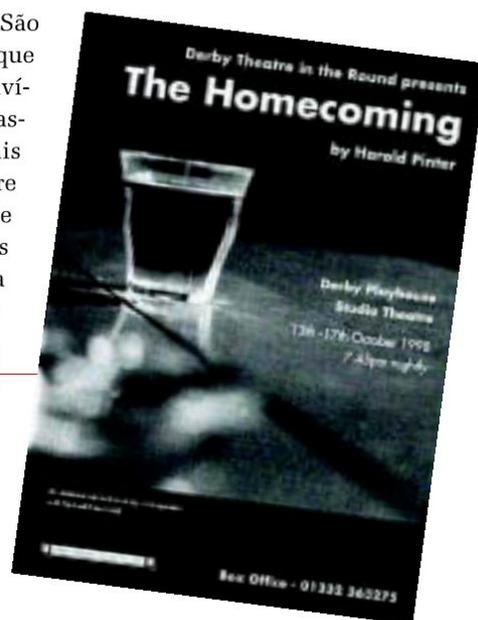
As peças de Pinter causaram a princípio grande estranhamento. Público e crítica tiveram dificuldade de compreender obras que aparentemente seguiam os ditames do realismo cênico. Embora o diálogo fosse quase banal em sua brutal cotidianidade, não havia clareza quanto às reais motivações dos personagens e das causas do clima de ameaça que os cerca. Por que o sexagenário Bert espanca até a morte Riley, um negro cego que ele nem conhecia, em *O quarto* (*The room*, 1957), a primeira peça do autor? Por que Stanley, em *A festa de aniversário*, também de 1957, se deixa dominar pelos dois estranhos que aparecem na pensão onde mora? São perguntas que aparentemente ficam sem resposta.

Pinter nunca pretendeu apresentar algum tipo de tese política, social ou filosófica. Ele sempre esteve mais interessado em construir, através do diálogo e da interação dos personagens, situações que encenam sempre o jogo

do opressor e do oprimido. São os mecanismos de opressão que se estabelecem entre os indivíduos em situações sociais bastante íntimas os temas mais caros a Pinter. Ele está sempre a nos mostrar quão estranho e ameaçador o cotidiano mais banal pode ser. Talvez a obra que melhor illustre isso em sua primeira fase seja *Volta ao lar* (*Homecoming*, 1964), na qual os homens de uma família de classe operária convencem a mulher do filho mais velho, que voltara a visitar a família, a se prostituir.

No final da década de 1960, os temas, personagens e a própria forma das peças de Pinter se modificam. Nas primeiras peças, o espaço era facilmente reconhecido, e o enredo se desenrolava em poucas horas ou no máximo alguns dias, como se o autor se preocupasse em respeitar as clássicas unidades de tempo e espaço. Além disso, a ação se desenvolvia toda através da interação dos personagens gerada pelo diálogo. E o lugar da

ação adquire maior indefinição. Em *Silêncio* (*Silence*, 1969), o autor indica apenas que o palco contém três espaços. Agora, no lugar do diálogo, há monólogos simultâneos que tecem narrativas individuais que se cruzam sem se completarem inteiramente. As longas falas que compõem essas peças são cheias de reticências, silêncio, pausas, tão importantes quanto o que é dito.

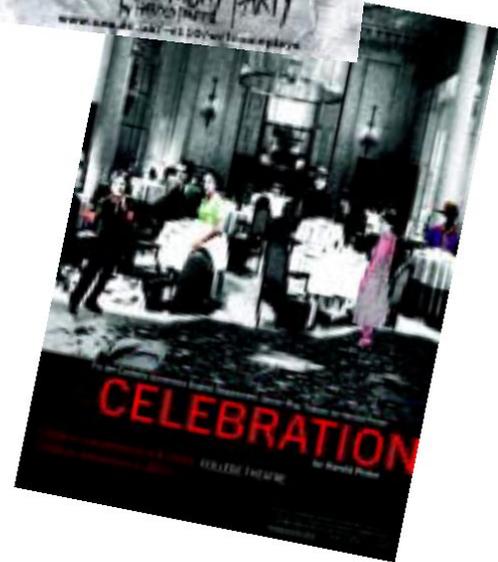
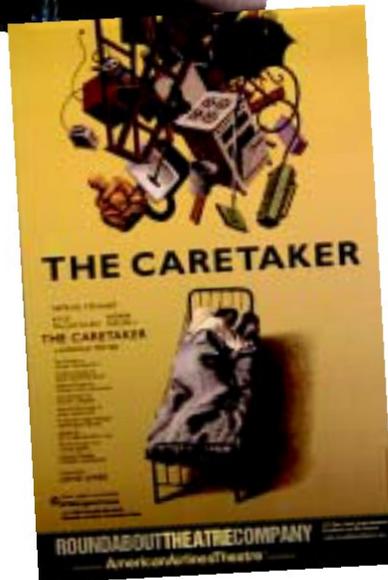


DIVULGAÇÃO

**Harold Pinter** ▶ Nasceu em 1930 em Hackney, distrito de Londres (Inglaterra). Em 1948 foi aceito pela Royal Academy of Dramatic Art e, em 1951, pela Central School of Speech and Drama, como dramaturgo. Publicou seus primeiros poemas em 1950 e estreou como dramaturgo em 1957. Desde 1973 é reconhecido tanto por sua literatura quanto por sua luta pelos direitos humanos. Ele é autor de peças para rádio, televisão e cinema e também tem uma contribuição pioneira como diretor.



DIVULGAÇÃO



Diante de peças como *Traição* (*Betrayal*, 1978) ou *Vozes familiares* (*Family voices*, 1981), os críticos se perguntavam se Pinter havia simplesmente se lançado em um subjetivismo radical sem qualquer preocupação social mais evidente. Nessa época, Pinter trabalhava na adaptação cinematográfica da obra de Marcel Proust, *Em busca do tempo perdido*, um projeto em parceria com o diretor Joseph Losey que nunca se concretizou. Semelhantemente ao escritor francês em seu ciclo romanesco, Pinter, em suas peças dessa época, se interessa pelo modo como a consciência individual dá sentido à própria vida e ao mundo. Esse processo extremamente complexo inclui desvios e omissões através dos quais os personagens procuram mascarar sua má-fé. É o choque dos diferentes solilóquios que revela os buracos negros das narrativas que os personagens constroem para contar os fa-

tos fundamentais de suas vidas. O conflito, aspecto básico do drama, está, nessas peças, portanto, no confronto entre narrativas que se contradizem e se explicam mutuamente.

Em um terceiro momento de sua carreira, Pinter escreve peças classificadas pelos críticos como abertamente políticas. Em *Sai-deira* (*One for the road*, 1984), ele apresenta o retrato de um torturador, esturador e assassino a serviço de um estado totalitário. *A língua das montanhas* (*Mountain language*, 1988) dramatiza, em uma série de quatro cenas mais ou menos independentes, o assassinato cultural de uma comunidade através da proibição de seu dialeto. Em *De cinzas a cinzas* (*Ashes to ashes*, 1996), um casal confronta de forma ambígua a violência sexual experimentada pela mulher com o des-

tino de tantas outras vítimas desse tipo de violação. Como em outros momentos de sua carreira de dramaturgo, nessa sua 'fase política', menos do que propor um panfleto político, Pinter quer levar o espectador a confrontar situações que ele talvez preferisse varrer para debaixo do tapete.

Em sua obra dramática vasta e multifacetada – composta de 29 peças e vários roteiros cinematográficos –, Pinter mantém uma constante: a firme decisão de considerar o teatro uma arte que conjuga o social, o individual e o político.

**Roberto Rocha**  
Faculdade de Letras,  
Universidade Federal  
do Rio de Janeiro

divulgação

# Bala perdida

**Franklin Rumjanek**

Instituto de Bioquímica Médica, Universidade Federal do Rio de Janeiro



**A**steróides e cometas sempre atraíram a atenção de astrônomos, profissionais e amadores, não só por sua beleza intrínseca, mas também pelo risco potencial – ou real – que representam para nós, terráqueos. Choques contra a Terra de asteróides de todos os tamanhos não são novidade. Colisões passadas deixaram marcas que não só permitiram a reconstrução cronológica dos eventos, com as devidas implicações na história de nossa biosfera, como também deram origem a uma especialidade da astrofísica dedicada a estudar o comportamento desses pedregulhos desgarrados.

O alto interesse e investimento na pesquisa sobre asteróides e cometas ficou bem demonstrado no dia 4 de julho último, com o tiro certeiro disparado pelos cientistas da Nasa, a agência espacial norte-americana, contra o cometa Tempel 1, para investigar a composição de suas camadas mais profundas. Outro feito digno de registro foi o pouso suave da espaçonave Near, em fevereiro de 2001, no asteróide Eros 433, uma grande pedra de cerca de 30 km de comprimento. Antes da ‘aterrissagem’, a Near obteve imagens impressionantes do asteróide, a apenas 300 km de distância, que revelaram ao mundo o movimento de rotação da ‘banana gorda’, como os cientistas o apelidaram. Não podemos esquecer a observação minuciosa da colisão dos 20 fragmentos do cometa Shoemaker-Levy contra Júpiter, em 1994. As imagens mostraram choques cataclísmicos seqüenciais contra o planeta gigante. Os efeitos desses choques foram surpreendentes, principalmente porque se previa que os fragmentos do cometa, de massa infinitesimal se comparada à de Júpiter, dificilmente seriam observados por nós. Se a Terra tivesse sido o alvo, o Shoemaker-Levy teria certamente provocado a extinção da vida, pelo menos na superfície. Em tempo: o enorme campo gravitacional de Júpiter atua como um verdadeiro escudo protetor para a Terra.

De onde vêm os asteróides mais próximos? Do cinturão de Kuiper, região situada depois de Plutão e assim chamada em homenagem ao astrônomo holandês Gerard Kuiper (1905-1973). Somando aqueles asteróides situados entre Marte e Júpiter e no cinturão de Kuiper, calcula-se que existam aí pelo

menos um bilhão, dos quais apenas cerca de 30 mil já estão classificados e incluídos em uma lista para monitoração constante. Um número tão grande torna praticamente impossível calcular que forças empurrarão um deles em nossa direção. E quando. Apesar disso, algumas providências foram tomadas, como a elaboração, em um congresso na Itália, em 1999, da ‘escala de Turim’, que calcula a probabilidade de colisão de objetos com a Terra, levando em conta massa, velocidade, ângulo de entrada e outros fatores. Essa escala deveria funcionar como uma espécie de alerta. Seguindo a mesma linha de pensamento, o Laboratório de Propulsão a Jato, da Nasa, criou um sistema automatizado de sentinela espacial. Seria o caso de supor que, com todo o acervo tecnológico disponível, além de uma vigilância constante feita por um dedicado grupo de cientistas e amadores, a ausência de notícias significaria que nada de ruim está por acontecer. “*No news is good news.*” Infelizmente, isso está longe da verdade.

Dois asteróides, um em 1991 e outro em 1993, passaram ‘raspando’ pela Terra e só foram notados depois disso. Acredita-se

que tais eventos ocorram mais ou menos duas vezes por ano. O problema é que objetos com centenas de metros e que poderiam destruir áreas imensas não conseguem ser detectados por nenhum telescópio situado na Terra, a menos que estejam a poucos dias de distância. Na prática, se um asteróide do tamanho de uma montanha se aproximasse da Terra com uma velocidade de 50 mil a 100 mil km/h, teríamos mais ou menos 48 horas de aviso, o que mal dá para acertarmos nossas dívidas. De qualquer modo, teremos uma prova em breve. O asteróide 2004 MN4 vai passar a apenas 30 mil km da Terra em abril de 2029, o que em termos astronômicos equivale a um tiro de raspão. Nesse caso, o que representaria um minúsculo erro de cálculo? A diferença entre um belíssimo espetáculo e a resposta definitiva para uma das mais antigas perguntas da humanidade. ■

Objetos que poderiam destruir áreas imensas não conseguem ser detectados por nenhum telescópio

*A popularização dos dinossauros – no cinema, na televisão e em grandes parques de diversão – envolve gastos de centenas de milhões de dólares, mas muitos outros organismos fósseis merecem, se não recursos tão grandes, ao menos a mesma atenção dos paleontólogos. Entre eles estão certas estruturas geológicas, os estromatólitos, formadas pela ação de microrganismos e essenciais para a reconstituição da história da vida na Terra. Hoje, por mais incrível que possa parecer, tais fósseis estão muito próximos de nós: nos pisos de modernos shopping centers, onde as pessoas caminham sobre eles sem se dar conta de seu enorme valor científico e cultural.*

**William Sallun Filho**  
Instituto Geológico,  
Secretaria do Meio Ambiente  
do Estado de São Paulo  
**Thomas Rich Fairchild**  
Instituto de Geociências,  
Universidade de São Paulo

# Um passeio passado no

## Estromatólitos no Brasil

Corredor do  
Shopping Ibirapuera,  
em São Paulo,  
e detalhe do piso,  
onde o padrão  
de coloração indica  
a presença de antigos  
estromatólitos

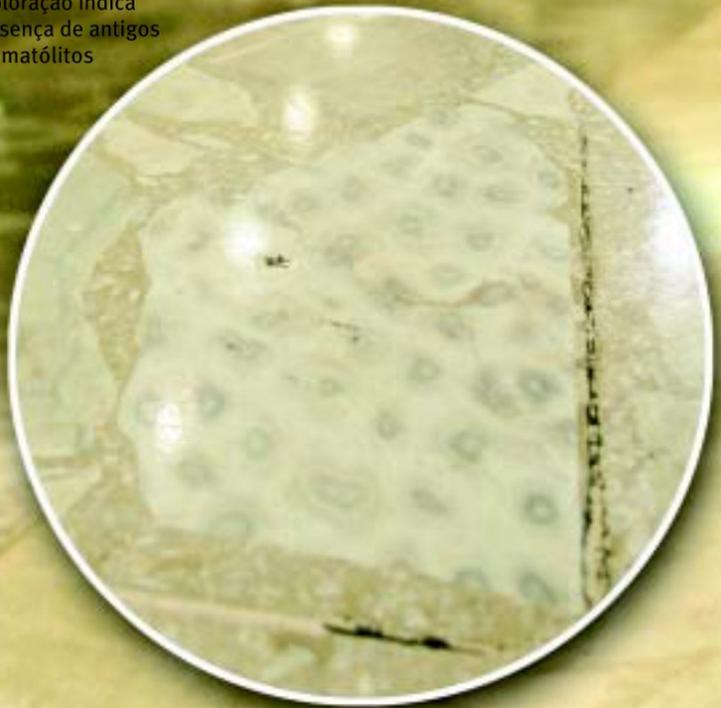


FOTO PAULO GIANDALLIA

# pelelo shopping

Desde os primórdios da vida na Terra, há pelo menos 3,5 bilhões de anos, comunidades de microrganismos que vivem fixos a rochas e outros substratos, em ambientes aquáticos, constroem estruturas laminadas complexas, chamadas de 'estromatólitos'. Tais estruturas, que apresentam camadas superpostas de minerais (principalmente calcário), resultam da interação desses microrganismos com o meio à sua volta, em uma mistura de processos metabólicos e de sedimentação de material particulado.

Os estromatólitos podem ser reconhecidos por suas lâminas internas finas e convexas e por apresentar, em geral, a forma de domo ou coluna (figura 1). São considerados fósseis porque constituem evidências de atividades biológicas ocorridas no passado, mesmo que na grande maioria dos casos os microrganismos responsáveis por sua formação não tenham sido preservados nessas lâminas, pois se decompõem rapidamente após a morte.

Figura 1. Os estromatólitos apresentam duas formas mais comuns: dômica ou colunar (esta simples ou ramificada)

## Primeiras descobertas

Os primeiros estromatólitos foram descritos na primeira parte do século 19, mas esse nome – criado a partir das palavras gregas *stroma* (manta, tapete) e *lithos* (pedra) – só começou a ser usado em 1908. Suspeitava-se, desde o início, de sua origem biológica, mas essa confirmação só veio na década de 1930, com estudos de estromatólitos modernos (em formação hoje).

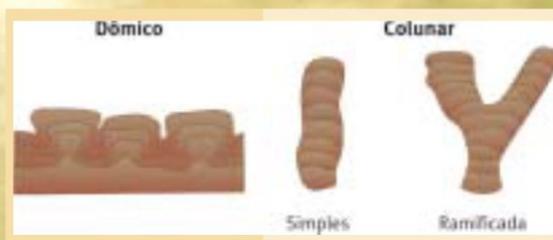




Figura 2. Estromatólitos modernos (em formação) na região de Shark Bay, na Austrália

Duas décadas depois, geólogos russos perceberam que era possível, em várias localidades, estabelecer uma correlação entre essas estruturas e rochas sedimentares de idade pré-cambriana. Tal descoberta indicou a existência de atividade biológica muito antes da explosão de vida (o surgimento de grande variedade de invertebrados multicelulares) que, segundo o registro fossilífero, ocorreu há cerca de 542 milhões de anos de idade, no início do período Cambriano.

Um novo estímulo para o estudo dessas estruturas surgiu no começo da década de 1960, com a descoberta de estromatólitos modernos ao longo de dezenas de quilômetros da costa de Shark Bay, no

oeste da Austrália (figura 2), e pela identificação de alguns desses fósseis entre os mais antigos do planeta (com até 3,5 bilhões de anos). A chamada corrida espacial também despertou interesse em estromatólitos (e nos microfósseis associados), pois a Agência Espacial Norte-americana (Nasa) buscava formas simples de organismos atuais e fósseis para especular sobre vida em outros planetas.

## Formação e fossilização

Na maior parte dos casos, um estromatólito só é formado quando uma comunidade de microrganismos consegue se fixar a um substrato e proliferar em águas límpidas e bem iluminadas, formando uma 'esteira microbiana'. Os principais componen-

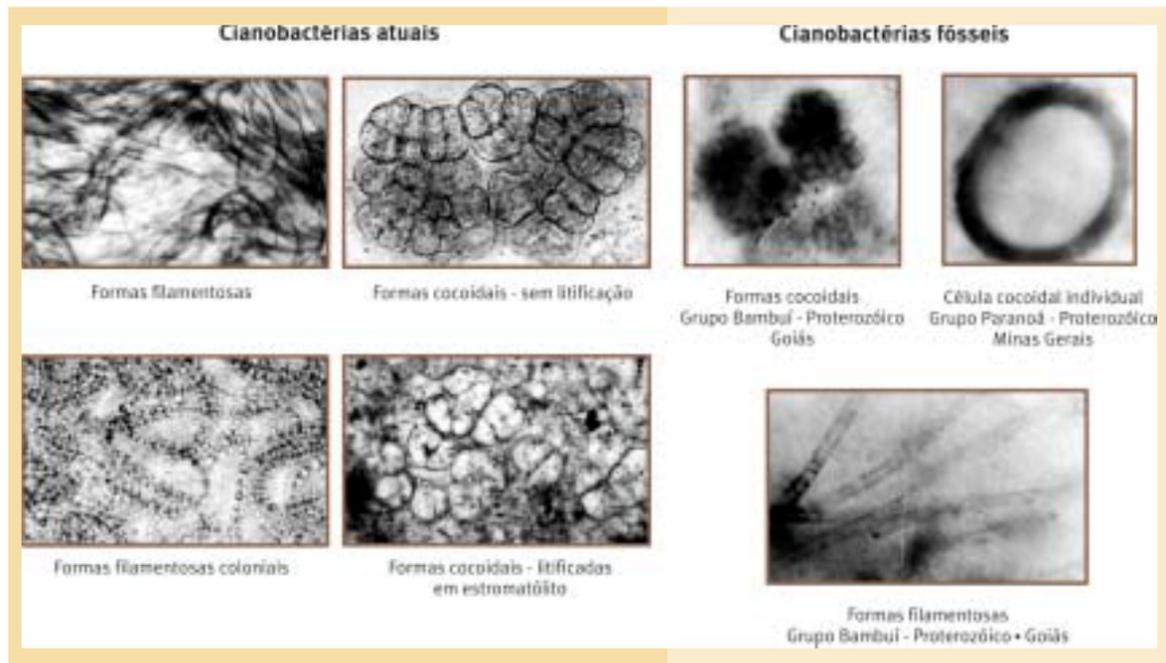


Figura 3. As cianobactérias, uns dos organismos formadores dos estromatólitos, como são hoje e na forma fóssil

BASEADO EM WALTER, 1977

tes dessas esteiras são as cianobactérias (figura 3). Esses organismos realizam fotossíntese semelhante à das plantas verdes (liberando oxigênio, diferentemente da fotossíntese anoxigênica de outras bactérias) e costumam secretar abundante mucilagem, substância pegajosa que protege as células e mantém a população unida e aderida ao substrato.

Com o tempo, a acumulação de sedimentos depositados obriga a comunidade a criar uma nova esteira logo acima. Enquanto as cianobactérias e os demais organismos conseguem captar luz e evitar soterramento, as lâminas vão se sucedendo, gerando uma estrutura em forma de coluna ou domo – o estromatólito. As características da laminação (figura 4) são determinadas pelo balanço entre o crescimento descontínuo das colônias microbianas, que depende das condições ambientais (quantidade de luz, temperatura, nutrientes e outras), e o acúmulo de sedimentos dentro das esteiras.

Os estromatólitos, porém, só entram no registro geológico como fósseis se tiverem sido litificados, ou seja, transformados em rocha. Isso pode acontecer de três maneiras diferentes, mas não necessariamente exclusivas: 1) através da precipitação de carbonato de cálcio (calcário) ou da acumulação de sedimento fino dentro das lâminas. A fotossíntese, em alguns casos, induz a precipitação de calcário pela retirada de bicarbonato e dióxido de carbono da água, iniciando a litificação da esteira – essa precipitação é mais freqüente na zona de decomposição da esteira microbiana, no interior do estromatólito, devido à ação de bactérias que se nutrem de materiais orgânicos, ou em zonas ainda mais profundas, por processos químicos inorgânicos; 2) pela aglutinação de pequenos grãos de sedimento na mucilagem pegajosa das cianobactérias; e 3) quando cianobactérias filamentosas se movimentam em direção à luz, aprisionando grãos em um emaranhado de filamentos.

Excepcionalmente, esses microrganismos podem ser ‘petrificados’ pelo preenchimento dos seus espaços internos por sílica, o mesmo processo que gera a ‘madeira petrificada’. A silicificação às vezes revela detalhes das células e das colônias em diversos estágios de desenvolvimento e decomposição.

O crescimento da comunidade microbiana precisa superar a acumulação de sedimento, senão a esteira será soterrada, sem formar o estromatólito. Nessa luta pela sobrevivência, as cianobactérias – pelo crescimento ou pelo deslocamento – buscam a melhor posição possível para receber a luz solar. Isso leva a maior espessamento de alguns locais, com a esteira se elevando acima dos sedimentos em torno e criando, assim, a laminação convexa típica da maioria dos estromatólitos.

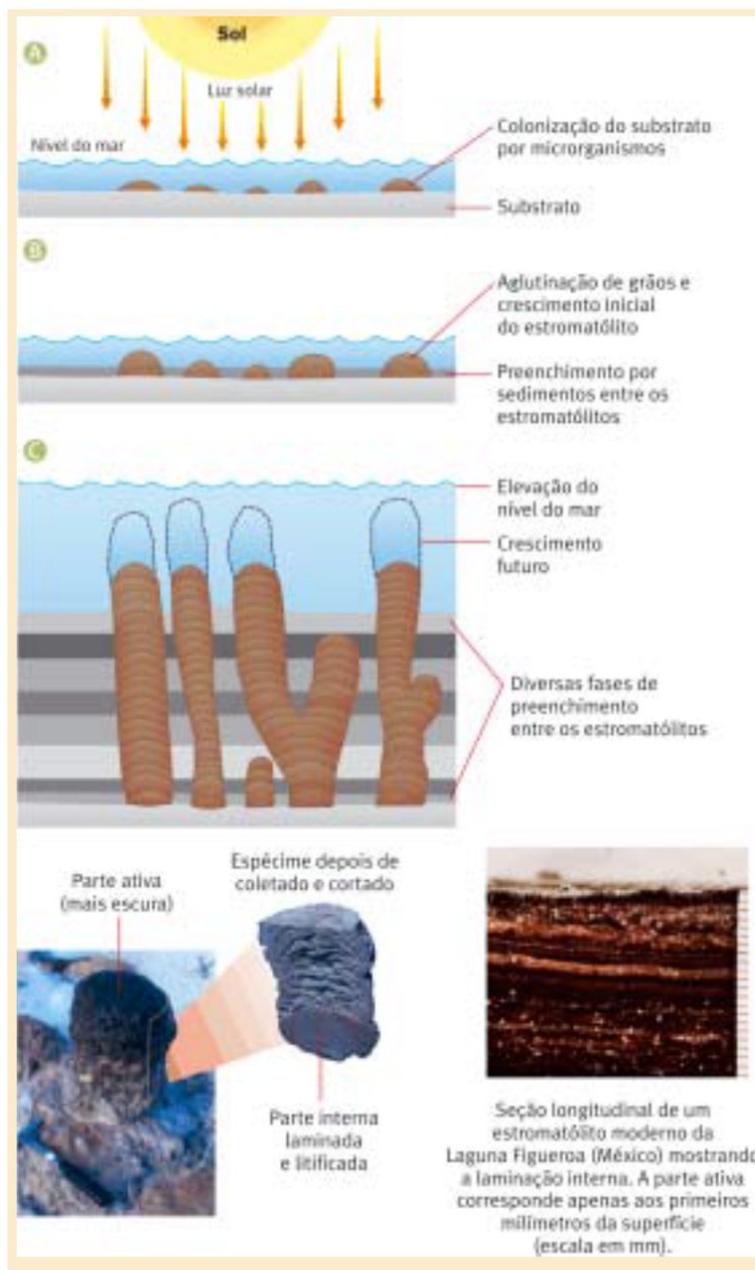


Figura 4. Esquema de formação dos estromatólitos e detalhes de estromatólitos atuais, em Shark Bay, na Austrália (A e B) e em Laguna Figueroa, no México (C)

O desenvolvimento e as características gerais dos estromatólitos, portanto, dependem de fatores tanto ambientais (profundidade, clareza, salinidade e energia da água, grau de exposição ao ar, constância das condições do hábitat e outros) quanto biológicos (espécies de organismos presentes na esteira e suas taxas de crescimento e produção de mucilagem). Isso torna possível avaliar, com base nessas estruturas, as condições climáticas, paleogeográficas e ambientais da época em que foram formadas, no passado da Terra.

# A transformação da vida na Terra

Os estromatólitos estão entre as evidências mais antigas de vida em nosso planeta: alguns datam de até 3,5 bilhões de anos atrás. Os microrganismos que os construíram, portanto, teriam surgido nos mares do éon Arqueano, a primeira etapa do chamado tempo geológico, entre 4,1 e 2,5 bilhões de anos atrás (figura 5). O Arqueano começou quando a crosta terrestre se formou (essa é a idade das mais antigas rochas conhecidas). Os estromatólitos tornaram-se mais abundantes e diversificados no éon Proterozóico, entre 2,5 bilhões e 542 milhões de anos atrás, quando os mares rasos favoreceram a expansão das esteiras microbianas e esses organismos dominaram o mundo.

Esse hábitat ilimitado, porém, começou a ser restringido com o surgimento de seres multicelulares, no final do Proterozóico, e com a irradiação acelerada de invertebrados no Cambriano, período que deu início ao éon Fanerozóico (de 542 milhões de anos até hoje). Devido à competição por espaço e à predação, os organismos construtores de estromatólitos acabaram restritos a ambientes inóspitos (com níveis elevados de salinidade, alcalinidade, acidez, temperatura e exposição ao ar) para organismos mais complexos. Mesmo assim, há estromatólitos fósseis formados em todo o Fanerozóico, inclusive no Brasil, onde se destacam os dos períodos Permiano (de 300 a 250 milhões de anos atrás), Cretáceo (especialmente entre 110 e 65 milhões de anos atrás) e Quaternário (especialmente dos últimos 3 mil anos).

Além de representar uma curiosidade microbiana entre os fósseis, os estromatólitos desempenharam um tremendo papel em relação à transformação da Terra no planeta habitável que é hoje. Se imaginarmos viajantes espaciais analisando a Terra a distância, hoje, a descoberta surpreendente não seria a cor azul do planeta, mas o alto percentual de oxigênio livre em sua atmosfera (21%). O oxigênio pode ser produzido e se acumular através da quebra, pela luz solar, de moléculas de água na alta atmosfera, mas esse processo não permitiria chegar ao volume atual. Diante disso, os viajantes espaciais só poderiam concluir que a origem e manutenção do nível atual de oxigênio na atmosfera terrestre se devem a um processo biológico: a fotossíntese oxigênica.

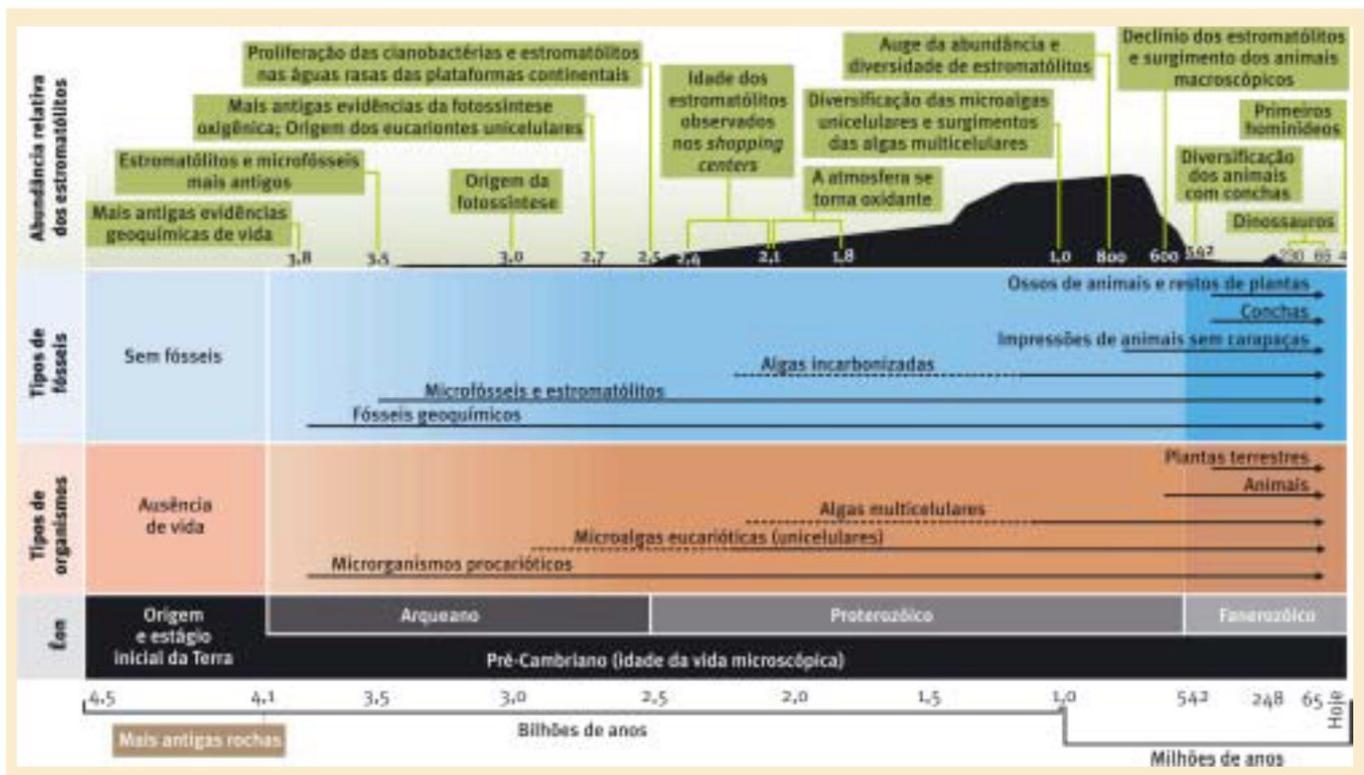


Figura 5. A linha do tempo geológica e biológica, definida a partir de estudos de rochas e fósseis, permite situar o surgimento da vida e os principais eventos da evolução na Terra

E quais foram os primeiros organismos a fazer isso? As cianobactérias, com registro comprovado desde pelo menos 2,7 bilhões de anos atrás, segundo evidências geoquímicas em petróleo da Austrália, e provavelmente desde bem antes dessa data, como é fortemente sugerido, embora não tão diretamente, pelo registro arqueano de estromatólitos. Diversas evidências geológicas – em especial a concentração entre 3 e 2 bilhões de anos atrás das formações ferríferas sedimentares, que exigiram níveis elevados de oxigênio livre (inclusive os depósitos brasileiros do Quadrilátero Ferrífero e da Serra dos Carajás), e o surgimento há 2,5 bilhões de anos de amplas plataformas calcárias habitáveis por esteiras microbianas – apontam que a transformação da atmosfera terrestre do estado anóxico original para o oxidante teria ocorrido entre 2,2 e 1,8 bilhões de anos atrás, graças à fotossíntese das cianobactérias.

## Estromatólitos no Brasil

Quem primeiro identificou estromatólitos no Brasil (de forma pioneira em toda a América Latina) foi o eminente geólogo Fernando Flávio Marques de Almeida, no início da carreira, em 1944, quando tais estruturas ainda eram pouco conhecidas no mundo. Almeida (ver ‘Geólogo polivalente’, em *CH* n° 208) designou os estromatólitos que encontrou ao sul de Itapeva (SP) como *Collenia itapevensis* (figura 6). Foi o primeiro registro no Brasil de fósseis comprovadamente pré-cambrianos (Proterozóico). Reanalizando alguns dos afloramentos descritos por Almeida há mais de 60 anos, os autores deste artigo constataram que suas descrições e interpretações dos mesmos continuam válidas.

Muitos dos locais descritos por Almeida ainda existem, mas o avanço da mineração de calcário para cal e cimento tem destruído áreas onde ocorrem estromatólitos. Ações conjuntas entre as mineradoras e governos municipais no sentido de criar parques temáticos ou sítios paleontológicos poderiam permitir a preservação dessas áreas.

Outros estudos surgiram a partir da descoberta inicial de Almeida, e hoje se conhecem estroma-

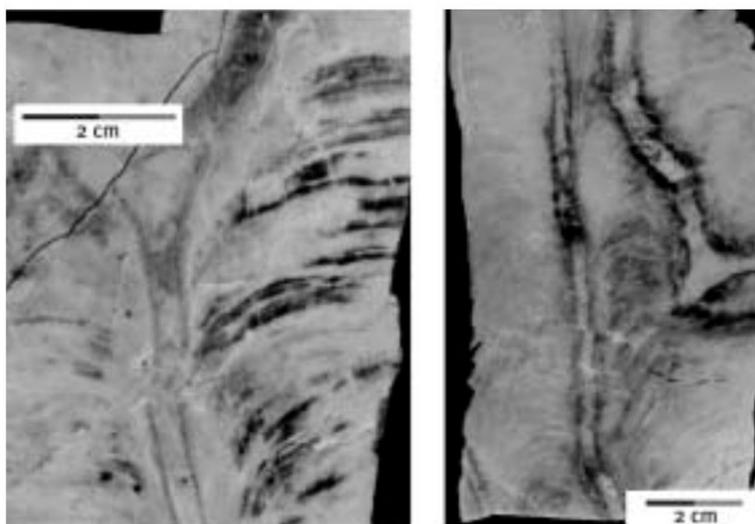


Figura 6. Imagens de *Collenia itapevensis*, primeiros estromatólitos descritos no Brasil, em 1944

tólitos em várias localidades no Brasil (figura 7). O próprio Almeida, nas décadas seguintes, descreveu outras ocorrências: as primeiras em rochas fanerozóicas (do período Permiano, entre 286 e 245 milhões de anos atrás) descobertas no Brasil, no Alto Araguaia (MT), em 1954; novas estruturas em rochas proterozóicas na região entre Itapeva (SP) e Castro (PR), em 1957; e outras de idade proterozóica perto de Corumbá (MS), em 1958, a oeste de Cuiabá (MT), em 1964, e próximo a Bonito (MS), em 1965.

Influenciados pelas pesquisas iniciais de Almeida, o químico João José Bigarella e o geólogo Riad Salamuni (1927-2002), da Universidade Federal do Paraná, iniciaram estudos de estromatólitos ao norte de Curitiba, na década de 1950, e o geólogo francês Jacques Cassedanne e outros, em Minas Gerais e no Planalto Central, na década de 1960. A partir de 1970, esses estudos foram ampliados e aprofundados no Brasil, como no resto do mundo, em parte pelos motivos já citados, mas também em função de grandes projetos de geologia desenvolvidos por órgãos estatais e empresas particulares e da expansão dos cursos de graduação e pós-graduação em geologia no país. Dezenas de novos sítios de estromatólitos foram descobertos em praticamente todas as regiões de calcários proterozóicos, principalmente em rochas neoproterozóicas (de 1 bilhão a 542 milhões de anos) no Paraná, em Minas Gerais, em Goiás e no Distrito Federal.

Também se percebeu, nessa fase, que havia estromatólitos em calcários do Quadrilátero Ferrífero, em Minas Gerais, datados mais tarde em mais de 2 bilhões de anos, o que os torna os mais antigos fósseis do Brasil. Na Bahia, descobriu-se, ▶





Figura 8. Estromatólitos (com 2,1 a 2,4 bilhões de anos), do Supergrupo Minas, na pedra em Minas Gerais e nos pisos dos *shoppings* Ibirapuera e Eldorado, em São Paulo

zentes ou rosados – provenientes de uma só pedra ao sul de Ouro Preto (MG) (figura 7). Esses mármore registram a presença de microrganismos muito simples, bactérias fotossintetizantes (cianobactérias) que viveram há mais de 2 bilhões de anos. São nada menos que os fósseis mais antigos da América Latina!

Esses estromatólitos, do chamado Supergrupo Minas, com idade entre 2,1 e 2,4 bilhões de anos, podem ser vistos nos pisos dos *shoppings* Ibirapuera e Eldorado, na capital paulista, em diferentes andares (figura 8). A bem da verdade, é preciso dizer que, nas rochas usadas nos pisos desses *shoppings*, os detalhes quase foram apagados pelos processos geológicos que transformaram o calcário original

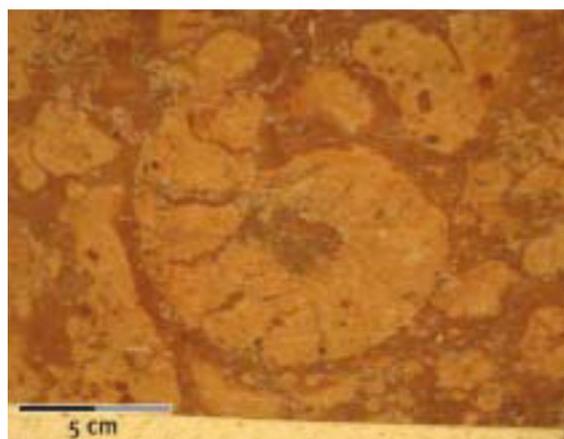


Figura 9. Fóssil de amonite em mármore no piso do *Shopping* Eldorado, em São Paulo

em mármore. Pode-se ver hoje apenas a forma externa. A laminação interna foi quase toda destruída pela recristalização da rocha. O bom observador logo percebe que as placas de mármore apresentam dois padrões básicos: um que parece ‘pele de onça’, caracterizado por formas entre circulares e elípticas densamente agrupadas; e outro que lembra uma série de faixas paralelas não uniformes. A ‘pele de onça’ é produzida por cortes transversais e as bandas por cortes longitudinais dos estromatólitos colunares originais.

Esse mármore reveste as paredes e pisos de prédios em muitas cidades brasileiras. Foi justamente em um edifício em construção, em Belo Horizonte (MG) e não sob o sol escaldante no campo, que o geólogo Marcel Dardenne, da Universidade de Brasília, percebeu, no início da década de 1970, que estava diante de estromatólitos. Dada a atual expansão na construção de *shoppings* e a demanda por novos materiais de construção, não será surpreendente se novas descobertas surgirem, futuramente, em ‘expedições geológicas’ a esses locais.

Além de estromatólitos, outras surpresas podem aparecer. Um exemplo são os resquícios de conchas fósseis de amonites, também encontrados nas rochas que compõem o piso do *shopping* Eldorado (figura 9). Os amonites foram moluscos cefalópodes marinhos que se extinguiram há 65 milhões de anos, na mesma época que os dinossauros. Portanto, fique atento, pois o passeio no *shopping*, ou em outros prédios de sua cidade, pode resultar em uma grande descoberta paleontológica! ■

**SUGESTÕES PARA LEITURA**

CARVALHO, I. S. (ed.). *Paleontologia* (2 vols.). Rio de Janeiro, Interciência, 2004.

FAIRCHILD, T. R. & SALLUN FILHO, W. ‘*Collenia itapevensis*, o primeiro fóssil pré-cambriano brasileiro e sua importância no estudo de estromatólitos no Brasil’, in Mantesso Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, C. D. R.; Brito Neves, B. B. (eds.), *Geologia do continente sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*, São Paulo, Beca, 2004.

SALGADO-LABOURIAU, M. L. *História ecológica da Terra*. São Paulo, Edgard Blücher, 1994.

SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; QUEIROZ, E. T.; WINGE, M.; BERBERT-BORN, M. L. C. (eds.). *Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil*. Brasília, DNPM/CPRM-Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos, 2002. Na internet: [www.unb.br/ig/sigep/sitios.htm](http://www.unb.br/ig/sigep/sitios.htm).

SUGUIO, K. & SUZUKI, U. *A evolução geológica da Terra e a fragilidade da vida*. São Paulo, Edgard Blücher, 2003.

# O magnífico *las*

## Aplicações modernas de uma solução em busca de problemas



*É bem provável que, nos meses que separam a finalização deste artigo pelo autor até este exato momento – em que ele é lido por você, leitor –,*

*dezenas ou mesmo centenas de novas aplicações para o laser já tenham sido idealizadas e desenvolvidas.*

*Daí se dizer que esse magnífico instrumento é “uma solução em busca de problemas”.*

*Da própria física à medicina, da indústria ao comércio, da computação ao entretenimento, não há hoje atividade humana em que essa invenção não tenha uma aplicação. Currículo invejável para algo com pouco menos de meio século de vida.*

*Embora suas aplicações sejam importantes, o estudo do laser em si está longe de ser concluído.*

*Entender esse fenômeno é papel de uma das mais ativas áreas da investigação científica deste início de século.*

**Vanderlei Salvador Bagnato**  
*Instituto de Física de São Carlos,  
Universidade de São Paulo*

er

O princípio básico de funcionamento do *laser* está baseado nas leis fundamentais da interação da radiação luminosa com a matéria. Mais especificamente, a luz *laser* é resultado de um fenômeno denominado emissão estimulada. E daí vem seu nome: *laser*, em inglês, significa luz amplificada pela emissão estimulada de radiação.

A emissão estimulada consiste no seguinte: vamos imaginar um átomo de determinado material e supor um elétron desse átomo que esteja em um estado excitado, ou seja, com 'excesso' de energia.

Esse elétron excitado apresenta uma forte tendência de voltar para o seu estado 'natural', isto é, para um nível de energia mais baixa. Ao fazer isso, ele devolve ao meio essa energia na forma de um pacote de luz (fóton). Porém, sozinho esse retorno é extremamente demorado – pelo menos, nas escalas de tempo dos processos atômicos. Mas ele pode ser antecipado com a ajuda de um agente externo: outro fóton. Portanto, a emissão estimulada resulta em dois fótons: um emitido pelo átomo excitado ao voltar ao seu estado de energia mais baixo, e o próprio fóton que 'acelerou' (ou estimulou) esse processo. Os dois são idênticos.

Na produção da luz *laser*, basicamente, um meio ativo – ou seja, uma amostra sólida, líquida ou gasosa –, contendo energia na forma de inúmeros átomos excitados, é colocado no interior de uma cavidade óptica – para nossos propósitos aqui, podemos imaginar essa cavidade como um recipiente com as paredes internas espelhadas.

A luz do *laser*, portanto, provém justamente da emissão de fótons que ocorre quando, em um processo estimulado pela própria luz, elétrons retornam de seus estados excitados para níveis mais baixos de energia, acumulando na cavidade porções de luz fisicamente idênticas.

## Formação do feixe

Imagine um fóton que deu início ao processo de emissão estimulada, gerando dois fótons idênticos. Estes, por sua vez, podem estimular outros dois, que agora se somam a eles, formando quatro fótons idênticos e assim sucessivamente, até termos uma enorme quantidade de luz idêntica emergindo do sistema.

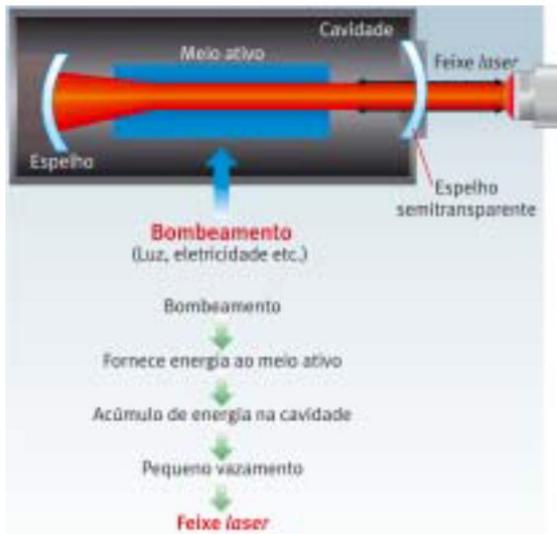
Imagine, agora, o que ocorrerá se os fótons que emergem desse sistema forem novamente jogados sobre ele com a ajuda de espelhos que são colocados em cada extremidade do meio ativo. A amplificação da luz ocorrerá de forma multiplicativa, gerando uma razoável quantidade de luz com as mesmas características de direção de propagação e frequência, entre outras.

Após vários passos, os fótons que se movimentam na direção determinada pelo eixo principal da cavidade óptica – composta por espelhos ao redor, bem como nas extremidades do meio ativo – formarão um feixe que apresenta uma intensidade considerável.

Uma abertura – ou mesmo um dos espelhos na extremidade da cavidade óptica que deixa passar parte da luz (reflexão parcial) – permite que uma fração dessa luz escape continuamente do sistema. Essa fração é o feixe de luz *laser*. A figura 1 resume o princípio de funcionamento do *laser*.

FOTO GETTY IMAGES

Figura 1. Esquema simplificado das partes que constituem um *laser*. O bombeamento fornece energia ao meio ativo. Com isso, há acúmulo de energia na cavidade. Nesta, um espelho semitransparente permite um pequeno vazamento da luz produzida, que constitui o feixe de luz *laser*



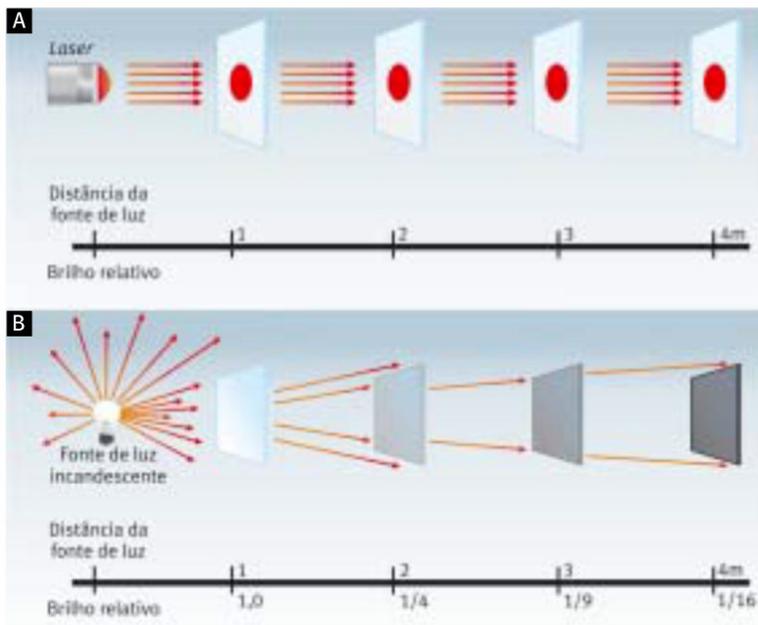
## Quatro características

As diversas possibilidades de meios ativos é que geram os vários tipos de aparelhos *laser* disponíveis. Normalmente, cada meio ativo acaba possibilitando a ação *laser* em um certo comprimento de onda específico – lembre-se de que o comprimento de onda é associado com a cor da luz emergente do *laser*.

As principais características desse feixe emergente são:

i) a luz *laser* é monocromática – ou seja, tem uma só cor (ou comprimento de onda) –, enquanto uma fonte de luz incandescente é formada por vários comprimentos de ondas. Esse caráter mo-

Figura 2. Em A, o brilho relativo da luz *laser* praticamente não diminui com a distância à fonte. Em B, diminuição do brilho relativo de uma fonte incandescente



nocromático da luz *laser* vem do fato de a energia carregada pelo fóton estimulante e pelo fóton emitido serem as mesmas;

ii) a potência do feixe *laser* pode ser muito grande, ao contrário das fontes de luz convencionais. Pode atingir trilhões de watts – ou, na nomenclatura científica,  $10^{12}$  watts – nos chamados *lasers* pulsados, em que a energia acumulada por um longo tempo é emitida toda em um intervalo de tempo muito curto, da ordem de trilionésimos de segundo ( $10^{-12}$  s) ou menor;

iii) o feixe resultante é colimado, ou seja, propaga-se na mesma direção, havendo um mínimo de divergência. Essa característica é extremamente importante para uma série de aplicações. A figura 2A mostra a pouca divergência da luz *laser*. Em contraste, na figura 2B, mostramos a divergência de uma fonte de luz comum. Nesta, a intensidade de energia carregada pela luz decresce com o quadrado da distância entre a fonte e o observador;

iv) a luz *laser* é dita coerente. Isso ocorre porque as diferentes porções sucessivas de uma mesma onda luminosa oscilam para cima e para baixo de forma sincronizada. Quando essas oscilações não ocorrem de forma sincronizada, dizemos que a fonte não é coerente.

Quanto ao meio ativo, há vários tipos de *laser*. Cada tipo tem suas características peculiares, que os tornam adequados para determinadas aplicações. A figura 3, que classifica os *lasers* segundo o estado físico de seu meio ativo, está longe de esgotar todos os tipos de *laser* conhecidos hoje.

## Grande invasão

O primeiro *laser* foi inventado em 1960 (ver ‘O inventor do *laser*’). Porém, os primeiros equipamentos estavam restritos ao uso em laboratórios. O passo inicial rumo à grande invasão dos *lasers* em nosso cotidiano se deu com a invenção, em 1962, do *laser* de estado sólido do tipo semiconductor – mais especificamente, o *laser* semiconductor de arseneto de gálio.

Em um semiconductor, os elétrons encontram-se em duas bandas (níveis) de energia: uma denominada banda de valência, na qual eles estão ‘semilivres’, e a outra chamada banda de condução, em que, como o nome diz, eles estão livres de seus átomos. Uma fonte externa de energia – corrente elétrica, por exemplo – pode bombear energia para o semiconductor e, assim, excitar os elétrons e os fazer passar da primeira para a segunda banda.

Simplificando um processo que é complexo, podemos dizer que, na volta para a banda de va-

lência, os elétrons devolvem ao meio a energia extra na forma de luz (fótons), que acabam confinados ao próprio semiconductor, pois suas faces são bem polidas – em outras palavras, o semiconductor age como uma cavidade óptica. O aumento de corrente permite aumentar o número de elétrons excitados, aumentando, assim, a quantidade de luz emergente.

Por serem excitados por corrente elétrica de forma direta – o que permite o uso de pilhas ou baterias – e por terem dimensões tão pequenas – o cristal de semiconductor pode ser submilimétrico –, esse tipo de *laser* encontra uma infinidade de aplicações. Talvez, os exemplos mais próximos do cotidiano de um *laser* de semiconductor sejam o das ‘canetinhas’ *laser*, comumente usadas em palestras, e os usados nos CDs.

Mudando-se os tipos de dopantes (quantidades mínimas de elementos químicos que são misturados aos semicondutores), pode-se alterar a distância entre as bandas de valência e de condução e, portanto, a cor (comprimento de onda) da luz emergente. ▶

Tipo de <i>laser</i>	Meio ativo	Comprimento de onda de operação
Gasoso	Hélio-Neônio (He-Ne)	0,63 μm, 1,15 μm
	Gás carbônico (CO <sub>2</sub> )	10,6 μm
	Argônio (Ar)	0,488 μm, 0,514 μm
	Nitrogênio (N)	0,337 μm
	Álcool	
Sólido	Rubi (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> – Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0,694 μm
	Neodímio-YAG	1,06 μm
	Érbio-YAG	2,94 μm
	Neodímio-YAG – dobrado	0,532 μm
	Hólmio-YAG	2,10 μm
	Arseneto de gálio (Ga-As)	0,6 – 1,1 μm
Líquido	Corantes	Todo espectro

Figura 3. Tipos de *laser* segundo o meio ativo. YAG é uma pedra sintética que se assemelha ao diamante e que, para uso em *lasers*, recebe pequenas porções – diz-se que é dopada – de outros elementos químicos em sua estrutura. Os comprimentos de onda estão representados em milionésimos de metro (μm)

## O INVENTOR DO LASER

Não seria justo deixar de mencionar um pouco da vida do físico norte-americano Charles Hard Townes, o inventor do *laser*. Townes nasceu em Greenville, na Carolina do Sul (Estados Unidos) em 1915. Formou-se em física pela Universidade de Furman e fez pós-graduação no Instituto de Tecnologia da Califórnia (Caltech), onde recebeu seu doutorado em física em 1939.

Na Segunda Guerra Mundial, Townes desenvolveu sistemas de radares para os laboratórios da Bell Telephone. Em 1950, transferiu-se para a Universidade Columbia, onde fez sua descoberta mais importante. Como fazia pesquisas com radares, ele identificou a carência de um mecanismo que gerasse microondas de alta intensidade. Nenhum circuito eletrônico era capaz de criar essas ondas. Ele sabia que o calor ou a eletricidade podia dar às moléculas de amônia a energia necessária para a liberação de microondas. Um pequeno raio de microondas enviado através do gás amoníaco estimulava as moléculas a liberarem simultaneamente sua energia. Até um raio bem fraco conseguia iniciar o processo e amplificar sua energia. O resultado era uma avalanche de microondas de mesmo comprimento de onda.

Em dezembro de 1953, Townes e seus alunos

construíram esse sistema, capaz de excitar as moléculas de amônia e retirar delas a energia com um fraco feixe de luz, que incorporava em si mesmo a energia. Esse dispositivo ficou conhecido como o *maser* (sigla, em inglês, para amplificação de microondas por emissão estimulada de radiação).

Em 1958, Townes, juntamente com seu cunhado, Arthur Leonard Schawlow (1921-1999), realizaram experimentos, alcançando grande progresso na direção de produzirem um *maser* de luz visível. Esse seria o *laser*. Dois anos depois, o físico Theodore Maiman, da Universidade Stanford (Estados Unidos), construiu o primeiro *laser* de estado sólido, feito com base em um rubi.

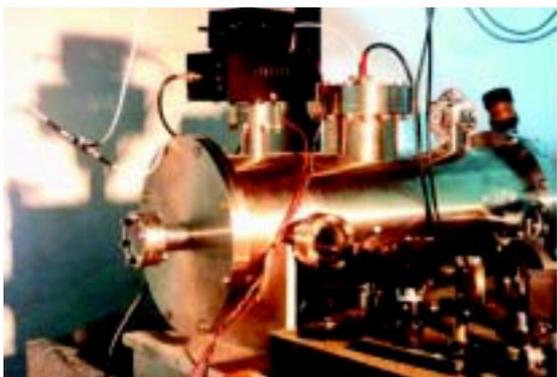
Neste Ano Internacional da Física, vale lembrar que o ponto seminal para o surgimento do *maser* e do *laser* foi a chamada emissão estimulada – ou seja, a luz pode estimular átomos a emitirem mais luz. Os processos de emissão (espontânea e estimulada) e de absorção de radiação pela matéria foram tratados pelo físico de origem alemã Albert Einstein (1879-1955) em três artigos publicados entre 1916 e 1917.



Townes: prêmio Nobel de Física em 1964

HONG KONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY (HKUST)

Figura 4. Relógio atômico de átomos de césio, o primeiro construído no Brasil. Dois feixes de luz *laser* preparam e analisam as oscilações atômicas, definindo o padrão de tempo



## Aplicações científicas

Hoje, é praticamente impossível um campo das ciências experimentais que não tenha algum uso para o *laser*. Na física, a pesquisa sobre o *laser* é uma área por si só. Normalmente denominada óptica quântica, ela se dedica exclusivamente ao estudo do desenvolvimento de teorias e modelos que expliquem as inúmeras propriedades dessa radiação e de sua interação com a matéria.

Na espectroscopia (estudo da matéria através de sua interação com a luz), o *laser* tornou possível entender detalhes delicados da natureza atômica e molecular. Métodos analíticos de precisão sem precedentes são atualmente rotina nos laboratórios de química e física no mundo.

O *laser* nos permite ainda controlar o movimento de átomos, produzindo a chamada física dos átomos frios, na qual tem sido possível realizar experimentos inéditos que revelam a natureza quântica da matéria. As técnicas de manipulação de átomos com luz fizeram surgir a chamada computação quântica (ver 'A RMN e suas aplicações atuais', em *CH* nº 221).

Na biologia, o *laser* ganhou terreno com as chamadas pinças ópticas (feixes de luz que agem como pinças mecânicas e que possibilitam movimentar ou segurar organelas celulares, por exemplo) e com técnicas modernas de microscopia.

Um exemplo de avanço recente é o chamado relógio atômico – mostrado na figura 4 –, um padrão de tempo e frequência usado em todo o mundo, definido a partir da determinação precisa de certas frequências da luz emitida quando um átomo de césio excitado volta ao seu estado 'natural'.

A técnica de resfriar átomos a baixíssimas temperaturas com a ajuda da luz permitiu a realização experimental de uma das mais importantes previsões físicas do século passado: o condensado de Bose-Einstein, 'estado' da matéria em que um conjunto de átomos se comporta coletivamente, como se fosse um 'átomo gigante'.

Figura 5. Feixe de luz *laser* corta placa de aço, um trabalho preciso e rápido e sem perda de material

Na fronteira entre física e arte, o *laser* permitiu o surgimento dos hologramas (fotografias em três dimensões), de enorme beleza e aplicabilidade técnica – nesse último caso, por exemplo, na forma de selos que comprovam a autenticidade do produto.

## O surgimento da fotônica

Uma das grandes aplicações atuais do *laser* está em seu uso nas telecomunicações. Que a luz é capaz de transmitir muito mais informações que a corrente elétrica, isto já se sabia havia muito. O principal problema era que a tecnologia não estava avançada o suficiente para permitir a implementação dessa idéia.

Com o advento do *laser*, esse problema foi resolvido em parte, e a transferência de informação via luz começou a despertar interesse, embora de forma bem modesta. Com as fibras ópticas, a comunicação óptica explodiu e conquistou a sociedade. A capacidade de transmitir informação via luz acoplada a uma fibra óptica é tremenda. Por exemplo, toda a cidade de São Paulo poderia falar com a do Rio de Janeiro, por telefone, através de meia dúzia de fibras ópticas. A constante demanda por mais informação – e em uma velocidade cada vez maior – transformou a comunicação óptica em um dos campos mais prósperos da tecnologia atual.

O princípio da comunicação óptica é simples: a luz, em vez da corrente elétrica, carrega a informação. A propagação da luz através de uma fibra óptica é baseada na chamada reflexão interna total da luz. Dentro de uma fibra óptica, a luz reflete na superfície interna quando sua incidência supera um certo ângulo de incidência em relação a ela. Assim, uma vez introduzida na fibra, a luz realiza um ziguezague fantástico, causado pelas reflexões internas, até emergir do outro lado, praticamente sem perder energia.



DIVULGAÇÃO

## Na indústria

O fato de o raio de luz andar em linha reta tornou o *laser* um excelente elemento de alinhamento e medida. Paquímetros (instrumentos de medida de precisão em mecânica) são hoje operados com *laser* e incorporados à linha de produção de peças e produtos, gerando um controle de qualidade sem precedentes. Na indústria bélica, o *laser* é utilizado como elemento para mira e guiamento de mísseis.

De soldagens especiais e análise da rugosidade de superfícies à produção do corte preciso de uma lâmina de barbear, tudo indica que o *laser* veio para ficar na indústria.

O *laser* tem aplicação na confecção de moldes de peças. Hoje, é possível programar, através do computador, a peça desejada. Feito isso, um *laser* acoplado a um sistema de varredura produz, em resina sensível à luz (fotocurável), o modelo em minutos. Na indústria gráfica, o *laser*, através das impressoras de alta qualidade, tem promovido um avanço impressionante.

Outro exemplo de aplicação está na remoção de tinta de aviões. Nesse caso, o *laser* deve ser escolhido de forma a ser absorvido apenas pela tinta, preservando o material metálico abaixo dela. Assim, a camada de tinta será evaporada, preservando a estrutura metálica da nave. O comprimento de onda adequado evapora a tinta e será refletido pelo metal. Nesse caso, nenhum outro método compete com a eficiência do *laser*, que executa a tarefa e preserva a estrutura básica da superfície do avião.

## Lentes e braços articulados

Para ações de corte, é preciso que o *laser* seja focalizado e, para isso, utiliza-se um conjunto de lentes. O 'tamanho' (diâmetro) do feixe no foco irá determinar o quanto de intensidade de luz é depositada naquele ponto, e esse tamanho pode ser ajustado pelo movimento das lentes.

A manipulação do feixe também é importante. Seu direcionamento deve ser feito com componentes compatíveis com sua energia e, mais importante, com seu comprimento de onda. Por exemplo, um pedaço de metal pode ser um excelente refletor para um *laser* de gás carbônico (CO<sub>2</sub>), mas, no caso de um *laser* de argônio, é um espelho terrível.

O uso de braços articulados ou de fibras ópticas são os principais meios para manipular a luz *laser*. Os braços articulados são conjuntos de seguimentos

## INOVAÇÃO E DIFUSÃO

O Centro de Pesquisa em Óptica e Fotônica, da USP de São Carlos, coordenado por Vanderlei S. Bagnato, desenvolve atividades científicas, de inovação tecnológica e de difusão científica na área de óptica, mais especificamente envolvendo *lasers*. Nos estudos (básicos e aplicados), os pesquisadores do Centro trabalham com aprisionamento e resfriamento de átomos, inclusive com a produção de condensados de Bose-Einstein e investigações de colisões de partículas a temperaturas próximas do zero absoluto. O grupo construiu o primeiro relógio atômico nacional e acaba de colocar em operação a primeira fountain atômica, também chamada de chafariz de átomos (um novo relógio atômico, mais preciso, que usa átomos resfriados). Aplicações de *lasers* para diagnóstico e tratamento do câncer e de outras doenças têm sido importantes focos do grupo, que mantém colaboração com faculdades de medicina e veterinária e com outras instituições do Brasil e do exterior. Na área de odontologia, são desenvolvidas novas formas de processamento de materiais resinosos para uso em obturações e próteses. A tecnologia gerada nessas pesquisas tem sido absorvida por empresas, permitindo o lançamento de vários tipos de produtos.

retos de tubo, contendo, em seu interior, espelhos e lentes que permitem, através de reflexões adequadas, conduzir o feixe e focalizá-lo no ponto certo.

## Corte, marcação e solda

Atualmente, as aplicações industriais do *laser* são enormemente diversificadas, mas certamente suas utilizações como instrumento de corte, marcação e solda são as mais amplamente difundidas.

Como instrumento de furo e corte, a vantagem do *laser* reside no fato de ele evaporar o material no local do furo ou da linha de corte, removendo automaticamente o subproduto, sem deixar vestígios. Isso o torna mais preciso que outros meios mecânicos (figura 5).

Se quisermos realizar um furo em uma placa, o *laser* escolhido deve ser altamente absorvido pelo material dela – caso contrário, não haverá uma transferência eficiente de energia do *laser* para ela. Um furo feito a *laser* normalmente apresenta uma borda muito mais precisa e limpa que o realizado por brocas convencionais. Nessas aplicações de corte e furo, em que ocorre a evaporação do material, o melhor regime de operação é atingido ao se utilizar um regime pulsado. Nesse regime, entre pulsos, o material evaporado tem tempo de escapar, não criando obstáculo para o próprio feixe. Também, no regime pulsado, mais energia pode ser depositada no ponto de trabalho. ▶

A operação de corte com *laser* pode ser feita ou movimentando-se o feixe *laser* com um braço articulado, ou movendo-se a peça a ser cortada. O movimento normalmente determina o formato do corte. Ao trabalharmos com pulsos curtos de *laser*, o calor normalmente não tem tempo de se difundir pelas laterais, concentrando-se na evaporação. Nesse caso, a precisão do corte é maior, e a região termicamente afetada menor.

Como elemento de marcação e soldagem, o princípio é basicamente o mesmo, com a diferença de que agora o *laser* deve depositar no material energia que seja apenas suficiente para remover uma pequena porção deste, deixando uma marca permanente ou, no caso de soldagem, promovendo a fusão das áreas adjacentes sem sua intensa vaporização. São exemplos de marcação a *laser* as usadas nos tubos de PVC, amplamente empregados nas residências, e aquelas sobre componentes eletrônicos.

## No comércio

Atualmente, em muitos estabelecimentos comerciais, é comum a leitura de código de barras utilizando sistemas ópticos que empregam um feixe de *laser* varrendo os produtos.

O leitor de código de barras emprega uma sucessão de reflexões que têm duração diferente, em função da variação de espessura das barras do código estampado no produto. Isso permite associar, com essa seqüência, um código numérico para o produto.

Ao ler o código, o computador automaticamente associa o produto ao preço. E faz imediatamente a correlação da saída do produto com a variação do estoque e, possivelmente, o pedido de nova quantidade da mercadoria.



Figura 6. Seqüência mostrando a eliminação de um tumor pela técnica de terapia fotodinâmica. Depois da aplicação, a mudança de cor do tumor representa danos celulares que o levam à morte. Após cerca de 30 dias, a massa tumoral morta já desapareceu. O Hospital Amaral Carvalho de Jaú (SP), bem como a Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, da Universidade de São Paulo, são pioneiros nessa técnica no Brasil

O leitor de código de barras por vias ópticas é um dos maiores avanços para a automação do comércio.

## Cirurgia e terapia com luz

O *laser* é um excelente instrumento de corte e desbaste e, por isso, já se tornou um dos instrumentos cirúrgicos mais importantes. As famosas cirurgias oftalmológicas só conseguiram alcançar o atual grau de sucesso graças ao *laser*.

Na oncologia (área médica que lida com o câncer), o *laser* tem sido rotineiramente usado como instrumento de tratamento e diagnóstico para os vários tipos dessa doença. A eliminação de cálculos renais através de ondas de choque causadas por pulsos intensos de luz ou a desobstrução de artérias são procedimentos a *laser* empregados em muitos hospitais. Além disso, a precisão do *laser* tem permitido invadir o interior da célula e realizar microalterações que a fazem tomar um novo curso em seu ciclo vital.

Nesta última década, pesquisadores norte-americanos e europeus começaram a investigar a possibilidade de usar a seletividade da luz *laser* – ou seja, a interação dessa luz com uma determinada molécula em um universo de várias delas – para a terapia de células cancerosas. Dessas pesquisas, nasceu a terapia fotodinâmica, técnica que usa a propriedade de seletividade da luz de *laser* para o combate ao câncer e emprega uma substância fotosensível (aquela que é alterada quando iluminada) administrada de forma endovenosa no paciente. A droga percorre todo o corpo, sendo absorvida por todas as células. As células sadias eliminam essa droga em um período de tempo que varia entre 24 a 36 horas, enquanto as células tumorais, por apresentarem um metabolismo diferenciado, retêm a droga por mais tempo.

Assim, esperando mais de 24 horas após a administração da droga, a substância fotosensível estará mais concentrada nas células cancerosas. Essa substância fotosensível, quando iluminada por uma luz *laser* de cor específica, é excitada e, uma vez nesse estado energético, provoca uma reação química com o oxigênio molecular, produzindo uma espécie eletrônica do oxigênio (o estado singleto) altamente reativa para os constituintes celulares e, portanto, bastante tóxica para a célula. Como conseqüência, o tecido tumoral é levado à morte, eliminando a lesão.

Essa técnica, que pode ser realizada ambulatorialmente, foi aprovada pela rigorosa FDA (agência

norte-americana de controle de alimentos e medicamentos). Seu grande limitante está mais relacionado com as dificuldades de se levar a luz *laser* até o local do que com o tipo de lesão. No Brasil, ela passou a ser usada a partir de 1998 (figura 6).

## Biópsia óptica

Quando um tecido é iluminado com um determinado comprimento de onda (cor), parte da energia luminosa é absorvida, excitando biomoléculas. Esse excesso de energia pode ser perdido na forma de luz, sendo um desses processos a chamada fluorescência.

A fluorescência pode ser usada para a diferenciação de tecidos biológicos, pois, dependendo da composição e forma do tecido, a interação luz/tecido será distinta, o que propiciará a reemissão da luz proveniente do tecido-alvo. Dessa forma, haverá padrões de fluorescência para diferentes tipos de lesões.

Tendo como base o fenômeno da fluorescência, a biópsia óptica, um procedimento não invasivo, pode se tornar um importante método auxiliar no diagnóstico de lesões extensas e múltiplas. Uma das principais indicações é a avaliação de pacientes com alto risco de incidência de carcinoma oral, bem como o acompanhamento de possível reincidência da doença.

Outra aplicação é o auxílio na determinação do melhor sítio de remoção de material para ser submetido à biópsia convencional, pois a região que apresenta uma maior variação espectral em comparação com o tecido normal pode ser a escolhida.

## Substituindo as brocas do dentista

Na odontologia, o *laser* tem sido considerado um substituto para o motor de alta rotação – a famosa broca do dentista –, que alguns tremem só de ouvir o barulho estridente. Na remoção de cáries, o *laser* age de duas maneiras distintas. Primeiro, a energia dele pode ser absorvida pelo tecido dental, que, nesse caso, é removido por evaporação. Esse processo é denominado ablação, e vários tipos de *laser* de estado sólido podem ser utilizados para essa finalidade.

Além disso, para evitar problemas causados por aquecimento, outra possibilidade é o uso de pulsos ultracurtos de luz, que são capazes de depositar grande energia no sistema em intervalos de tempo



Figura 7. Procedimento dental a *laser*

extremamente pequenos – de bilionésimos até milésimos de bilionésimos de segundo. Assim, toda a energia é utilizada para evaporar o material, não havendo tempo para que a condução de calor aqueça o material adjacente (figura 7).

## Conhecimento em cubos

Através de uma série de entalhes feitos em uma trilha – por exemplo, traços e pontos –, o *laser* é capaz, semelhantemente ao código Morse, de ler e transformar, em sons ou imagens, toda uma seqüência de escavações. CDs e DVDs são exemplos do emprego dessa técnica. Na gravação, ocorre o oposto: o som ou a imagem são transformados em códigos que são impressos em cada uma das trilhas do disco.

Apesar dos avanços recentes, a era digital do som e da imagem parece estar apenas começando. Já se fala inclusive na chamada memória óptica gravada por *laser*. Nesse caso, um cristal de certo sólido vai ter elementos atômicos em sua rede cristalina capaz de armazenar informações. Em vez dos pontos e traços dos atuais CDs, estaremos excitando átomos em suas posições na rede cristalina dentro do sólido. Cada átomo, excitado ou não, será um elemento da seqüência que, em seguida, poderá ser lida.

Como podemos colocar muitos trilhões de átomos em cada centímetro cúbico de um cristal, dá para se imaginar a potência dessas memórias. Possivelmente, todo conhecimento escrito da humanidade poderá ser armazenado em pequenos cubos desses materiais.

A leitura e produção dessas fantásticas memórias só poderiam ser feitas com um instrumento de altíssima precisão. Bem, fica a cargo do leitor adivinhar quem, desde já, é o melhor candidato para essa função. ■

### SUGESTÕES PARA LEITURA

- BAGNATO, V.S. *Os fundamentos da luz laser* (Sociedade Brasileira de Física, São Paulo, série Física na Escola, volume 2, 2001).
- TOWNES, C. H. *How the laser happened: adventures of a scientist* (Oxford University Press, Nova York, 1999).
- BAGNATO, V. S. e ZILIO, S. C. 'Controlando átomos com luz' in *Ciência Hoje*, n. 53, maio de 1989.
- POTTER, T. (ed.). *An Usborne introduction to lasers* (EDC Publishing, 1984).
- BORAIKO, A. A. 'Lasers – a splendid light' in *National Geographic*, março de 1984, pp. 334-363.

# Os cristais e

## A seleção quiral

*Os aminoácidos, substâncias que formam os peptídeos e as proteínas e exercem várias funções nos seres vivos, apresentam uma propriedade denominada quiralidade. Isso significa que cada um desses compostos ocorre em duas formas assimétricas, como se uma fosse o reflexo da outra em um espelho. Apenas uma dessas formas, no entanto, é utilizada pelos organismos vivos em seu metabolismo, e a ciência ainda procura uma explicação para essa misteriosa 'preferência'. Este artigo relata alguns estudos que apontam minerais como fortes candidatos ao papel de agentes selecionadores de aminoácidos na Terra primitiva. A seleção, pelos minerais, de uma das formas dos aminoácidos poderia ter, mais tarde, quando a vida surgiu, influenciado a 'opção' demonstrada hoje por todas as espécies.*

**Dimas A. M. Zaia**

Departamento de Química,  
Centro de Ciências Exatas,  
Universidade Estadual de Londrina

**Cássia Thaís B. V. Zaia**

Departamento de Ciências Fisiológicas,  
Centro de Ciências Biológicas,  
Universidade Estadual de Londrina



# a origem da vida

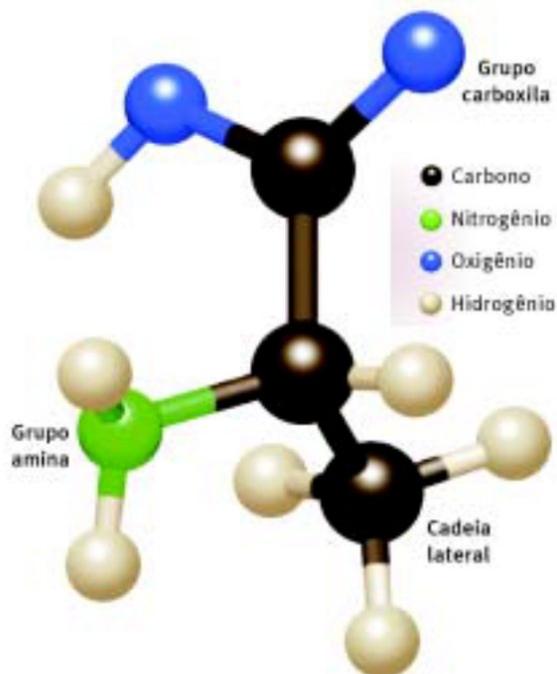
## de aminoácidos na Terra primitiva

**A grande maioria das reações químicas** que acontecem nas células e em todos os seres vivos conhecidos envolve, de alguma forma, aminoácidos, peptídeos e proteínas. Os primeiros são compostos orgânicos bastante simples que, ligados uns aos outros em pequenos grupos, formam peptídeos. Já as proteínas, essenciais para todos os organismos vivos, são constituídas por longas cadeias (em geral, centenas, em ordem variada) de diferentes aminoácidos.

Aminoácidos, peptídeos e proteínas exercem papéis importantes no metabolismo. Nos seres vivos, eles atuam, por exemplo, como enzimas (acelerando reações químicas), transportadores (auxiliando o deslocamento de moléculas no sangue ou através das membranas das células), neurotransmissores ou neuromoduladores (intermediando os contatos entre células nervosas) ou hormônios (estimulando e regulando atividades de células, órgãos ou sistemas orgânicos). Também podem ter outras funções, entre elas as de nutrientes (alguns aminoácidos podem ser convertidos em glicose no fígado) e de componentes estruturais (nesse caso, apenas as proteínas, constituindo a membrana celular, o tecido muscular etc.). ▶

FOTO GETTY IMAGES

Figura 1. Os aminoácidos têm uma estrutura química comum, aqui representada pela alanina, um dos mais simples: um átomo de carbono 'central', ao qual se ligam um grupo amina ( $\text{NH}_2$ ), um átomo de hidrogênio, um grupo carboxila ( $\text{COOH}$ ) e outro grupo químico, chamado de cadeia lateral ou grupo R. Nos demais aminoácidos, a cadeia lateral é diferente



Entre os mais de 100 aminoácidos existentes na natureza, apenas 20 são comumente encontrados nas proteínas e exercem alguma função biológica importante. Eles são constituídos pelos elementos carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O), nitrogênio (N) e, em apenas dois casos, enxofre (S), e têm uma estrutura química comum: um átomo de carbono (chamado de carbono alfa) ligado a um grupo amina ( $\text{NH}_2$ ), a um átomo de hidrogênio, a um grupo carboxila ( $\text{COOH}$ ) e a outro grupo químico, chamado de cadeia lateral ou grupo R (figura 1). A única exceção é a prolina, que no lugar da amina tem um grupo imino ( $\text{NH}$ ), ligado não só ao carbono alfa mas também à cadeia lateral (o que não acontece nos demais aminoácidos).

O que diferencia um aminoácido de outro é sua cadeia lateral, que pode apresentar várias formas.

As características dessa cadeia permitem classificar tais compostos em não-polares (não apresentam polarização de cargas elétricas em suas moléculas e são em geral insolúveis em água) e polares (com polarização de cargas e em geral solúveis). Os polares podem ser neutros (com cargas negativas e positivas equivalentes), carregados negativamente (ácidos) ou carregados positivamente (básicos). Alguns aminoácidos que têm em sua cadeia lateral seis átomos de carbono ligados em forma de anel são denominados aromáticos.

Seis dos 20 aminoácidos que compõem as proteínas não são polares: glicina, alanina, valina, leucina, isoleucina e prolina. Os aromáticos são a fenilalanina, a tirosina e o triptofano. Outros seis (serina, treonina, cisteína, metionina, asparagina e glutamina) são polares, mas não carregados, enquanto dois (os ácidos aspártico e glutâmico) têm carga total negativa e três (lisina, arginina e histidina) têm carga positiva. As cadeias laterais dos aminoácidos desempenham um papel muito importante na conformação estrutural de peptídeos e proteínas.

## L-aminoácidos e D-aminoácidos

Muitos compostos apresentam uma propriedade denominada 'quiralidade'. Esse termo, criado a partir da palavra grega *quiros*, que significa mão, faz referência a uma característica das mãos humanas e de certos objetos tridimensionais que existem em pares assimétricos, ou 'invertidos'. No exemplo das mãos, a direita é a imagem invertida da esquerda, como se uma fosse o reflexo da outra em um espelho. Isso também vale para os pés e para objetos como as asas de um avião. Se colocar-



Figura 2. A mão direita e a esquerda são assimétricas, como mostra a imagem, com o polegar de uma sobre o dedo mínimo da outra (A), mas se a mão direita for colocada ao lado da imagem, em um espelho, das costas da mão esquerda, veremos duas mãos praticamente idênticas (B)

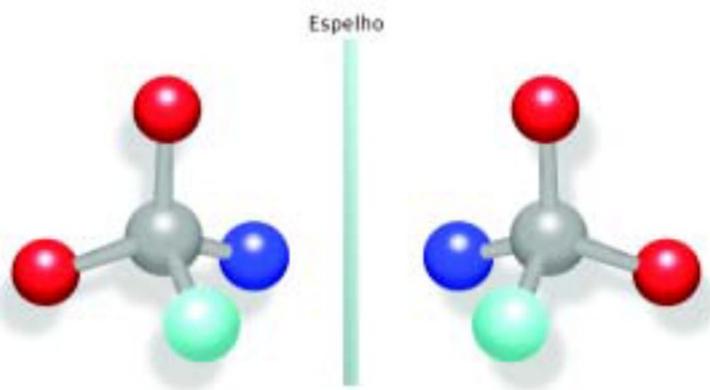
mos a mão direita sobre a esquerda, ambas com a palma para baixo, perceberemos claramente que são assimétricas, pois o polegar de uma ficará sobre o dedo mínimo da outra. Mas se colocarmos nossa mão direita ao lado da imagem, em um espelho, das costas da mão esquerda, veremos duas mãos praticamente idênticas (figura 2).

Quando um objeto existe em pares e um dos elementos do par não pode ser sobreposto ao outro, como é caso das mãos, tais objetos são denominados quirais. Essa assimetria ocorre também com muitos compostos químicos. Nesse caso, eles são formados pelos átomos dos mesmos elementos, na mesma quantidade e com ligações idênticas entre eles, mas apresentam duas formas: uma 'voltada' para um lado e a outra 'voltada' para o outro (figura 3). Uma forma, portanto, é invertida em relação à outra, como se uma fosse a imagem da outra em um espelho. Tais compostos são quirais. As duas formas de uma molécula assimétrica são denominadas enantiômeros (ou isômeros).

Pode-se imaginar, já que os isômeros são idênticos (apenas invertidos), que esse fato não teria qualquer conseqüência, mas isso não é verdade: as duas formas têm propriedades diferentes e comportam-se de modos distintos. Alguns exemplos são bem conhecidos. O limoneno, uma substância natural, tem dois isômeros: o dextrógiro é responsável pelo odor característico da laranja, enquanto o levógiro é a fonte do cheiro do limão. Essa diferença nas propriedades pode ser importante em medicamentos, por exemplo, como no caso da talidomida, usada há algumas décadas para combater náuseas em mulheres grávidas. Apenas um dos isômeros (D) tinha esse efeito. O outro (L), como infelizmente muitas mães descobriram, antes que a questão da quiralidade fosse bem conhecida, provocava graves malformações nos fetos.

Todos os aminoácidos – exceto a glicina, o mais simples deles – têm um centro quiral, ou seja, um átomo em torno do qual disposições diferentes dos outros componentes da estrutura da molécula formam os dois elementos do par assimétrico. Esse centro quiral é o carbono alfa, e todos os aminoácidos (com exceção da glicina) têm dois enantiômeros, ou isômeros.

Tais isômeros são geralmente identificados de acordo com o modo como desviam o plano da luz polarizada que incide sobre eles. Polarizar a luz significa selecionar (com prismas especiais) as ondas luminosas, deixando passar apenas as que oscilam em um determinado plano – na luz 'normal', as ondas oscilam em variados planos durante seu deslocamento. Os isômeros que desviam o plano da luz polarizada para a direita (no sentido dos ponteiros do relógio) são chamados de dextró-



giros e representados pela letra D ou pelo sinal +, e os que fazem o desvio para a esquerda são ditos levógiros e representados pela letra L ou pelo sinal -. Esse desvio é detectado por equipamentos ópticos, que permitem determinar o ângulo de rotação do plano (figura 4).

## A 'preferência' dos seres vivos

Em uma reação química de síntese de aminoácidos, a partir de seus precursores, sempre obtemos o que é chamado de mistura racêmica, na qual cada isômero (D ou L) tem participação de 50%. Entretanto, o exame dos aminoácidos de todos os seres vivos conhecidos revelou, para surpresa dos cientistas, que tais compostos estão presentes no organismo quase exclusivamente na forma de isômeros L. Isso é válido tanto para os aminoácidos livres (no sangue, por exemplo) quanto para os que compõem peptídeos e proteínas.

Só recentemente foram encontrados D-aminoácidos em animais superiores (boi, rato, camundongo, rã, lesma e aranha), tanto na forma livre quanto em peptídeos e proteínas. D-aspartato e D-serina livres foram identificados em mamíferos e D-aminoácidos foram detectados em peptídeos opióides (compostos sintetizados no organismo e com papel semelhante ao da morfina e ao do ópio, substâncias naturais) e em neuropeptídeos (que atuam como mensageiros entre células nervosas) de outros animais, mas o papel fisiológico dessas substâncias ainda não é claro. Observa-se ainda que em proteínas os resíduos D-aspartato aumentam com o envelhecimento.

Para explicar o fato de que todos os seres vivos conhecidos (todos os da Terra, já que os extraterrestres só existem, até agora, na ficção) utilizam quase

Figura 3. A quiralidade é uma propriedade de muitos compostos químicos, como mostra o exemplo ao lado: ambas as moléculas são formadas por átomos dos mesmos elementos, na mesma quantidade e com ligações idênticas, mas a primeira forma é 'voltada' para um lado e a segunda para o outro, como se uma fosse o reflexo da outra em um espelho

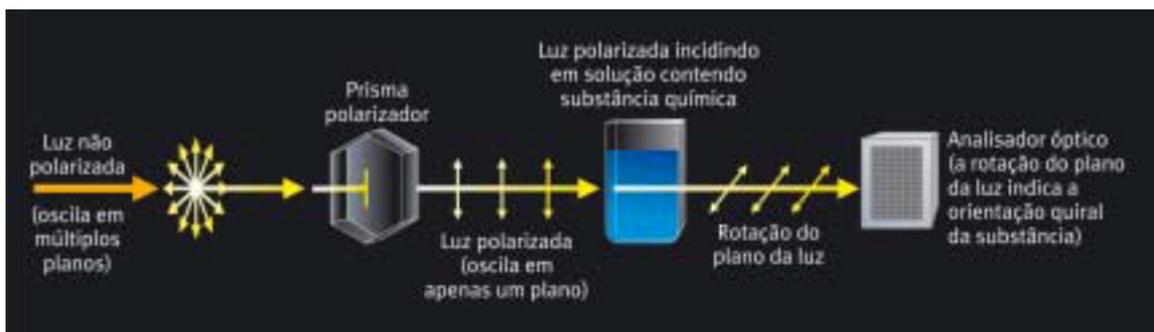


Figura 4. Na luz ‘normal’, as ondas se deslocam oscilando em variados planos, mas na luz polarizada as oscilações estão situadas em apenas um plano. As substâncias químicas são chamadas de dextróginas ou levóginas quando desviam o plano da luz polarizada respectivamente para a direita (no sentido dos ponteiros do relógio) ou para a esquerda. Esse desvio é detectado por equipamentos ópticos

exclusivamente L-aminoácidos em suas reações químicas, duas hipóteses foram sugeridas:

1. algum mecanismo, na Terra primitiva ou fora dela, teria selecionado os L-aminoácidos e promovido grande acumulação destes. A evolução molecular, que levou ao surgimento do primeiro ser vivo, teria ocorrido depois disso, e o amplo predomínio dos aminoácidos levógiros sobre os dextrógiros explicaria a ‘escolha’ dos primeiros;
2. a evolução do primeiro ser vivo do nosso planeta teria ocorrido em um meio no qual os dois isômeros (L e D-aminoácidos) coexistiam, e a própria evolução do ser vivo teria selecionado os levógiros.

Não temos condições, atualmente, de dizer qual dessas hipóteses está correta. No próximo trecho, porém, vamos discutir alguns mecanismos envolvendo minerais que poderiam ter selecionado e acumulado os L-aminoácidos para a evolução molecular.

## Seleção quiral por minerais

Diversos mecanismos podem selecionar L-aminoácidos. Neste artigo, escolhemos discutir o papel dos minerais, já que estes sempre existiram na Terra e podem ter contribuído de modo decisivo para essa seleção. Já foi demonstrado experimentalmente que um mineral pode selecionar um aminoácido pelo processo de adsorção. Nesse processo, o aminoácido fica ‘grudado’ na superfície do mineral por interações eletrostáticas (cargas positivas do mineral atraem cargas negativas do aminoácido ou vice-versa) ou por ligações químicas (do grupo amino, do grupo carboxila ou da cadeia lateral do aminoácido com algum metal presente no mineral).

Para mostrar que essa seleção pode ocorrer, serão relatadas três situações envolvendo minerais que podem ter selecionado os aminoácidos levógiros ou peptídeos com grande quantidade dos mesmos em sua composição.

Na primeira situação, proposta a partir de experimentos de Robert Hazen e outros, nos Estados Unidos, cristais de calcita ( $\text{CaCO}_3$ ) – forma mais estável do carbonato de cálcio, encontrada em toda a crosta terrestre (figura 5) – foram submersos em uma solução contendo uma mistura racêmica de ácido aspártico (ou seja, com igual quantidade das formas dextróginas e levóginas desse aminoácido). Após algum tempo nessa solução, os cristais foram retirados e cada face foi cuidadosamente lavada com uma solução de ácido, para retirar o material adsorvido. O material obtido em cada face foi então analisado, para determinar as quantidades de ácido aspártico D e L. Foi observado que, na maioria das faces, a relação D/L era quase igual a 1, indicando que foram adsorvidas quantidades iguais das duas formas (D e L) do aminoácido. Em algumas amostras, porém, essa relação era inferior a 0,94, revelando

Figura 5. A calcita ( $\text{CaCO}_3$ ), o tipo de carbonato de cálcio mais comum na crosta terrestre, é um dos minerais que podem ter selecionado os L-aminoácidos na Terra primitiva



FOTO DE FÉRCIO DE M. BRANCO / MUSEU DE GEOLOGIA DA CPRM

que a forma levógira era adsorvida em maior quantidade. Portanto, o experimento mostrou que, em princípio, os cristais de calcita podem concentrar mais o L-ácido aspártico. Resultados semelhantes foram obtidos usando-se outros aminoácidos.

Na segunda situação, a precipitação de aminoácidos pode ter ocorrido na Terra primitiva quando as águas de pequenas lagoas evaporaram por efeito do calor, fazendo com que os aminoácidos, antes em solução, fossem cristalizados. Essa hipótese foi proposta por Cristóbal Vidma, na Espanha. Quando

misturas racêmicas dos ácidos aspártico e glutâmico são cristalizadas diretamente a partir de soluções, por evaporação em temperatura ambiente, sempre são obtidos cristais com quantidades iguais de isômeros L e D em sua composição. Entretanto, quando a cristalização ocorre com os aminoácidos presentes dentro de substâncias porosas (material cerâmico e papel, por exemplo, parcialmente submersos nas soluções), formam-se conglomerados de cristais D ou L (cada conglomerado é composto por apenas um isômero). Na Terra primitiva, portanto, a precipitação de aminoácidos em função da evaporação da água de pequenas lagoas que contivessem rochas porosas pode ter contribuído para uma separação quiral dos mesmos.

Na terceira situação, peptídeos produzidos em reações químicas de polimerização de aminoácidos também podem ser adsorvidos por minerais, 'grudando-se' à superfície destes. O processo de polimerização forma moléculas gigantes, constituídas de inúmeras repetições de poucas moléculas simples (no caso de proteínas e peptídeos, os aminoácidos são repetidos). Foi observado, em experimentos de Pier Luigi Luisi e outros, na Suíça, que a polimerização de misturas racêmicas de aminoácidos (como triptofano, leucina ou isoleucina) em solução aquosa, promovida por um agente condensante (N-carboxianidrido, ou NCA), formou mais peptídeos com seqüências homquirais (com apenas um dos isômeros, L ou D, dos aminoácidos) do que o esperado. Nesse procedimento, o NCA, ligado aos aminoácidos, induz a formação das 'pontes' químicas entre eles (ligações peptídicas) e favorece a união de isômeros iguais – o



agente condensante é descartado no processo. Outro fato interessante, observado em estudos de Luisi e de Thomaz Hitz, é o de que o quartzo (óxido de silício, principal constituinte da areia comum, encontrada nas praias, por exemplo) (figura 6) adsorve preferencialmente os peptídeos com maior número de seqüências de aminoácidos do mesmo tipo (ou L, ou D). Portanto, o quartzo, abundante na Terra primitiva, poderia ter pré-concentrado peptídeos com grande número de seqüências L ou D.

Figura 6. O quartzo, ou dióxido de silício ( $\text{SiO}_2$ ), é o principal componente da areia das praias, e também pode ser responsável pela seleção quiral de aminoácidos em tempos remotos

## Algumas questões em aberto

As três situações acima mostram que os minerais têm potencial para realizar a seleção quiral tanto de aminoácidos quanto de peptídeos. Algumas questões, porém, devem ser colocadas. Os experimentos citados não permitem concluir qual deles foi o mais importante nessa seleção ou mesmo se algum deles teve alguma importância para o predomínio dos L-aminoácidos nos seres vivos. É preciso destacar ainda que tais experimentos foram realizados em água destilada. Portanto, qual seria o efeito dos sais existentes na água do mar (na Terra primitiva) na seleção dos isômeros dos aminoácidos?

Outras questões ainda precisam ser esclarecidas. Uma delas é descobrir qual seria o conjunto de aminoácidos selecionados por minerais em uma mistura racêmica de muitos aminoácidos diferentes. Outra dúvida é: se um mecanismo funcionar para a seleção de um isômero de um dado aminoácido, esse mesmo mecanismo também levaria à separação do mesmo isômero no caso de todos os aminoácidos?

Mesmo que a seleção quiral de aminoácidos e peptídeos por minerais venha a explicar, um dia, como ocorreu a separação dos isômeros levógiros, resta saber por que estes, e não os dextrógiros, foram 'escolhidos' para formar as moléculas essenciais à vida como a conhecemos. Será que um dia encontraremos uma forma de vida extraterrestre que utilize D-aminoácidos? Por enquanto, o mistério continua. ■

### SUGESTÕES PARA LEITURA

- DE DUVE, C. *Poeira vital*, Editora Campus: Rio de Janeiro, 1997.
- LAHAV, N. 'Minerals and the origin of life: hypotheses and experiments in heterogeneous chemistry', in *Heterogeneous Chemistry Review*, v. 1, p. 159, 1994.
- ZAIA, D. A. M. 'Da geração espontânea à química prebiótica', in *Química Nova*, nº 26, p. 260, 2003.
- ZAIA, D. A. M. 'A review of adsorption of amino acids on minerals: was it important for origin of life?', in *Amino Acids*, v. 27, p. 113, 2004.

# Um hóspede indesejado



FOTOS FLÁVIO ZANETTE

Em primeiro plano, folhas e sementes da erva-de-passarinho *Tripodanthus acutifolius* (A); raiz de *Tripodanthus acutifolius* ataca um alfeneiro: aspecto monstruoso (B)

Um observador atento que caminha pelas vias públicas pode estranhar alguns galhos verdes que pendem das árvores na época de queda das folhas. “Esses galhos não pertencem às árvores; são de parasitas que aproveitam o inverno para se desenvolver”, explica o agrônomo Flávio Zanette, da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Conhecidas como ervas-de-passarinho por se disseminar através de pássaros, essas plantas pertencem à família das lorantáceas, com mais de 1,4 mil espécies espalhadas por todo o mundo. Desse total, sete já foram identificadas em árvores urbanas de Curitiba. A mais comum é *Tripodanthus acutifolius*, à qual pertencem 60% dos indivíduos encontrados nas árvores da capital paranaense.

A erva-de-passarinho precisa da luz do Sol para realizar a fotossíntese e manter suas folhas verdes durante todo o ano. Mas é

no inverno, com a queda das folhas da árvore que parasita, que a planta aproveita para ganhar terreno. “Quando a árvore volta a produzir folhas, não há mais espaço em sua copa”, diz Zanette. Além de competir por luz, a erva-de-passarinho se apropria da seiva produzida pela árvore para alimentar-se e da água para fazer a fotossíntese. Com esse objetivo, procura fendas no tronco e nelas introduz uma pequena raiz, o haustório.

A competição por raios luminosos e a perda de seiva e água não são os únicos nem os maiores danos sofridos pela árvore parasitada. Segundo Zanette, dependendo do estágio do parasitismo, a erva-de-passarinho pode sufocá-la com suas raízes e prejudicar a respiração pelo caule. “Isso parece um monstro!”, exaspera-se o agrônomo ao exibir a foto de uma árvore tomada pelo parasita. Mesmo depois de cortada, a erva-de-passarinho pode lançar várias

outras raízes que apertam ainda mais o tronco de sua hospedeira.

## Com a ajuda do passarinho

Além de lutar para sobreviver com o ‘encosto’ em seus ombros, a árvore contaminada vira fonte de transmissão da erva-de-passarinho para as árvores vizinhas. É com a ajuda dos pássaros que os parasitas conseguem proliferar. Como no inverno a comida é mais escassa, os pássaros se alimentam das sementes adocicadas dessas plantas. Assim, pássaros típicos do meio urbano, como sabiás, sanhaços, pardais e bem-te-vis, comem as sementes e, por meio das fezes, ‘plantam’ o novo hóspede em outra árvore. Às vezes o parasita dispensa a ajuda de pássaros para se espalhar, como a erva-de-passarinho *Strudanthus polirizus*, que deixa a semente cair em outro galho da própria árvore. Com tegumento frágil e textura gelatinosa, a semente se prende com fa-

cidade à árvore e faz germinar um parasita descendente.

O desconhecimento da população também contribui para a proliferação da praga. “Muita gente acha bonita a erva-de-passarinho e a confunde com a árvore”, diz Zanette, recomendando que as pessoas podem as árvores para controlar o parasita. Mas é preciso não confundir com epífitas, como bromélias, avencas e samambaias, muito comuns em árvores, com as quais vivem em harmonia. Enquanto as epífitas preferem locais sombreados e úmidos, entre vãos de galhos, sem extrair nutrientes, a erva-de-passarinho compete na busca por luz, subindo acima da copa das árvores, e se apropria da seiva.

O manejo inadequado das árvores urbanas é outro fator que ajuda a disseminar a erva-de-passarinho. A bióloga Daniela Biondi, do Setor de Ciências Florestais da UFPR, não poupa crítica aos erros grosseiros que ainda hoje se cometem no gerenciamento dessas árvores. Autora do livro *Árvores de rua de Curitiba*, Biondi diz que a manutenção das árvores urbanas em geral se restringe à poda anual, o que facilita a multiplicação de pragas. Segundo ela, as árvores precisam ser constantemente monitoradas, e as podas devem ser feitas sempre que necessário, não se restringindo a uma época específica do ano. Zanette lembra que as podas em Y, para desviar os galhos da fiação elétrica urbana, acabam concentrando o peso da árvore nesses galhos. “Se normalmente já há risco de as árvores tombarem, imagine com o peso extra das ervas-de-passarinho!”

### Espécie promíscua

Zanette afirma que o problema da erva-de-passarinho em Curitiba é tão sério que pode comprometer a arborização da cidade nos próximos anos. Mas esse ponto de vista não é unânime no meio aca-



Alfeneiro tomado por erva-de-passarinho em área urbana de Curitiba

dêmico. Segundo Rudi Seitz, silvicultor e professor do Setor de Ciências Florestais da UFPR, a erva-de-passarinho sempre conviveu com as árvores no meio urbano e pode demorar muito para que elas morram em decorrência do ataque da praga. A seu ver, só as árvores mais velhas seriam suscetíveis à contaminação dos parasitas. Segundo Zanette, as árvores chegam à senilidade quando a folhagem de suas copas começa

a se reduzir, o que ocorre de modo precoce devido ao estresse urbano. Mas nem mesmo as árvores ‘jovens’, insiste o agrônomo, estão livres da praga.

Biondi concorda que a erva-de-passarinho não ataca apenas árvores senis. “Além disso”, diz a bióloga da UFPR, “ela pode ser considerada uma planta promíscua, já que não é seletiva em seu parasitismo”. Apesar da preferência por espécies como o alfeneiro, o ácer e a tipuana, a erva-de-passarinho parasita qualquer tipo de árvore. “Ainda não vi em pinus nem em araucária, mas até em eucalipto já encontrei”, garante Zanette.

Por estarem fora de seu hábitat natural, as árvores urbanas são mais susceptíveis ao ataque oportunista do parasita. No bosque não há tanta exposição à luz, e as árvores conseguem se defender. Segundo Zanette, a abundância de alimento em matas fechadas também inibe a dispersão de sementes de erva-de-passarinho por pássaros. Nas cidades, a única defesa das árvores é a adequada condução de seu destino pelos administradores do meio ambiente.

### Murilo Alves Pereira

Especial para *Ciência Hoje*/PR



Semente gelatinosa de *Strudanthus polirizus* no caule de uma árvore urbana

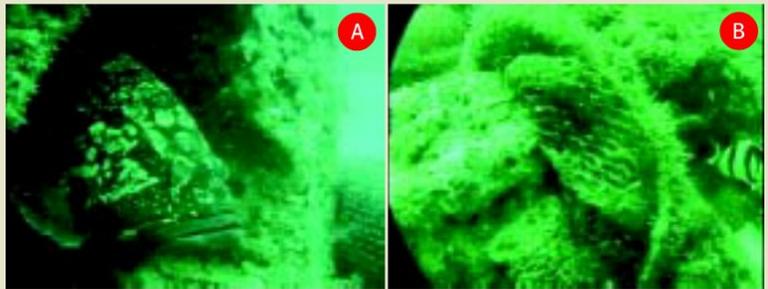
# Dar o peixe e disciplinar a pesca

**N**ormalmente as intervenções do homem na natureza para se beneficiar dos recursos que ela oferece acabam por prejudicar diversas espécies de seres vivos. No entanto, oceanógrafos do Centro de Estudos do Mar (CEM) da Universidade Federal do Paraná mostram que há exceções a essa regra. Desde 1997, eles realizam pesquisas em Pontal do Paraná, a 100 km de Curitiba, voltadas para a criação de habitats rochosos artificiais. Esses recifes artificiais, formados por blocos de concreto estrategicamente submersos na costa marinha, oferecem substrato e refúgio para diversas espécies de algas e animais, além de coibir a pesca industrial de arrasto.

Como a costa paranaense é muito pequena e quase desprovida de ambientes rochosos naturais, o desenvolvimento de comunidades de fundo rochoso é limitado. Não bastasse isso, outro fator veio agravar a situação. A indústria pesqueira, que havia desenvolvido tecnologia avançada para emprego na pesca indus-



Primeiras estruturas de concreto do programa Recifes Artificiais Marinhos, construídas em 1997



Os recifes artificiais servem de refúgio para peixes, como a garoupa (A), e as redes presas a eles são rapidamente colonizadas por algas e outros organismos(B)

trial, passou a se interessar pelos mares paranaenses, devido à redução dos estoques de peixe em São Paulo e Santa Catarina. Lançadas por grandes embarcações, redes de arrasto com até 50 m de comprimento se tornaram comuns em atividades pesqueiras muito próximas à costa. Esses equipamentos capturam indiscriminadamente toda a fauna do fundo marinho, matando grande quantidade de invertebrados e peixes jovens, importantes para a pesca artesanal.

A comunidade de pescadores da região passou, então, a enfrentar escassez de recursos pesqueiros. Se antes as viagens ao alto-mar garantiam a alimentação de suas famílias, com a pesca predatória isso deixou de ser possível. Populações de peixes e camarões antes abundantes na região entraram em declínio, gerando conflitos entre pescadores artesanais e os que utilizam grandes barcos e redes, revolvendo o fundo do mar 24 horas por dia.

O cenário começou a se alterar em 1997 com a criação do programa Recifes Artificiais Marinhos

(RAM), desenvolvido pela equipe do CEM, sob a coordenação do oceanógrafo Frederico Brandini. Após estudos de viabilidade e a avaliação dos riscos de impactos na natureza – que indicaram que a ação não provocaria desequilíbrios na cadeia alimentar –, as primeiras estruturas de concreto foram afundadas no litoral paranaense a distâncias que variam entre 12 km e 18 km da costa.

“Ao longo de cinco anos, quase 3 mil blocos, divididos em 11 grupos, foram lançados ao mar”, conta Brandini. Cada peça tem cerca de meio metro cúbico e pode pesar até 600 kg, dependendo do formato. Para o seu transporte, foram usadas balsas semelhantes às empregadas no deslocamento de veículos em baías; para os lançamentos, recorreu-se a tratores munidos de pás carregadeiras. Embarcações cedidas pela Marinha do Brasil deram apoio às operações.

Ao contrário de iniciativas similares tomadas em outras regiões brasileiras, o material utilizado na construção dos recifes artificiais não veio de sucatas in-

dustriais. Os blocos foram fabricados com um cimento especial, contendo microssilica, o que torna o material mais resistente e duradouro. Os índices de pH (que mede a acidez) do concreto eram semelhantes aos das rochas naturais do ambiente marinho, facilitando a fixação das comunidades biológicas. Foram utilizadas diversas formas de unidades recifais, como cubos, cones e troncos de pirâmides. A mais comum é uma estrutura semi-esférica com várias aberturas, que faz do bloco bom refúgio para peixes e invertebrados menores. Segundo Brindini, poucas semanas após o lançamento das estruturas no mar, alguns peixes começavam a nadar em seus arredores. “Em cerca de um mês uma teia alimentar simples já estava constituída.”

### Sistema antiarrasto

Recifes naturais e costões rochosos não são formações típicas da região Sul do Brasil. A implantação das estruturas artificiais visou desde o primeiro instante à consolidação de uma área de proteção ambiental e de pesca artesanal e esportiva, procurando também estimular o turismo subaquático. Tanto a pesca quanto o mergulho são práticas consideradas não predatórias.

Submersas em profundidades que variam de 15 a 25 m, as estruturas podem ser vistas de fora do mar nas águas mais transparentes. O espetáculo proporcionado pelas comunidades animais e vegetais tem atraído cada vez mais visitantes – como escolas da região – às áreas onde os recifes foram implantados.

Peixes ameaçados de extinção, como o mero, que chega a pesar 400 kg, podem ser vistos, vez por outra, rondando os recifes artificiais. Mergulhadores de todo o país aparecem para ver a riqueza da biodiversidade, mantida em grande parte pelo programa.

A implantação dos novos há-

bitats apresentou resultados não só no que se refere ao desenvolvimento de espécies de peixes e invertebrados marinhos. Os recifes artificiais se tornaram, literalmente, grandes obstáculos para a pesca industrial. Isso porque, além de ser ótimos refúgios, onde os animais não podem ser capturados, eles acabam por destruir as redes usadas nos arrastões, que se enroscam nos blocos de concreto. A pesca predatória ficou tão dificultada que as grandes embarcações começaram a se deslocar para regiões mais distantes da costa. Com isso, as viagens dos pescadores artesanais às antigas áreas de pesca voltaram a se tornar rotineiras.

Embora os arrastões sejam considerados ilegais se praticados a menos de 3 km da costa, os ‘arrasteiros’ eram freqüentemente vistos bem perto das praias. Os obstáculos criados no mar pelo RAM não só estabeleceram áreas de proteção ambiental, como também incitam o cumprimento da lei.

Em 2002, foram lançados os últimos recifes. Com cobertura de menos de 1% da plataforma costeira do Paraná, o programa continua, agora com novidades. A partir de 2006 devem ter início as viagens para instalação de sistemas com o objetivo exclusivo de dificultar os arrastos industriais. Verdadeiras armadilhas estão sendo construídas, com formas pontiagudas que inevitavelmente pegarão as grandes redes de pesca. Esses sistemas, chamados de antiarrasto, serão depositados no mar a cada 300 m, a aproximadamente 2 km da praia, protegendo as áreas próximas ao litoral.

O RAM é considerado um programa de sucesso, que agrada desde cientistas e pescadores até os órgãos oficiais de fiscalização ambiental. Daqui a algum tempo a idéia deverá se estender a outros estados brasileiros.

### Célio Yano

Especial para *Ciência Hoje*/PR

## ENGENHARIA GENÉTICA

### BIOFÁBRICAS DE FATOR 9

Quando alguém se refere a uma fábrica, costuma-se pensar em grandes prédios cheios de máquinas, mas um projeto da Unidade de Recursos Genéticos e Biotecnologia (Cenargen) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), em Brasília (DF), pode mudar esse conceito e auxiliar os portadores de hemofilia. Realizado em colaboração com a Universidade de Brasília (UnB) e a Universidade Federal de São Paulo (Unifesp) desde 2003, o trabalho visa criar plantas e animais transgênicos capazes de produzir a proteína sangüínea Fator 9, envolvida no processo de coagulação do sangue e cuja deficiência causa hemofilia.

O estudo começou com o isolamento do gene responsável pelo Fator 9 e sua introdução em camundongos, de maneira que o material genético se instalasse nas células das glândulas mamárias e a proteína fosse secretada no leite. “As análises que fizemos do Fator 9 produzido dessa maneira mostram que ele é funcional”, conta o coordenador do projeto, o agrônomo e pesquisador da Embrapa Elíbio Rech. Ele ressalta, no entanto, que o leite não é para consumo. “O Fator 9 é purificado a partir desse produto”, informa.

A principal vantagem das biofábricas – como são chamados os organismos alterados para produzir substâncias de interesse –, é o baixo custo de produção. Segundo Rech, se tudo der certo, no início de 2007, nascerão bezerros transgênicos para produção da proteína. Entretanto, ele prefere não dar uma data para o uso comercial da técnica. “Além de termos que calcular a relação de custo de produção com demanda e escala, ainda precisaremos realizar as três fases de testes para aprovação de substâncias terapêuticas”, explica.

CLÁUDIO BEZERRA-MELO



Na Cenargen, camundongos funcionam como biofábricas para produzir um tipo de proteína humana

# Solução dentro do útero

**U**m método contraceptivo lançado há cinco anos no mercado brasileiro revelou-se eficaz no combate à endometriose – doença que atinge mais de 10% das mulheres brasileiras em idade fértil. Trata-se de um dispositivo intra-uterino (DIU) que libera gradualmente um hormônio similar à progesterona e atenua as dores das pacientes, sem provocar os efeitos colaterais das injeções hormonais usadas convencionalmente no tratamento do problema. Esses benefícios foram constatados em 82 voluntárias de 18 a 40 anos durante pesquisa realizada na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e na Universidade de São Paulo (USP), que comparou os dois tratamentos.

Todas as participantes sofriam de endometriose, ou seja, sentiam fortes dores pélvicas por causa da invasão de células que revestem o interior do útero (endométrio) em outros órgãos da cavidade abdominal, como bexiga, ovários e intestino. As pacientes foram divididas em grupos de acordo com o tipo de tratamento a que se submeteram. Em 39 delas, foi colocado um DIU que libera baixas doses de um hormônio sintético chamado levonorgestrel. As outras 43 foram tratadas com injeções de hormônios análogos aos liberadores de gonadotrofina (chamados GnRH).

As pacientes foram monitoradas antes, durante e depois do tratamento, que durou, em média, seis meses. Ao longo desse tempo, verificou-se nos dois grupos que a dor foi significativamente reduzida. No entanto, nas mulheres que tomaram as inje-



Ao liberar aos poucos um hormônio semelhante à progesterona, o dispositivo intra-uterino alivia as dores da endometriose sem provocar efeitos colaterais

ções, os pesquisadores observaram efeitos como calores no corpo, insônia, alterações no humor e ressecamento vaginal, sintomas bastante característicos da menopausa. “Isso acontece porque as injeções provocam uma espécie de menopausa química”, diz o ginecologista e coordenador do estudo Carlos Alberto Petta, do Centro de Assistência Integral à Saúde da Mulher, da Unicamp.

Petta explica a diferença da atuação entre as duas terapias: “Os análogos de GnRH bloqueiam a produção da progesterona (hormônio responsável pelo crescimento do endométrio) na glândula hipófise, que passam a secretar menos substâncias naturalmente só a partir da maturidade. Já o levonorgestrel lançado pelo DIU – ou endoceptivo, como também é chamado – impede apenas a ação da progesterona na região do útero.”

Além disso, o pesquisador lembra que a injeção hormonal deve ser usada durante três ou quatro meses, porque, se prolongado o

prazo, corre-se o risco de desenvolver osteoporose. Em contrapartida, o endoceptivo pode ficar alojado no corpo feminino por até cinco anos sem interrupção, durante os quais são liberadas doses controladas de 20 microgramas de levonorgestrel por dia. Isso ainda reflete uma relativa vantagem econômica do dispositivo, já que ele tem o mesmo custo (em torno de R\$ 600) de uma ampola do hormônio injetável, que precisa ser reaplicado mensalmente.

## Infertilidade ainda é problema

Os métodos anticoncepcionais vêm sendo usados há muitos anos para tratar a endometriose. Além de injeções hormonais, é comum o uso de pílulas, anéis vaginais ou adesivos. À medida que inibem a ovulação, eles reduzem o fluxo menstrual e contêm o crescimento do endométrio. “A quantidade de sangramento também está diretamente relacionada à liberação de prostaglandina, substância que provoca contrações uterinas

e conseqüentemente, dores pélvicas”, esclarece Petta.

Na pesquisa feita pela Unicamp e pela USP, a maioria das voluntárias, tanto as que tomaram injeções quanto as que usaram DIU, tiveram a menstruação interrompida. O endoceptivo, que começou a ser comercializado em 2000, tinha eficácia comprovada apenas para a contracepção. “Os resultados satisfatórios em relação à ausência de efeitos adversos lançam-no, portanto, como nova alternativa no combate à endometriose”, comenta o ginecologista.

Estudos anteriores mostram que cerca de 40% das mulheres que têm dificuldade em engravidar sofrem de endometriose. Assim, todos os tratamentos existentes atualmente para conter a doença não são satisfatórios para aquelas que querem ter filhos. Nesses casos, Petta recomenda remover as lesões cirurgicamente – método mais invasivo – e recorrer posteriormente a técnicas de reprodução assistida, como fertilização *in vitro* ou inseminação artificial.

Embora um passo importante tenha sido dado em direção ao combate da endometriose, ainda não se pode falar em cura, até porque suas origens são desconhecidas. “O que fazemos é tratar a dor provocada pelo problema, porque por mais que as lesões regridam, elas podem voltar ocasionalmente”, alerta o pesquisador, lembrando que qualquer que seja o método escolhido, o cuidado deve ser contínuo. Segundo Petta, além de tomar os medicamentos adequados com regularidade, é fundamental adquirir hábitos saudáveis, como uma dieta balanceada e uma rotina de exercícios físicos. “A combinação desses fatores contribuiu para o bem-estar geral das pacientes”, conclui.

**Lia Brum**  
Ciência Hoje/RJ

## ENGENHARIA DE ALIMENTOS

### DEFESA DO ORGANISMO EM TRÊS SABORES

Um novo iogurte benéfico à saúde foi desenvolvido por pesquisadores da Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). A bebida é composta por microrganismos presentes na flora intestinal que inibem bactérias prejudiciais ao organismo, como espécies do gênero *Salmonella* e *Clostridium* e a *Escherichia coli*. Trata-se do primeiro iogurte com tais propriedades produzido por brasileiros, apesar de já existirem semelhantes no mercado.

A bebida, feita com leite de soja, contém os já conhecidos lactobacilos e as não tão conhecidas bifidobactérias. Segundo o coordenador da pesquisa, o engenheiro de alimentos Francisco Maugeri Filho, da Unicamp, a combinação dos dois microrganismos faz com que a bebida atue de forma mais abrangente sobre o intestino do que outros iogurtes presentes no mercado. “Como os lactobacilos atuam no intestino delgado e as bifidobactérias no final do intestino grosso, temos todo o intestino protegido”, explica Maugeri.

Além de estimularem o sistema de defesa do organismo, os lactobacilos e as bifidobactérias ajudam no funcionamento do intestino e na produção de vitaminas, como



as do complexo B, e aminoácidos.

O bom funcionamento do iogurte é fruto da rápida proliferação dos microrganismos no intestino devido à presença de prebióticos na bebida. Esses compostos, presentes em baixíssima escala em frutas e cereais, mas concentrados no iogurte, são o alimento das bactérias probióticas. “Os prebióticos vão direto para o intestino, onde são absorvidos pelos microrganismos, que se reproduzem com certa vantagem em relação aos demais”, diz o engenheiro.

Por ser produzido com leite de soja, o iogurte, disponível em três sabores: natural, pêssego e morango, pode ser consumido por pessoas alérgicas aos derivados do leite. Ao contrário do produto de origem bovina, que pode causar problemas digestivos (por conter lactose) e desencadear outros processos alérgicos, o leite de soja pode ser ingerido sem efeitos prejudiciais.

A Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (Fapemig) concedeu, em agosto, R\$ 840 mil para a criação de três incubadoras de empresas de base tecnológica e a manutenção de outras 15 já existentes. Os recursos fazem parte do Programa de Inovação Tecnológica do Parque Industrial Mineiro, que tem como objetivo ajudar a desenvolver projetos de inovação em micro e pequenas empresas.

**Em defesa das onças-pintadas e pardas, uma organização não-governamental incentiva fazendeiros do Pantanal a não matar os felinos que se alimentam de seus rebanhos. Chamado Onça-Social, o projeto paga aos proprietários uma**



indenização de R\$ 300 a cada boi morto por onças. A meta é estabelecer uma área protegida de 300 mil hectares para esses animais, dentro de propriedades privadas. Para isso, a ONG, apoiada pela Conservação Internacional, ainda monitora a população de onças na região e busca outras formas de minimizar os prejuízos das fazendas parceiras com a perda das cabeças de gado: patrocina programas de assistência médica e odontológica para seus funcionários e estimula sua inserção no turismo ecológico.

# O retorno do safrol

**S**ubstância de grande importância para a indústria de perfumes, inseticidas e anti-sépticos, o safrol foi, até pouco tempo, produzido e exportado pelo Brasil em grande escala. A principal fonte do composto é a árvore denominada sassafrás (*Ocotea odorifera*), que acabou tendo seu corte proibido após anos de exploração irresponsável. A partir daí o óleo passou a ser importado de países como China e Vietnã, ao custo aproximado de US\$ 6 o litro.

Graças a um projeto que reúne o Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA) e o Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas (CCET) da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-PR),

um grupo de pesquisadores pretende retomar a produção do composto no Brasil, sem agredir a natureza. Por meio da construção de uma unidade-piloto, a equipe conseguiu obter o óleo do sassafrás a partir da destilação de galhos e folhas, sem precisar recorrer à derrubada da árvore.

Até então, o óleo era extraído do tronco, o que forçava as indústrias de destilação a cortar as árvores. Como o crescimento do sassafrás é extremamente lento e sua taxa de reprodução é baixíssima, a natureza não foi capaz de repor a quantidade de árvores eliminadas.

A exploração das florestas de sassafrás, formações típicas da região Sul do Brasil, teve início em 1940, quando 1.240 kg de óleo essencial foram extraídos dos troncos das árvores de matas virgens. Em 1941, essa produção subiu para 12 toneladas e, em apenas 20 anos, 117 destilarias já estavam instaladas no Paraná e em Santa Catarina. Como não houve qualquer tipo de manejo sustentável das florestas, e as árvores eram exploradas exclusivamente na base do extrativismo, em 1976 apenas 36 destilarias continuavam funcionando. As demais haviam fechado suas portas por falta de matéria-prima.

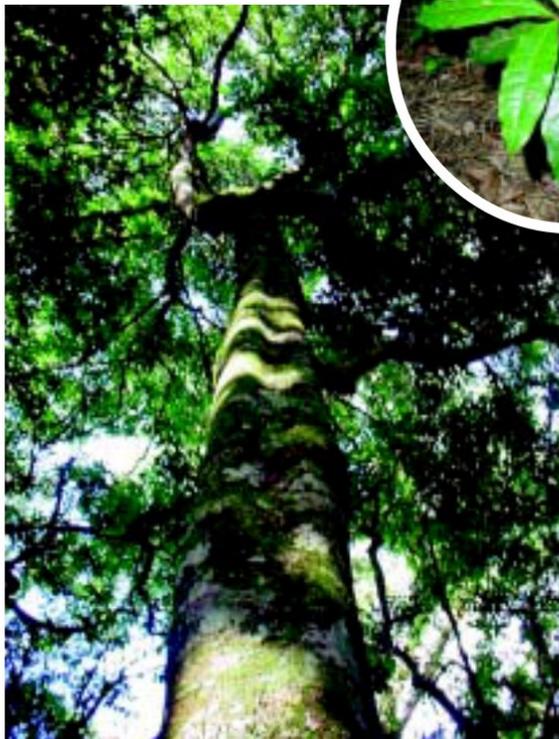
O processo de destruição das matas originais continuou até que, em 1992, o sassafrás passou a constar da lista de espécies em perigo de extinção. A tentativa de reflorestamento não foi bem-su-

cedida e, em 2001, o Conselho Nacional de Meio Ambiente proibiu seu corte em todo o território nacional. Como as destilarias dependiam da derrubada das árvores, foram obrigadas a suspender suas atividades.

No mesmo ano, o governo federal lançou um edital que incentivava pesquisas de espécies ameaçadas de extinção. Nessa época, pesquisadores liderados pelo agrônomo Sylvio Péllico Netto, do CCAA, faziam estudos na área florestal da fazenda experimental da PUC-PR, no município de Fazenda Rio Grande, que possuía áreas ainda não exploradas, e verificaram que lá ainda havia remanescentes de sassafrás.

A idéia de reflorestar áreas devastadas foi muito bem aceita por apresentar perspectiva diferente da dos estudos convencionais. Além de estudar biologicamente a espécie e, a partir daí, procurar as causas da redução da população e soluções de manejo para recompor áreas plantadas, a equipe da PUC-PR se propôs a resgatar a produção do safrol e dos óleos essenciais. O projeto trabalharia com sustentabilidade, abrangendo tanto o lado ecológico, de reconstituição das florestas, quanto o econômico, de produção de óleos. “A obtenção do safrol não se daria a partir da poda de árvores remanescentes; a meta é viabilizar o reflorestamento da espécie e, a partir de então, explorar o potencial econômico das folhas e galhos das árvores”, diz Péllico. “As podas são estudadas para que sejam feitos os cortes certos, nas quantidades certas e nos períodos certos, para não prejudicar a reprodução da espécie.”

Regeneração natural do sassafrás (*Ocotea odorifera*) (no detalhe). A árvore do sassafrás pode atingir 20 m de altura





Unidade-piloto da PUC-PR destinada à purificação do óleo de sassafrás

Durante os estudos, os pesquisadores verificaram que uma matriz de sassafrás gera um único descendente capaz de alcançar seu tamanho. Considerando-se que a árvore leva décadas para atingir 20 m de altura, é inviável pensar em manejo sustentável de uma floresta com corte e posterior reflorestamento.

Outro problema é a forma de reprodução da espécie. A frequência com que a árvore produz sementes é baixa e muitas das que caem no solo são consumidas por insetos e pequenos vertebrados. Como a reprodução assexuada, com indução da formação de raízes em estacas do caule, não deu resultado positivo, tenta-se agora induzir a reprodução por cultivo celular em laboratório. “Essa deve ser a forma mais efetiva de reprodução da espécie”, supõe Péllico.

### Óleo de galhos e folhas

Com a dificuldade de reprodução e o lento crescimento do sassafrás, parecia impossível conciliar reflorestamento e exploração de recursos, a menos que fosse viável extrair o óleo sem derrubar a árvore. “Mostramos que é possível produzir óleo a partir de galhos e folhas”, conta Péllico. Por poda, a quantidade de óleo extraído gira em torno de 2% da massa de galhos e folhas consumida na unidade de destilação. Isso representa até a metade do que se obtém usando-se o tronco do sassafrás, com a vantagem de manter a árvore em pé.

O processo tradicional de extração do safrol, chamado de araste por vapor, tem início com a fervura do tronco em uma caldeira com água. O óleo liberado pela madeira mistura-se ao vapor d’água. A mistura é resfriada e, posteriormente, o óleo se separa da água por decantação. O safrol é obtido em seguida, destilando-se o óleo.

A equipe do CCET da PUC-PR, coordenado pelo engenheiro químico Nei Hansen de Almeida, desenvolveu uma unidade-piloto destinada à extração e à separação do óleo do sassafrás. A unidade, com 10 m de altura, adota um processo de separação a vácuo. O óleo sobe sob pressão e, ao descer pela coluna, por um processo mecânico, os compostos são separados por densidade. O modelo, que é pioneiro no país, permite obter compostos com taxas de pureza da ordem de 97%.

Parte dos objetivos dos pesquisadores era baratear o custo de destilação do óleo para permitir que pequenos produtores utilizem a mesma tecnologia. Para que o reflorestamento seja efetivo, o projeto prevê consultoria a pequenos produtores interessados em extrair o óleo do sassafrás. Uma unidade como a construída na fazenda experimental deve custar entre R\$ 800 e R\$ 900 mil. Por isso, a idéia é que ela possa ser compartilhada por comunidades ou cooperativas.

### Célio Yano

Especial para *Ciência Hoje*/PR

## PARASITOLOGIA

### TOXOPLASMOSE MAIS FREQUENTE EM TRIBOS ISOLADAS

Durante anos, muitos pesquisadores acusaram o homem branco de transmitir diversas doenças aos índios. Mas um estudo realizado pelo Laboratório de Toxoplasmose do Instituto Oswaldo Cruz (IOC), da Fiocruz, mostra que algumas tribos indígenas ainda isoladas apresentam mais indícios do que os brancos de toxoplasmose, doença que se caracteriza por aumento dos gânglios linfáticos (ínguas), dores musculares e febre baixa – podendo ser confundida com a gripe –, e, na maioria dos casos, provoca sintomas leves, que desaparecem sem tratamento.

A pesquisa analisou amostras sanguíneas de índios pertencentes a três tribos com diferentes níveis de contato com populações não-indígenas. A primeira, a Tiriyo, localizada no Pará, apresenta maior infra-estrutura, semelhante a uma cidade do interior. A Waiãpi, no Amapá, tem contato frequente com outras populações. Por último, a Enawenê-nawê, no Mato Grosso, é considerada a mais isolada da cultura não-indígena.

“Para nossa surpresa, a tribo Enawenê-nawê apresentou maior percentual de índios com anticorpos contra o protozoário *Toxoplasma gondii*, causador da doença”, diz a parasitologista Maria Regina Reis Amendoeira, chefe do Laboratório de Toxoplasmose do IOC. Nas tribos Tiriyo e Waiãpi, o número de indivíduos infectados é de 55,6% e 59,6%, respectivamente, ocorrência semelhante à da cidade do Rio de Janeiro. Já entre os Enawenê-nawê, a infecção atinge 80,4%.

Segundo Amendoeira, esse índice pode ser justificado pelo costume da tribo de consumir cogumelos (fungos) retirados de lugares úmidos, onde é grande a frequência de felinos silvestres, que eliminam uma forma resistente do parasita através das fezes, contaminando o ambiente. Além disso, o consumo de água e alimentos contaminados pelo *T. gondii*, que também pode ser carregado nas patas de insetos, contribui para a infecção dos Enawenê-nawê.

“O estudo sugere que esses costumes indígenas facilitam a alta contaminação, principalmente entre os homens, que realizam a coleta de fungos”, afirma a pesquisadora. “Entretanto, apenas 10% dos infectados desenvolvem a doença, o que não representa uma situação grave”, completa.

# Acesso livre e rápido

**D**ar aulas, participar de reuniões e até usar equipamentos sofisticados a distância. Essas e outras aplicações, possibilitadas pelo avanço da tecnologia e da infra-estrutura de redes de comunicação e que até então ficavam restritas a poucos grupos, agora estão acessíveis a cerca de um milhão de usuários, entre alunos, professores e pesquisadores de entidades de diversas regiões do país. Em novembro deste ano, entrou em operação um sistema de alta velocidade – ainda sem nome definido – da Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP) que interliga universidades, instituições de pesquisa e agências do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) e do Ministério da Educação (MEC) com capacidade e qualidade iguais às das redes acadê-

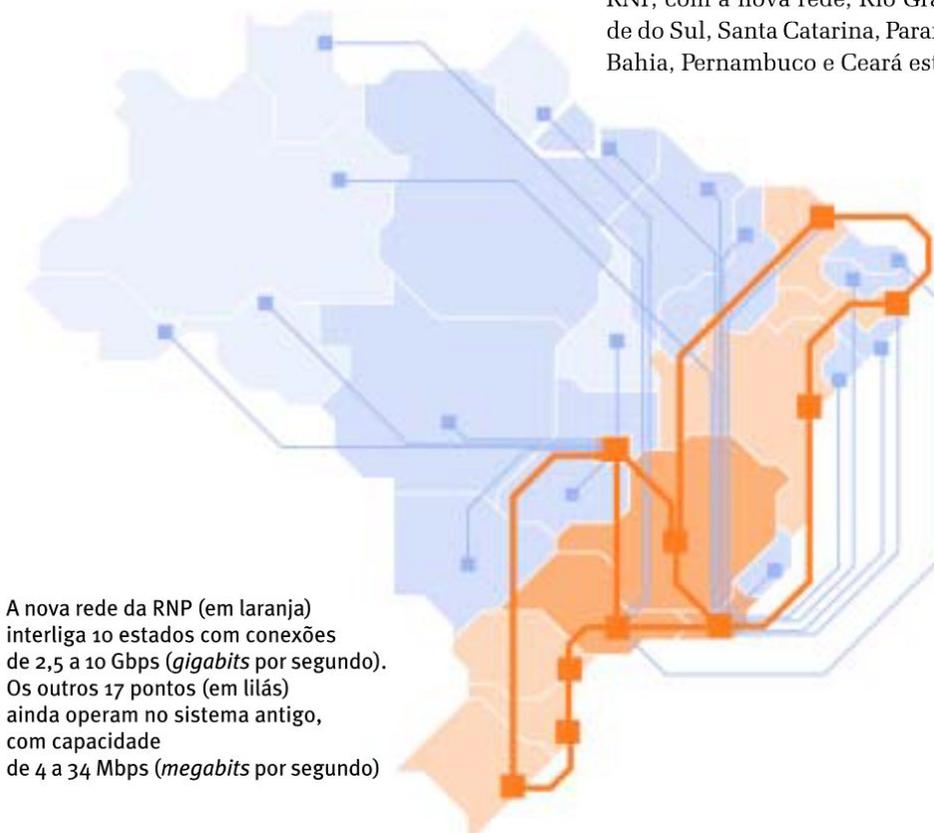
micas mais desenvolvidas do mundo. O novo sistema, instalado inicialmente em 10 estados, tem conexões de até 10 Gbps (gigabits por segundo) e vai facilitar a colaboração entre grupos de pesquisa em diversas áreas.

Desde 2000, a RNP mantém uma rede de comunicação interligando 27 pontos do território brasileiro, um em cada estado e no Distrito Federal. Cada ponto principal (chamado ponto de presença) está articulado a outras instituições do estado por conexões locais, formando uma ampla rede. Com a implantação do novo sistema em 10 desses pontos de presença, a capacidade de transmissão de dados total da rede, que antes era de 2,5 Gbps, passou para 60 Gbps. Segundo Nelson Simões, diretor-geral da RNP, com a nova rede, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, Bahia, Pernambuco e Ceará estão

interligados a 2,5 Gbps. São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e o Distrito Federal têm conexões com limite de 10 Gbps. “Isso significa 10 mil vezes a capacidade da conexão de banda larga mais rápida que podemos ter em nossa casa”, compara. E prevê: “Em quatro anos, essa rede estará funcionando em todos os estados brasileiros.”

Simões ressalta que as mudanças promovidas pela nova rede vão além do aumento da capacidade de transmissão. Nela, a forma como os pontos de presença estão interligados é inovadora. “É como se colocássemos a internet diretamente na fibra óptica, sem a intermediação de equipamentos e programas de computador convencionais”, explica, destacando que isso torna o sistema mais simples e mais barato, aumentando sua eficiência. O novo modelo foi elaborado pela RNP, em parceria com o Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações e várias universidades brasileiras, através do Projeto Giga, financiado pelo Fundo para o Desenvolvimento Tecnológico das Telecomunicações (Funttel). Em 2003, foi montada a rede óptica experimental do projeto para testar o sistema e desenvolver aplicações. Os equipamentos usados foram desenvolvidos por empresas de base tecnológica nacionais.

A nova rede foi lançada oficialmente no dia 17 de novembro, durante a 3ª Conferência Nacional de C,T&I, com a apresentação do Grupo de Dança Contemporânea da Escola de Dança da Universidade Federal da Bahia. O espetáculo, transmitido ao vivo, con-



A nova rede da RNP (em laranja) interliga 10 estados com conexões de 2,5 a 10 Gbps (*gigabits* por segundo). Os outros 17 pontos (em lilás) ainda operam no sistema antigo, com capacidade de 4 a 34 Mbps (*megabits* por segundo)

tou com a participação de cinco bailarinos em Brasília, cinco em Salvador e três músicos na Universidade Federal da Paraíba, todos interligados pela rede.

## Popularização da tecnologia

O diretor-geral da RNP afirma que a implantação da nova rede baseia-se no pressuposto de que a capacidade de transmissão de dados deve ser maior que a demanda dos usuários, para estimular e viabilizar o uso de novas aplicações tecnológicas. “A rede permitirá desde a realização de videoconferências até a operação de diversos equipamentos à distância, como aparelhos médicos e telescópios”, conta. Segundo ele, a intenção é popularizar o uso dessas ferramentas nas diferentes áreas do conhecimento, principalmente as que ainda não têm essa tradição. “Queremos que essas aplicações se tornem tão frequentes quanto o envio de um *e-mail*”, enfatiza.

Entre os estudos que podem se beneficiar com a nova rede, Simões cita o projeto VLBI (*Very Long Baseline Interferometry technique*), que reúne 30 instituições de diversos países, incluindo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), no Brasil, em uma rede mundial para apoiar programas de geodésia espacial (determinação das dimensões, forma, campo gravitacional e sistemas de coordenadas da Terra). Como parte dessa rede, uma antena de 14,2 m de diâmetro (chamada Rádio-observatório Espacial do Nordeste), instalada na cidade de Eusébio (CE), coleta duas vezes por semana em média, durante 24 horas, informações sobre rotação da Terra, geodinâmica, movimento de placas tectônicas, ondas sísmicas etc. Atualmente, esses dados são gravados em uma fita e enviados para o Observatório Naval (USNO), em Washington (Esta-

dos Unidos). “Com a nova rede, tudo poderá ser mandado pela internet”, diz.

Segundo Simões, grupos que recebem grande volume de informações do exterior, como os que trabalham com física de altas energias, e os que utilizam ferramentas que necessitam de colaboração com outras instituições, como os que estudam a biodiversidade, o clima e o tempo, também serão beneficiados pela nova rede. Além de garantir a diversas instituições o acesso à rede, a RNP vai apoiar comunidades específicas. Um dos projetos previstos para os próximos anos é a criação da Rede Virtual de Informações sobre a Biodiversidade Brasileira, que visa reunir e organizar as coleções herbárias, zoológicas e de microrganismos do país, hoje espalhadas por diversas instituições. “Vinte por cento da biodiversidade mundial está no Brasil e vem sendo inventariada há mais de cem anos”, revela. Os dados serão disponibilizados na internet, evitando, assim, a duplicidade de esforços e articulando as atividades já existentes. A infraestrutura e a tecnologia de comu-



nicação necessárias para a implantação da rede ficarão a cargo da RNP.

Simões destaca ainda projetos que já se beneficiam da estrutura da rede mantida pela RNP, como os da área de genômica e os de educação a distância. Ele conta que o Instituto de Matemática Pura e Aplicada (Impa) promove anualmente um curso de aperfeiçoamento para professores do ensino médio de todo o Brasil através da rede.

## Salto para o futuro

A iniciativa de prover o país com uma infra-estrutura de rede avançada para apoiar suas instituições

Com o aumento da capacidade de transmissão de dados de sua rede, a RNP pretende popularizar o uso de novas aplicações tecnológicas, como a videoconferência

## COMPROMISSO COM A COMUNICAÇÃO

**A Rede Nacional de Ensino e Pesquisa foi criada em 1989 como um projeto de pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) para disseminar o uso de redes no país, buscando uma forma barata e eficiente de comunicação para integrar as instituições nacionais. Após a implantação de uma rede na área acadêmica, a RNP passou a participar ativamente, entre 1995 e 1997, do desenvolvimento e da expansão da internet comercial no Brasil. Com a consolidação da internet, a entidade voltou-se novamente para o setor acadêmico. Hoje, a RNP é uma organização social vinculada ao Ministério da Ciência e Tecnologia e atende a 300 instituições, incluindo todas as universidades e unidades de pesquisa federais, centros federais de educação tecnológica, agências federais, vários sistemas estaduais de educação superior e importantes centros de pesquisa nacionais. O Programa Interministerial do MEC e do MCT, responsável pelos investimentos que mantêm a RNP, tem como meta para 2006 integrar também todas as escolas agrotécnicas federais.**

de ensino e pesquisa é fruto de uma visão integrada entre educação e ciência e tecnologia, que ganhou força em 2000, quando a RNP, vinculada ao MCT, passou a contar também com o apoio do MEC. “Essa união nos permitiu dar um salto”, diz Simões. “Antes, o país sempre estava uma ou duas gerações atrás dos países mais avançados; hoje alcançamos o mesmo patamar”, comemora.

Além da capacidade de transmissão de dados da rede montada pela RNP e das suas possíveis aplicações, Simões destaca a importância de sua integração com outras redes de pesquisa do mundo. Segundo ele, a entidade teve atuação marcante na implantação, em setembro de 2004, da Rede Clara, que interliga as redes acadêmicas de nove países da América Latina (Brasil, México, Venezuela, Argentina, Peru, Chile, Uruguai, Panamá e Costa Rica) diretamente às redes de ensino e pesquisa dos Estados Unidos e da Europa. “Através dessa integração, temos acesso também a conexões vindas da Ásia e Oceania pelo oceano Pacífico, como as do Japão, Coreia e Austrália”, acrescenta.

Simões ressalta a preocupação da RNP em fazer com que a alta capacidade e a qualidade proporcionadas pela nova rede não fiquem restritas aos pontos de presença e cheguem a todos os usuários espalhados pelo Brasil. Por isso, a entidade iniciou neste ano, com financiamento da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e em parceria com governos estaduais e municipais, o projeto Redes Comunitárias de Educação e Pesquisa (Redecomep), que pretende fornecer, até o fim de 2006, a infra-estrutura para a implantação de redes metropolitanas nas 27 cidades que abrigam esses pontos principais. Além disso, a RNP trabalha em conjunto com diversas instituições para resolver problemas de suas re-

des internas que acabam limitando os usos das aplicações acessíveis através da rede *gigabit*. “Não podemos pensar apenas nas rodovias federais; precisamos olhar também para as estradas vicinais e as casas”, compara. Segundo Simões, a RNP pretende ainda, nos próximos quatro anos, levar a qualidade da nova rede para instituições no interior, fora da Redecomep. “Os mais isolados são os que mais precisam, por exemplo, de videoconferências”, lembra.

O esforço da RNP para conservar o bom funcionamento da rede também fica evidente na área de segurança. Desde 1997, a entidade mantém o Centro de Atendimento a Incidentes de Segurança, que monitora eventos que ponham em risco a integridade do sistema. “A segurança é um aspecto importante para que todos se sintam estimulados a usar as aplicações de colaboração possibilitadas pela rede e seu desempenho seja sempre o melhor possível”, enfatiza Simões.

Para atingir suas metas, a RNP investe, desde 1990, no treinamento e na capacitação de recursos humanos na área de redes. Agora, a entidade está ampliando essas iniciativas com a implantação da Escola Superior de Redes, que oferece cursos técnicos, com ensino prático, voltado para o mercado de trabalho. A primeira unidade, em Brasília (DF), já está em funcionamento, e outras duas, no Rio de Janeiro (RJ) e em João Pessoa (PB), também vão iniciar suas atividades ainda este ano. “Nossa meta é ter uma unidade em cada ponto de presença da rede”, prevê Simões. “A formação de profissionais capacitados contribuirá para a manutenção da qualidade da rede até o usuário final”, conclui.

**Thaís Fernandes**  
*Ciência Hoje/RJ*

## LEITE CONDENSADO DE SOJA

Uma alternativa ao leite condensado de origem animal foi criada recentemente por estudantes do curso de Tecnologia de Alimentos do Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná (Cefet-PR). Trata-se do extrato condensado de soja, que, em comparação com o leite condensado convencional, reúne um número maior de propriedades funcionais. Ele é indicado, por exemplo, para mulheres que estão na menopausa e para quem precisa reduzir a taxa do mau colesterol (LDL). Além disso, pode ser consumido por pessoas impossibilitadas de ingerir derivados de leite por apresentar algum grau de alergia à lactose.

Testado por alunos e professores do próprio Cefet, o chamado leite condensado de soja recebeu 80% de aprovação. A tecnóloga de alimentos do Cefet Valéria Demarchi, que participou das pesquisas que levaram ao desenvolvimento do extrato, explica que a adição de chocolate, além de dar uma cor mais atraente ao produto, ressalta seu sabor. Na composição do novo produto, que pode ser usado em bolos, tortas e outros doces, entram basicamente leite de soja, açúcar, amido de milho e cacau em pó.

O custo de fabricação de 200 g do extrato em laboratório é de cerca de R\$ 1, mas deve cair quando o produto for produzido em escala industrial. “Isso certamente irá torná-lo bastante competitivo”, calcula Demarchi.

A intolerância à lactose é a incapacidade de alguns organismos de metabolizar o açúcar presente no leite e seus derivados. Algumas pessoas já nascem sem produzir lactase (enzima necessária à digestão da lactose), e outras podem apresentar o problema devido a intoxicações, lesões intestinais ou certas doenças crônicas. A ingestão de mais de dois copos de leite por dia pode, em alguns casos, produzir alterações abdominais e levar à diarreia.

**Os casos de infecção pela bactéria causadora da meningite, *Haemophilus influenzae*, caíram 83% em dois anos com a inclusão da vacina no calendário do Programa Nacional de Imunizações (PNI) do Ministério da Saúde. Estudo realizado por Antonio Eugênio Castro Cardoso de Almeida, do Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde (INCQS) da Fiocruz, indica, porém, que outros tipos de *H. influenzae*, antes raros, estão se tornando frequentes.**



**Stephen G. Perz**

*Departamento de Sociologia, Universidade da Flórida (Estados Unidos)*



**Carlos Souza Jr.**

*Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia*

## O dilema das estradas não-oficiais na Amazônia\*

**As estradas não-oficiais predominam atualmente na região amazônica. Imagens de satélite do centro-oeste do Pará revelam que essas estradas, que somavam 5.042 km em 1990, foram além de 20 mil km em 2001. Fenômeno ainda pouco estudado, sua abertura cria um dilema que merece exame atento por parte do poder público e dos pesquisadores que investigam a região. Se, por um lado, a abertura dessas estradas gera impactos ambientais e sociais, por outro ajuda a reduzir o isolamento em que vivem os habitantes das áreas rurais e a melhorar sua qualidade de vida. Esses aspectos ambivalentes sem dúvida tornam crucial a questão da governança que a construção dessas vias implica. Se ignorados, podem pôr em risco o futuro do ambiente e dos moradores da região.**

O desmatamento das florestas da Amazônia tem atraído a atenção nacional e internacional diante dos possíveis impactos no aquecimento global e na biodiversidade da região. Distintas correntes acadêmicas têm apontado causas diferentes para o problema. Mas, nos últimos anos, as políticas governamentais de desenvolvimento aparecem como o fator que mais estimula o desmatamento, principalmente quando se trata da construção de estradas. Assim, tem havido debates sobre as conseqüências do Programa Avança Brasil, especialmente sobre a pavimentação da BR-163, que liga os municípios de Cuiabá (MT) a Santarém (PA).

Com finalidades distintas e com impactos diferenciados na cobertura florestal, as estradas na Amazônia são construídas por diferentes atores sociais e podem ser classificadas em oficiais e

não-oficiais. As primeiras são rodovias inter-regionais, construídas tanto pelos governos estaduais como pela União. Um exemplo de estrada oficial é a BR-163, construída pelo governo federal com o objetivo de promover a integração econômica entre as regiões Sul-Sudeste e Norte. As estradas não-oficiais, conhecidas na região como ramais, são abertas pela iniciativa privada e têm abrangência local. Os principais responsáveis pela abertura dessas estradas são madeireiros, colonos, fazendeiros e garimpeiros, que as constroem para facilitar o acesso aos recursos naturais, principalmente a madeira e a terra. Essas estradas estão próximas umas das outras, formando uma densa rede de conexão local.

Imagens de satélite do centro-oeste do Pará analisadas pelo Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (Imazon) apontam

\* São co-autores deste trabalho: Eugênio Arima (Departamento de Geografia da Universidade Estadual de Michigan, EUA/Imazon); Marcellus Caldas (Departamento de Geografia da Universidade Estadual de Michigan, EUA/Universidade Federal da Bahia); Amintas de O. Brandão Jr. (Imazon); Francisco Kennedy A. de Souza (Centro de Estudos Latino-americanos da Universidade da Flórida, EUA/Universidade Federal do Acre); Robert Walker (Departamento de Geografia da Universidade Estadual de Michigan, EUA)

uma rápida expansão de estradas não-oficiais, que passaram de 5.042 km em 1990 para 20.769 km em 2001. As imagens mostram também que até 2001 aproximadamente 80% da extensão das estradas da região foram classificadas como não-oficiais e menos de 20% como rodovias oficiais.

A expansão de estradas não-oficiais, que são vetores de ocupação humana, causa grande preocupação ambiental devido ao forte impacto sobre a cobertura florestal. Assim, tais estradas promovem o desmatamento e fragmentam a cobertura florestal em blocos de floresta pequenos e irregulares. Essa fragmentação elimina habitats e cria espaços vazios que impedem a conexão entre diferentes áreas usadas por animais. Ao mesmo tempo, os fragmentos florestais se tornam susceptíveis ao crescimento de plantas invasoras e à propagação de fogo, que aumenta a taxa de mortalidade de espécies vegetais e reduz a biomassa. A degradação florestal decorrente dessa fragmentação também promove a erosão do solo e altera o clima regional.

### **Demanda por estradas não-oficiais**

As estradas não-oficiais se inserem em um contexto socioeconômico. Portanto, é preciso saber quem as constrói e por que o faz. Com o apoio do Experimento de Grande Escala Biosfera-Atmosfera da Amazônia, procuramos entender os aspectos políticos e econômicos associados à construção e à manutenção dessas estradas. Com base em entrevistas feitas com políticos, madeireiros, colonos e funcionários de instituições públicas no Pará, Mato Grosso e em Rondônia, percebemos a complexidade do processo, que inclui desde iniciativas empresariais até atos de coragem diante da pobreza e de tensões sociais.

Nos estados analisados, as empresas madeireiras estão entre os

principais atores da viabilização de estradas na Amazônia, sendo marcantes os investimentos feitos com esse objetivo. A competição para liderar o primeiro acesso a uma área rica em madeira tem estimulado a construção ilegal de estradas e contribuído para a ampliação de uma rede de vias irregulares em torno de mercados centrais. Ao longo de estradas oficiais como a BR-163 e a BR-230 (Transamazônica), as madeiras se expandiram em cidades fronteiriças, contribuindo para aumentar a extensão de estradas cujo objetivo era alcançar áreas de ocorrência de mogno e outras espécies de madeira com alto valor de mercado.

Apesar dos efeitos ambientais negativos, as estradas não-oficiais construídas por madeireiros têm beneficiado a população local, seja por meio da geração de emprego no setor madeireiro ou do acesso a cidades vizinhas durante todo o ano, inclusive no período de chuva, quando boa parte das estradas fica intransitável. Por isso tais estradas são vistas pelos moradores como cruciais para a melhoria de sua condição de vida.

Outro grupo social envolvido na construção de estradas não-oficiais são os colonos. Em decorrência de políticas governamentais de colonização, vários assentamentos foram criados ao longo de rodovias federais na década de 1970. Na Transamazônica, que corta o Pará no sentido leste-oeste, o governo federal construiu ramais de até 10 km a partir da rodovia principal no sentido norte-sul. Colonos foram assentados nesses 'travessões', mas uma rápida imigração foi estimulada pelos programas de assentamento, e a demanda por terra foi superior ao número de lotes demarcados pelo governo. Com isso, os próprios colonos ampliaram a extensão das estradas vicinais com o objetivo de atingir terras mais distantes.



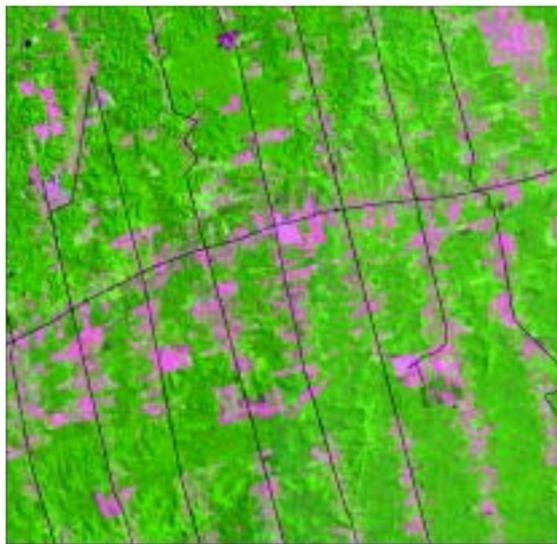
Nos anos 80, com a chegada da fronteira madeireira, os colonos passaram a recorrer às empresas do setor, com elas firmando um acordo: os madeireiros se responsabilizariam pela ampliação e manutenção das estradas em troca do acesso às espécies de madeira mais valiosas nas propriedades dos colonos. Com a transformação das áreas de colonização em municípios nos anos 90, os colonos passaram a ver os políticos locais como uma nova oportunidade para reivindicar a ampliação e manutenção de suas estradas em troca de voto. A construção e manutenção de estradas são uma prioridade em áreas de fronteira na Amazônia, pois estão diretamente ligadas à comercialização de produtos e geração de renda, e com o acesso à educação e à saúde pública.

Mas a construção de estradas não-oficiais também tem gerado tensões sociais. A escolha da rota de uma nova estrada pode ser objeto de intenso debate político, ▶

Acima, estrada não-oficial em boas condições construída por madeireiros e muito usada por moradores da região. Abaixo, estrada em mau estado construída pelo governo para assentamento de colonos



sobretudo se for feita por um ator social com interesses não compatíveis com os de outro grupo. As estradas construídas para exploração madeireira seguem uma direção específica e muitas vezes precisam cortar propriedades cujos donos não concordam com a rota proposta. Além disso, a ampliação de estradas não-oficiais em reservas indígenas e florestas nacionais cria conflitos relacionados com direitos fundiários. A demarcação da Reserva Indígena Arara, no sul da Transamazônica, por exemplo, se tornou polêmica principalmente porque algumas estradas não-oficiais abertas por colonos cortam a reserva.



Estradas oficiais e não-oficiais da Amazônia reveladas por foto de satélite. Na imagem, vê-se parte das rodovias Transamazônica (BR-230) e Cuiabá-Santarém (BR-163), no centro-oeste do Pará

### Uma questão de governança

As estradas não-oficiais provavelmente continuarão se expandindo na Amazônia. Aos impactos ecológicos e aos conflitos sociais que provocam se contrapõe o aumento da qualidade de vida de um grande número de pessoas na região. Esse dilema cria uma questão desafiadora: como manejar as estradas não-oficiais?

Debates recentes sobre o futuro da Amazônia têm se concentrado na questão do poder das comunidades de fronteira de se dedicarem à governança sustentável dos recursos naturais. Mas a governança dos recursos naturais tem ignorado a importância da construção de estradas não-oficiais. O mérito da questão se deve aos múltiplos fatores ecológicos, econômicos e políticos a ela associados e ao fato de as estradas serem construídas quase sempre ilegalmente. Sem essa consideração, o desenvolvimento sustentável da Amazônia deve ficar comprometido. A governança local geralmente valoriza mais a abertura e manutenção das estradas não-oficiais do que o esforço para coibi-las. Algumas estradas abertas e mantidas por madeireiros são de melhor qualidade e, portanto, mais utilizadas pela população.

O dilema apontado dificulta a busca de uma solução para o problema de como manejar a construção de estradas na Amazônia. A existência de estradas não-oficiais e a demanda local por essas

Foto de satélite obtida em 1999 mostra uma área do centro-oeste do Pará recortada por estradas não-oficiais

vias resultam de uma ausência governamental, seja como agente regulador e fiscalizador ou como planejador e fornecedor de infraestrutura. Portanto, a definição de políticas que visem encontrar uma saída para o dilema deve aumentar a governança estadual e federal. É preciso planejar a paisagem da Amazônia para evitar que áreas de grande interesse biológico ou social sejam danificadas devido à construção de estradas não-oficiais e ao consequente desmatamento. Para isso é preciso criar novas unidades de conservação, acelerar a titulação ou demarcação fundiária e fiscalizar as áreas localizadas em bordas de reservas. Várias propostas têm sido implementadas pelas agências federais brasileiras, como ações militares para destruir estradas ilegais através da Operação Timbó; propostas de criação de novas unidades de conservação pelo Ministério do Meio Ambiente; zoneamento econômico e ecológico; demarcação de reservas indígenas.

Mas reconhecemos que a ação isolada do Estado não será suficiente, uma vez que as estradas não-oficiais são construídas por diferentes grupos e demandadas por comunidades em áreas de fronteira. O Estado precisa atender à demanda local por melhor infraestrutura, sobretudo nas áreas mais povoadas ao longo das principais rodovias oficiais. Sem isso, haverá pouco apoio político para coibir a construção ilegal de estradas. As discussões sobre o asfaltamento da BR-163 revelam a importância de melhorar a infraestrutura regional e de ordenar a ocupação e a proteção de seu entorno por meio do combate à grilagem de terras e da criação de unidades de conservação. Esse tipo de atuação deve se estender aos municípios de fronteira para que a demanda de infraestrutura seja compatível com a necessidade de proteção ambiental. ■

**TEOLOGIA** Brasil se destaca no cenário mundial por produzir ciência teológica autêntica e criativa

# O que faz um teólogo?

**Paulo Fernando Dalla-Déa**

*Teólogo pastoralista, Escola Superior de Teologia de São Leopoldo (RS)*



**D**esde que o imperador Nero começou a perseguir cristãos, por volta dos anos 54-68, os seguidores de Cristo passaram a enfrentar o problema da relação entre a sua fé em Jesus e a religião pagã, esteio da dominação social daquele tempo. Nessa época, a religião e o culto aos deuses alicerçavam a relação entre as pessoas e a unidade social, fornecendo a fundamentação divina da dominação entre os homens em todas as regiões do mundo conhecido.

A primeira reação dos cristãos à perseguição de Nero e outros imperadores foi a de se esconderem em lugares ermos e pouco freqüentados, como cemitérios, e em casas de família. Após a primeira onda de perseguição, vieram outras, tendo sido necessário enfrentar o problema da defesa da fé cristã. Homens cultos e filósofos cristãos começaram então a escrever e a debater com filósofos pagãos, sacerdotes e políticos, tentando demonstrar que a fé cristã não era prejudicial à sociedade e que o culto cristão não se punha de todo contra a lei e os costumes romanos, pregando a obediência à lei e favorecendo órfãos, viúvas e pobres.

Desse estado de coisas, nasceu o teólogo: um homem (em alguns momentos da história houve também mulheres) letrado, culto, versado em filosofia grega e latina e, às vezes, em direito romano – e que era também um homem de fé. O primeiro teólogo que conhecemos foi Justino, mártir (século 2). Esses primeiros teólogos foram chamados de apologistas (defensores da fé) e viveram no período que se estendeu até o século 4.

Assim nasceu a ‘profissão’ de teólogo: um filósofo cristão que devia dar para si e para os outros a razão de sua fé, enfrentando o perigo de morrer por ela. Ele era o porta-voz oficial de uma comunidade composta sobretudo por irmãos de fé que tinham pouca ou nenhuma instrução, mas estavam comprometidos com o projeto de Jesus Cristo.

Passado o período das perseguições, o imperador Constantino (por volta do ano 330) permitiu que os cristãos tivessem liberdade de culto; em 392 o imperador Teodósio oficializou a religião cristã. Surgiram então teólogos que eram bispos e foram chamados de ‘pais da Igreja’, por sua grande erudição, pela reflexão da fé ligada a temas do cotidiano e pela relevância da reflexão na vida da Igreja. Muitos atuavam como bispos em suas dioceses e outros eram leigos. Mas a profissão de teólogo só surgiu bem mais tarde, e esse profissional tinha dificuldade para se sustentar, a menos que fosse rico ou pertencesse ao mundo eclesiástico, como diácono, padre ou bispo.

Agostinho (354-430) é o principal nome desse período, que se estende do século 5 ao 9.

Se o primeiro momento foi marcado pela defesa da fé contra os acusadores, o novo período se caracterizará pelo uso do instrumental teórico da filosofia e das ciências da época para resolver os problemas eclesiásticos e teóricos sobre Deus e a religião. A partir do século 10 surgiram as primeiras universidades (lugar do ensino universal), abrigadas sob o manto da igreja católica. As primeiras foram as de Salerno e Bologna, na Itália. A partir de sua fundação, surgiram as primeiras cátedras de teologia, considerada já a ‘rainha das ciências’. Era a teologia que devia julgar a veracidade das outras ciências. Nasci-

da pobre e perseguida, a teologia tinha se tornado a grande aristocrata do conhecimento humano.

Essa é a teologia medieval. Agora, o teólogo é um homem respeitável, capaz de se sustentar com seu próprio salário, pago pela universidade.

A profissão de teólogo nasceu com as universidades européias e se difundiu por todo o Ocidente.

Desse período, podemos destacar **Tomás de Aquino**

(1227-1274) e Boaventura (1221-1274), ambos professores da novata Universidade de Paris, fundada no século 13.

No século 16, as idéias teológicas se desenvolveram com o nascimento do movimento protestante, dividido em luteranos, calvinistas, batistas, anglicanos e outros. Nos séculos 19 e 20, o movimento ecumênico veio suprir a necessidade de diálogo e de ação mútua em um mundo dividido e anti-solidário. A partir de 1948, as igrejas protestantes passaram a se reunir em um Conselho Mundial de Igrejas, com o objetivo de dar unidade de pensamento e ação às mais diversas teologias protestantes. Por volta de 1960, a Igreja Católica Romana promoveu o Concílio Vaticano II, encontro internacional de bispos e teólogos para dialogar com a sociedade. Nesse diálogo internacional de pensamento e ação, os teólogos tiveram importante papel.

Aproveitando a experiência acumulada em séculos de ensino e reflexão, a teologia acabou se dividindo em grandes ramos: a teologia bíblica, que reflete sobre a *Bíblia* e sua relação com as ciências; a teologia sistemática (ou dogmática), que reflete sobre as verdades da fé (dogmas) e temas relacionados com outras ciências; e a teologia prática (ou pastoral), que reflete sobre a fé e os problemas ligados à vida das pessoas e da Igreja. Assim, o teólogo é um indivíduo de fé que reflete, ensina e se questiona sobre a fé e sua eficácia no mundo, partindo de um ponto de vista que leva em conta o texto bíblico e considera o estágio de desenvolvimento da sociedade e da cultura, à luz das descobertas científicas. É um homem que deve pensar e criticar a fé para que ela seja mais fiel a Deus e aos homens. Assim, ajuda as igrejas (a sua e as outras igrejas

cristãs) a dar respostas válidas aos questionamentos da sociedade, composta de cristãos e não cristãos.

### A pessoa do teólogo

O teólogo é uma espécie de porta-voz de sua comunidade eclesial, pois fala em nome dela. Mas tem também a função de questionar a fé e avaliá-la de forma a torná-la compreensível aos homens de seu tempo. É, portanto, um indivíduo aberto, curioso e questionador, que não se esquiva de arrolar a fé (sua e de sua comunidade eclesial) nesse processo.

O teólogo deve ter coragem para questionar a própria fé, maturidade intelectual para extrair da reflexão de outros teólogos respostas para as suas próprias indagações e sensibilidade para ouvir e sentir o clamor dos homens de seu

tempo. Isso, sem abandonar o método científico, próprio das ciências e condição mínima para uma reflexão ajustada e séria. Por tais razões, um bom teólogo nunca se faz antes dos 30 ou 40 anos, por mais genial que seja.

Assim, o teólogo deve preocupar-se com a questão da fé e sua decorrência na sociedade contemporânea. Nada mais atual em um mundo onde a religião é usada com os mais diversos fins. Leitura da *Bíblia*, ética, bioética, guerra, desemprego, sexualidade, comunidades eclesiais, apocalipse, problemas de gênero e exclusões várias – tudo isso e muito mais deve fazer parte das reflexões de um teólogo. A teologia não é coisa do passado, ao contrário, está cada vez mais viva no presente. Se não soubermos usá-la, ela poderá se voltar contra nós, por meio de pessoas e grupos que a usam para o mal, para a exploração e a divisão da sociedade. Uma teologia que alicerça a dominação pode ser tudo, menos cristã; é idolatria disfarçada de teologia. E o teólogo deve atuar no sentido de discernir o joio do trigo.

### Teologia para a sociedade atual

A teologia contemporânea partiu para outras abordagens, deixando de pensar as coisas de cima para baixo (Deus – homem), para considerá-las principalmente de baixo para cima (homem – Deus). Assim, tem estabelecido um compromisso cada vez mais horizontalista e comunitário (o homem a serviço do homem, por causa de Deus) e menos verticalista e egocêntrico (o homem a serviço de Deus). O teólogo dos dias atuais está preocupado com a felicidade e a salvação do homem – mas tais condi-

**O teólogo é uma espécie de porta-voz de sua comunidade eclesial, pois fala em nome dela. Mas tem também a função de questionar a fé e avaliá-la de forma a torná-la compreensível aos homens de seu tempo**



ções só podem ser alcançadas quando o homem serve a outro homem, combatendo a injustiça e precognizando a solidariedade.

O ponto de partida das teologias dos tempos que correm tem sido não mais Deus em si mesmo, mas Deus enquanto salvador do homem pela revelação de Cristo. A indignação frente ao mal, além de ser um motor capaz de mover as engrenagens de um mundo mais solidário, é também combustível para uma nova reflexão sobre Deus e seu agir no mundo, para uma nova leitura da *Bíblia* e para uma nova fonte de espiritualidade (oração que motiva a ação).

Assim, a teologia sistemática partiu para reflexões menos dependentes da filosofia e que dialogam mais com as ciências sociais. A teologia bíblica deixou as interpretações fundamentalistas ou alegorizantes (apresentação de idéias por imagens poéticas) e passou a fazer análises mais fundadas em interpretações lingüísticas e estruturalistas. A teologia prática, ramo mais novo da teologia, passou a refletir sobre as questões das comunidades, da ética e do cuidado com as pessoas, dialogando com a psicologia, a pedagogia, as ciências da saúde, a psicologia de grupo, o *marketing*, a história da arte e a comunicação.

A teologia é uma ciência humana sempre pronta a aprender com o seu passado e o seu presente, e sempre aberta para o futuro. Hoje os teólogos aju-

dam a repensar o ensino religioso escolar, além de assessorar jornalistas, comentaristas e roteiristas de novelas para a televisão. Além disso, prestam consultoria a padres, pastores, professores e profissionais liberais. Se até 1950 os teólogos deviam ser padres e pastores, hoje há um sem-número de teólogos leigos, homens e mulheres, que refletem sobre os mais diversos problemas humanos à luz da teologia. O Brasil reúne um expressivo número de teólogos, alguns dos quais ajudaram a repensar campos importantes da teologia e da vida humana. Os nomes mais conhecidos são Clodovis e Leonardo Boff, Rubem Alves, Maria Clara Bingemer e João Batista Libânio. Conhecido como educador de renome internacional, Paulo Freire foi teólogo de não menor importância.

Embora o teólogo brasileiro ainda viva de aulas, conferências e de direitos autorais de livros e outros escritos, a teologia abre um vasto campo para seus profissionais. E ousou fazer uma afirmação polêmica: o Brasil tem hoje nomes mais expressivos no campo da teologia do que no da filosofia. Grande parte da nossa filosofia tem sido importada, mas muito da nossa teologia tem sido produzida genuína e criativamente por nós, brasileiros. E muitos teólogos estrangeiros nela têm se inspirado para realizar trabalhos pastorais em comunidades eclesiais da Europa, dos Estados Unidos e de outros países. ■

**Einstein**

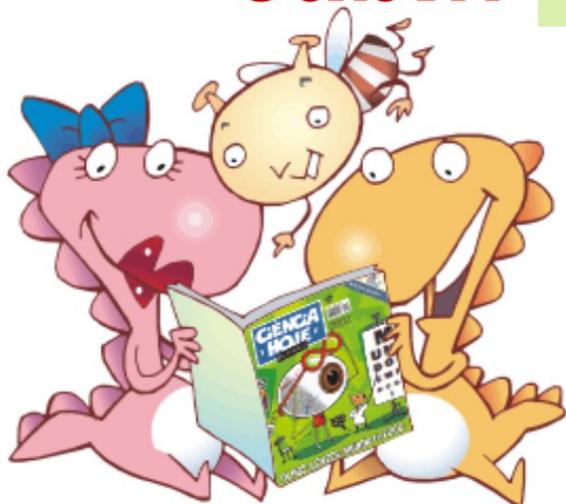
**Pasteur**

**Da Vinci**

**Sabin**

**Galileu**

**Newton**



Eles não liam  
**Ciência Hoje das Crianças.**  
Imagine se tivessem lido...

**ASSINE**

**0800-7278999**

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



Figura 1. A saúva *Atta robusta* está na lista de espécies da fauna brasileira ameaçadas de extinção

**BIOLOGIA DA CONSERVAÇÃO** Destruição do hábitat e combate excessivo podem extinguir formigas

## Cortadeiras sob ameaça

Várias espécies de formigas vivem em ambientes restritos, que vêm sofrendo intensa ocupação humana nas últimas décadas. Entre elas estão formigas-cortadeiras, assim chamadas pelo hábito de cortar as folhas das plantas. Como algumas atacam culturas agrícolas, as cortadeiras são fortemente combatidas, o que pode afetar espécies menos danosas à agricultura. Esse combate generalizado e a destruição de seus habitats já levou duas espécies de cortadeiras, *Atta robusta* e *Acromyrmex diasi*, à lista da fauna brasileira ameaçada de extinção. Por **Danival José de Souza** (doutorando), *Instituto de Pesquisa sobre a Biologia de Insetos, Faculdade de Ciências e Técnicas, Universidade François Rabelais* (Tours, França).

O título deste trabalho pode parecer estranho, já que as formigas-cortadeiras em geral são vistas como uma ameaça, devido aos prejuízos que causam à agricultura. No entanto, a lista da fauna brasileira ameaçada de extinção inclui duas espécies desse grupo, *Atta robusta* e *Acromyrmex diasi*, ambas consideradas ‘vulneráveis’, por causa da redução da população e/ou da área de ocorrência. Também estão na lista, elaborada pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

(Ibama), duas espécies de formigas não cortadeiras: *Dinoponera lucida* (na categoria vulnerável) e *Simopelta minima* (já extinta).

Conhecidas popularmente como saúvas (as do gênero *Atta*) (figura 1) ou quenquéns (as do gênero *Acromyrmex*), as formigas-cortadeiras são assim chamadas em função do hábito de cortar partes verdes de plantas e levá-las para dentro dos formigueiros, onde servem como substrato para o cultivo de um fungo, do qual esses insetos se alimentam. A

fungicultura pelas formigas surgiu na América do Sul há cerca de 50 ou 60 milhões de anos em um ancestral das formigas da tribo Attini, que integra a subfamília Myrmicinae. Essa tribo, restrita às Américas, inclui atualmente 210 espécies descritas em 13 gêneros, e todas dependem dessa associação obrigatória (denominada simbiose) com o fungo.

Existem, porém, diferentes formas de cultivo do fungo. As espécies dos gêneros *Atta* e *Acromyrmex* cortam basicamente partes verdes de plantas com essa finalidade. Já as formigas dos demais gêneros da tribo Attini geralmente não cortam partes verdes de plantas (apenas poucos gêneros o fazem, mas em quantidade mínima). Em vez disso, usam, principalmente, partes mortas das plantas, além de frutos e flores caídos no chão, fezes e carcaças de outros insetos.

### Poucas espécies são pragas

O hábito de cortar folhas faz com que algumas espécies dos gêneros *Atta* e *Acromyrmex* prejudiquem setores da agricultura, entre eles as culturas de eucalipto, laranja e cana-de-açúcar. No entanto, apenas poucas espécies, adaptadas a habitats simplificados e a certas práticas agrícolas, causam danos significativos às plantas cultivadas. O método mais comumente empregado para combater essas formigas tem sido o uso indiscriminado de iscas tóxicas, sem levar em conta a espécie ou o nível dos danos. Com isso, podem ser prejudicadas muitas formigas que não são pragas agrícolas, e até outros organismos.

A maioria das formigas-cortadeiras permanece restrita a seu ambiente natural, sendo poucas as espécies capazes de se adaptar a áreas alteradas pela ocupação ou por atividades humanas – é o caso, por exemplo, de *Atta sexdens*. Diversas formigas-cortadeiras são endêmicas de algumas regiões brasileiras (ou seja, só existem ali) e parecem depender de condições e recursos restritos. Esse é o caso das duas espécies que aparecem na lista da fauna ameaçada.

Acreditou-se por muito tempo que *Atta robusta* – popularmente chamada de saúva-preta – estivesse restrita ao litoral do estado do Rio de Janeiro. Recen-



temente, a espécie foi encontrada também no litoral norte do Espírito Santo, mais precisamente em ambiente de restinga. Mas sua situação não melhora muito, visto que a vegetação nessa nova aérea de ocorrência está fortemente ameaçada. Seus ninhos são muitos superficiais, em comparação com os de outras espécies do gênero, o que torna *A. robusta* mais vulnerável, e a densidade populacional da espécie é baixa nas áreas estudadas.

Já *Acromyrmex diasi* tem distribuição conhecida no estado de São Paulo e no Distrito Federal. A espécie exibe um comportamento interessante em áreas alagadas: as operárias constroem corredores elevados e pontes com folhas secas, o que permite a ocupação dessas áreas e a sobrevivência da colônia. Trata-se de um bom exemplo de construções feitas por insetos para adaptar-se a condições ambientais. Essa formiga entrou para a categoria vulnerável devido à acelerada ocupação do cerrado nos últimos anos, mas também é afetada pela distribuição indiscriminada de iscas tóxicas para o controle de formigas consideradas pragas de lavouras.

### Preservação incompreendida

Como algumas espécies de formigas-cortadeiras representam pragas importantes para a agricultura, as medidas para sua preservação esbarram em problemas éticos e incompreensões por parte da sociedade. Isso ocorre porque não é fácil convencer as pessoas da importância do papel ecológico dessas espécies. Elas não trazem só prejuízos, pois também são responsáveis por benefícios como a aeração do solo e a dispersão de sementes, e ainda servem como alimento para outros animais. Segundo o entomólogo Harold Fowler, da Universidade Estadual Paulista em Rio Claro (SP), *A. robusta* (figura 2) é uma espécie-chave em seu ambiente, onde centenas de plantas e animais dependem dela para sua existência. Portanto, sua extinção levaria a uma redução significativa na biodiversidade local. Essa importância permite que a presença da espécie possa ser usada como um indicador da integridade do habitat.

O Brasil apresenta imensa diversidade biológica, mas muitas espécies da fauna nacional correm o risco de desaparecer sem que conheçamos aspectos básicos de sua biologia. Essa é a situação das formigas-cortadeiras que correm risco de extinção, já que ainda há poucas informações científicas sobre essas espécies. Grande parte dos estudos conduzidos no país sobre as formigas-cortadeiras foi motivada mais por sua condição de praga do que por seu papel ecológico. Outro argumento em favor dessas formigas é o fato de que cada organismo existente hoje resultou de um longo processo de evolução. Assim, quando uma espécie é extinta, também desaparecem milhões de anos de história biológica. ■

Figura 2. Embora seja uma formiga importante em seu ambiente, existem poucos estudos sobre o papel ecológico de *A. robusta*

**MEDICINA VETERINÁRIA** Dosagem de hormônios nas fezes permite estudar animais ameaçados

# Chave para a preservação

A preservação e o manejo de espécies ameaçadas de extinção só é possível se conhecermos profundamente sua biologia reprodutiva. Em geral, esse estudo exige o uso de amostras de tecidos ou de sangue, difíceis de obter em animais silvestres. O problema pode ser superado por outra técnica, a dosagem de hormônios nas fezes, que vem permitindo aprender cada vez mais sobre a fisiologia desses animais, sem interferência direta em seu hábitat ou seu comportamento. Por **Marie-Odile Monier Chelini** (mestranda), da *Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo*.

**C**ampeão mundial da biodiversidade, o Brasil, infelizmente, está ao mesmo tempo muito 'bem' colocado na lista dos países com números maiores de espécies animais ameaçadas de extinção. A preservação dessa fauna, no ambiente natural ou em cativeiro, pressupõe um conhecimento aprofundado de sua biologia, algo que ainda estamos longe de ter. Como podemos, por exemplo, otimizar a reprodução dos pequenos felinos ou dos primatas brasileiros em nossos jardins zoológicos, se não sabemos quase nada ainda sobre sua biologia reprodutiva?

A simples observação do comportamento – aliás, nem sempre fácil de realizar – pode ser suficiente

para revelar a duração da gestação, o número de filhotes paridos e o período de amamentação. Já informações sobre a duração do ciclo ovariano ou sobre o momento em que a fêmea é mais receptiva e/ou mais fértil requerem investigações hormonais, normalmente realizadas em amostras de sangue.

Na imensa maioria dos casos, a coleta de apenas uma amostra de sangue de um animal selvagem, mesmo em cativeiro, sem perigo para este ou para quem faz a coleta, exige uma anestesia geral (figura 1). Imaginemos, então, uma pesquisa sobre como varia a concentração sanguínea de um determinado hormônio (a progesterona, por exemplo) durante

FOTO DE JOÃO ROSSI

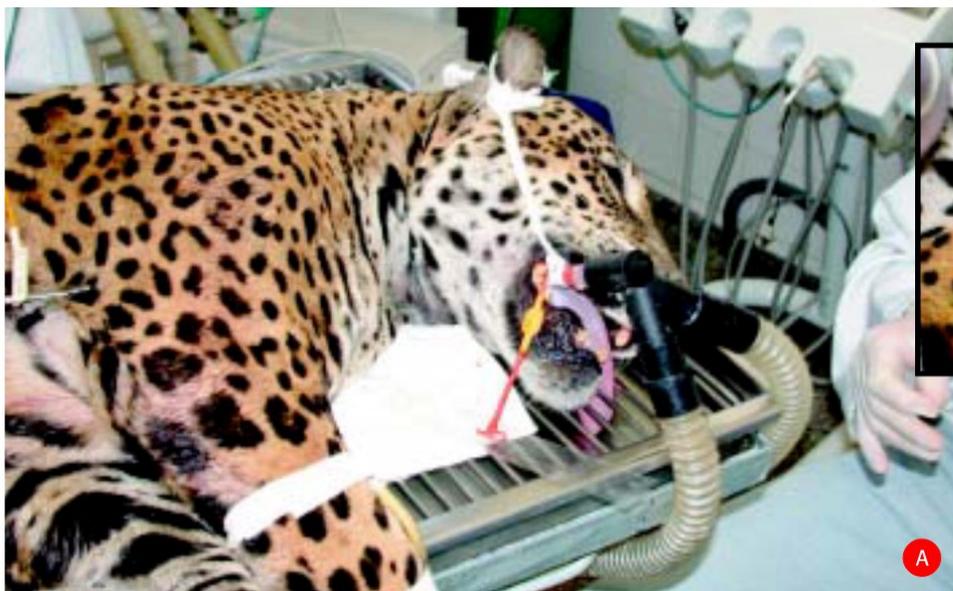


FOTO DE PRISCILA VIAN

Figura 1. Animais selvagens, como a onça-pintada, precisam ser anestesiados (A) para que se possa coletar seu sangue (B)



Figura 2. As amostras de fezes dos animais estudados são pesadas em balanças de precisão antes da dosagem dos hormônios

os três meses da gestação de uma onça-pintada (*Panthera onca*). O ideal seria medir essa concentração todos os dias, ou ao menos em dias alternados. Isso significa anestésiar o animal a cada dois dias, o que é um absurdo. Em primeiro lugar, a anestesia não é inócua a ponto de poder ser repetida com tal frequência sem problemas. Além disso, o estresse causado ao animal seria tão grande que talvez alterasse todo o seu equilíbrio hormonal, o que não só invalidaria os resultados, mas poderia provocar um aborto.

Felizmente, parte dos hormônios que circulam em um organismo é excretada na urina e/ou nas fezes. A medicina humana aproveita esse fato há muito tempo. Um exemplo são os testes de gravidez vendidos nas farmácias, baseados na detecção, na urina da mulher grávida, de um hormônio conhecido como  $\beta$ -HCG. Procedimentos semelhantes podem ser usados com animais selvagens, evitando coletas de sangue.

### Os hormônios sexuais

Conseguir amostras de urina de animais selvagens não é uma tarefa muito fácil. Já recolher suas fezes, no recinto em que são mantidos em cativeiro ou no solo, em seu ambiente natural, é relativamente simples. Obtido o material, é iniciado o trabalho laboratorial, como o que vem sendo realizado no Laboratório de Dosagens Hormonais (LDH) da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, pela equipe do veterinário Cláudio Alvarenga de Oliveira.

As fezes são geralmente acondicionadas em sacos plásticos hermeticamente fechados, com a data e identificação (figura 2). É essencial que o pesquisador tenha a certeza de que as fezes são do animal

que ele está estudando. Um truque para isso, quando no mesmo recinto vivem diversos outros animais, é oferecer ao animal de interesse uma guloseima colorida com um corante, como os usados nos bolos de aniversário. Alguns desses corantes não são bem digeridos (particularmente pelos carnívoros) e colorem as fezes. Usando corantes diferentes, é possível estudar vários animais ao mesmo tempo.

Alguns animais têm fezes bastante úmidas. Nesse caso, é preciso secá-las em um liofilizador antes da extração dos hormônios, para tornar mais precisas as medidas de concentração. Os hormônios pesquisados com maior frequência são os esteróides (como os hormônios sexuais estradiol, progesterona e testosterona) e o cortisol. A natureza química de todos é lipídica, o que os torna solúveis em álcoois (etanol ou metanol) ou no éter de petróleo. A extração segue procedimentos desenvolvidos em laboratórios do mundo inteiro, e os mais usados no LDH utilizam o etanol, barato e menos tóxico que o éter de petróleo.

A dosagem dos hormônios é feita com kits comerciais de análise. Como esses métodos são geralmente desenvolvidos para uso com sangue humano, é necessário, para cada espécie animal e cada hormônio, verificar se funcionam adequadamente com o extrato fecal. Também é preciso checar se as concentrações dos hormônios nas fezes refletem os seus níveis no sangue. O ideal é realizar dosagens em paralelo no sangue e nas fezes sempre que se trabalha com uma espécie pela primeira vez.

Isso é possível nos animais domésticos, e foi o objeto de uma tese de mestrado realizada no LDH. A gestação de cabras (*Capra hircus*) foi acompanhada, coletando-se, em paralelo, amostras de sangue e de fezes e dosando, nestas, o estradiol e a progesterona. Esse estudo comprovou que, quando a concentração desses hormônios no sangue varia, essa variação também acontece nas fezes (figura 3). O trabalho, além de facilitar de agora em diante o diagnóstico de gestação nas cabras, é ponto de partida para pesquisas semelhantes envolvendo diversas espécies de cervídeos, como o veado-catingueiro (*Mazama gouazoubira*) ou o cervo-do-pantanal (*Blastocerus dichotomus*). ▶



Figura 3. Ao longo da gestação das cabras, as concentrações de progesterona no sangue (em vermelho) e nas fezes (em verde) variaram de modo semelhante



FOTO DE ABRINIA CARZUTTO

Na maioria dos casos, porém, a análise paralela não é possível. Tenta-se, então, relacionar as variações dos níveis hormonais nas fezes com eventos biológicos facilmente observáveis – a prenhez, por exemplo, pode ser acompanhada visualmente assim que a ‘barriga’ aparece. A concentração de progesterona no sangue, na maioria dos mamíferos nos quais foi medida, aumenta quando o animal está prenhe. Se nesse período também é constatada, nas fezes, um aumento na concentração desse hormônio, é bem provável que isso seja o reflexo de uma elevação da concentração no sangue. Isso se chama validação fisiológica. Com base nesse pressuposto, o LDH descreveu, quantificando os hormônios nas fezes, os ciclos ovarianos da onça-pin-

tada, do gato-mourisco (*Herpailurus yagouaroundi*) (figura 4), da cutia (*Dasyprocta aguti*), do peixe-boi (*Trichechus inunguis*) e de macacos-bugio (*Alouatta fusca* e *A. caraya*).

### O hormônio do estresse

O cortisol é outro hormônio esteróide que pode ser dosado nas fezes. Sua secreção pela glândula adrenal aumenta quando um animal é exposto a uma situação de estresse. Isso faz da sua concentração no sangue um indicador bastante confiável do nível de estresse a que o animal está submetido. Assim, pode-se avaliar – com base nos níveis de cortisol no organismo – se certas situações que o animal enfrenta em sua vida livre ou em cativeiro

Figura 4. O gato-mourisco, um dos pequenos felinos brasileiros menos conhecidos, é um dos animais pesquisados através da dosagem de hormônios nas fezes



FOTO DE PATRÍCIA BERGANE

FOTO DE JOÃO ROSSI  
 Figura 5. A dosagem de hormônios nas fezes vem ajudando a estudar o nível de estresse de lobos-guarás em cativeiro

(em um zoológico, por exemplo) o deixam estressado, afetando a sua saúde e mesmo sua capacidade de reprodução.

Entretanto, essa pesquisa será prejudicada se for realizada através de coletas de sangue, já que não é difícil imaginar o quanto essa coleta, mesmo em um animal doméstico, pode ser estressante e alterar, por si só, os níveis de cortisol. Não há como saber em que proporção as alterações registradas decorrem do evento estudado ou da própria coleta. O problema pode ser resolvido com a dosagem do hormônio nas fezes. Coletar fezes antes e após o evento não exige qualquer interação com os animais e, portanto, não altera seus níveis de cortisol. Assim, eventuais variações nas dosagens poderão ser atribuídas, com maior segurança, ao evento analisado.

Um exemplo está nos comportamentos anormais para a espécie apresentados muitas vezes por lobos-guarás (*Chrysocyon brachyurus*) nos zoológicos, como andar compulsivamente de um lado a outro do recinto (figura 5). É provável que tais comportamentos estejam ligados ao tédio e ao estresse do cativeiro e talvez possam ser amenizados com o enriquecimento do ambiente. Até que ponto algumas alterações simples de manejo, como esconder parte do seu alimento em diferentes pontos do recinto ou oferecer brinquedos adaptados, podem melhorar sua qualidade de vida? O estudo da evolução dos níveis de cortisol nas fezes antes e depois das mudanças forneceu os primeiros elementos da resposta a essa pergunta. Um trabalho parecido vem sendo realizado com chimpanzés de cativeiro para determinar o quanto melhorias efetuadas nos recintos contribuem para o seu bem-estar.

Apesar das muitas vantagens, supor que a dosagem dos hormônios fecais pode substituir a determinação das concentrações sanguíneas seria ingênuo. Uma das principais diferenças entre as duas técnicas está na significação de seus resultados. A concentração medida no sangue é a do momento exato da coleta. Assim, coletas repetidas permi-



tem detectar de modo bastante preciso as oscilações dos níveis dos hormônios no sangue, e uma coleta isolada pode não mostrar um pico importante, mas de curta duração, ocorrido pouco antes ou pouco depois. Já as concentrações medidas nas fezes refletem os níveis médios de hormônios no período em que essas fezes foram produzidas no organismo do animal. Se houve um pico em um dia, no dia seguinte a concentração fecal média provavelmente será mais alta. Não será possível determinar o horário preciso em que o pico ocorreu, mas, em compensação, o risco de ele não ser detectado é bem menor.

Um dos caminhos mais promissores para a preservação de espécies animais ameaçadas de extinção envolve o uso de técnicas de ponta de reprodução assistida, como a inseminação artificial, a transferência de embriões ou mesmo a clonagem. Tais métodos requerem, para ser eficientes, um profundo conhecimento da fisiologia reprodutiva dessas espécies. As informações fornecidas pelo estudo dos hormônios fecais estão na base de trabalhos nessa área desenvolvidos por diversas equipes de pesquisa, em cooperação com diversos zoológicos do Brasil. Outros projetos vêm sendo desenvolvidos em diversos ecossistemas do país, com animais de vida livre, visando conhecer melhor sua biologia e ecologia. ■

# O futuro da velhice

## A revolução dos idosos

**Frank Schirrmacher**

Rio de Janeiro, Campus/Elsevier, 208 pp., R\$ 47

A maior parte dos livros sobre o envelhecimento no mundo de hoje insiste no iminente ‘problema’ da velhice. Tratam não só de mostrar que cresceu o número de velhos em todo o mundo, mas de projetar o crescimento acelerado dessa população e concluir que é cada vez menor a vontade e a capacidade dos estados nacionais, das famílias e dos jovens de cuidar dela. *A revolução dos idosos* não dispensa indicadores demográficos, mas inova ao evitar o

tom apocalíptico da maioria das análises e ao convocar os jovens – os velhos do futuro – para uma revolução cultural capaz de dar conta de uma sociedade em que pessoas acima dos 60 anos serão a grande maioria.

Apoiado em fontes diversas, o autor aponta o ineditismo dos acontecimentos que a inversão da pirâmide etária pode gerar. Há desde afirmações atribuídas a autores consagrados, como o antropólogo francês Claude Lévi-



Strauss (“em comparação com a catástrofe demográfica, o colapso do comunismo é insignificante”), até resultados de rigorosas pesquisas de opinião sobre a imagem da velhice em diferentes grupos etários e outras análises importantes.

A restituição de bens essenciais para a garantia da dignidade e dos direitos da cidadania dos idosos – a autoconfiança e a razão – está no coração da revolução cultural proposta no livro. Não se trata de dizer que só envelhece quem quiser e de convocar os idosos para atividades motivadoras (ginástica, aulas, excursões), nem de encobrir as perdas que o avanço da idade acarreta propagando que essa pode ser a melhor etapa da vida. O livro demonstra e condena especialmente as formas sutis que o preconceito pode assumir na sociedade.

Boa parte da gerontologia atual critica a visão da velhice como um processo contínuo de perdas, que relega os indivíduos ao abandono, ao desprezo e à ausência de papéis sociais. É importante mostrar que essa visão é responsável por uma série de este-



reótipos negativos em relação aos idosos e buscar invertê-la. As experiências vividas e os saberes acumulados devem ser vistos como ganhos que propiciam aos mais velhos a chance de explorar novas identidades, realizar projetos abandonados antes e estabelecer relações mais produtivas com as outras pessoas, inclusive os mais jovens, tornando mais gratificante o envelhecimento.

No Brasil, nos últimos anos, grupos de convivência de idosos, programas e universidades para a terceira idade têm crescido, com uma capacidade de mobilização impressionante, e promovido a redefinição de valores, atitudes e comportamentos dos jovens idosos mobilizados. O sucesso dessas iniciativas, porém, é proporcional à precariedade dos mecanismos existentes para lidar com os problemas da velhice avançada, como a perda de habilidades cognitivas e de controles físicos e emocionais.

As políticas sociais inovadoras, implantadas por agências governamentais, são voltadas quase exclusivamente para os idosos mais jovens, que têm ampla autonomia funcional. Quanto às fases mais avançadas da velhice, as respostas oficiais têm se traduzido em um apelo anacrônico à família, obrigada hoje a exercer papéis que, até recentemente, cabiam a agências públicas. Os asilos de velhos são, em sua grande maioria, muito precários, e em muitos casos desrespeitam a dignidade humana.

Mesmo entre os gerontólogos, muitos negligenciam o estudo de novas práticas dignificantes da velhice e se empenham em convencer os agentes do Estado e da sociedade civil de que os idosos brasileiros querem ser cuidados pelos filhos até o fim da vida, e que essa seria a 'boa velhice'. Assim, fazem coro com outros especialistas que, preocupados com a ineficiência e o custo das políticas sociais, questionam a dependên-

cia em relação ao Estado e elegem a família como agência capaz de solucionar uma gama enorme de problemas sociais. A Constituição de 1988 reforça essa idéia, ao considerar obrigação da família cuidar de seus membros adultos.

Esses gerontólogos esquecem que estudos sobre a família mostram que esta não pode ser considerada o espaço da harmonia, do carinho e do cuidado. Ao contrário, tem sido demonstrado que na família pode haver opressão, representada por abuso físico e emocional, ausência de direitos individuais e até crime. Considerar que essa instituição vai bem no Brasil é obrigá-la a assumir um leque muito vasto de deveres e, ao mesmo tempo, impedir investimentos financeiros e intelectuais na construção de instituições e práticas capazes de tratar a velhice com dignidade.

*A revolução dos idosos* apresenta um quadro muito complexo do futuro da sociedade. Tal quadro revela o caráter simplista e preconceituoso de muitas propostas carregadas de boas intenções. Os cenários que montamos para o futuro da velhice são mais plausíveis ou não em função do modo como os indivíduos são convencidos de qual será o seu destino e das práticas que adotam diante dessas previsões. Esse livro, ao chamar os jovens de hoje para a tarefa de restituir à sua própria velhice a autoconfiança e a razão dela usurpadas e apontar a sutileza que a discriminação pode assumir, oferece aos leitores armas úteis para impedir que se realizem as realidades sombrias que muitos se empenham em antecipar.

**Guíta Grin Debert\***

*Departamento de Antropologia, Universidade Estadual de Campinas*

\* Autora do livro *A reinvenção da velhice* (Edusp)

**Gestão ambiental de áreas degradadas**

**Gustavo Henrique de Sousa Araújo, Josimar Ribeiro de Almeida e Antônio José Teixeira Guerra**

*Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 320 pp., R\$ 49*

Escrito por três profissionais das Ciências da Terra, este livro é um amplo guia para o tratamento de locais deteriorados, como encostas. Possuidor de grande quantidade de áreas nessas condições, o Brasil é um prato cheio para estudos sobre esse tema, pouco abordado pela literatura específica. Por esse motivo, o livro é de suma importância para pesquisadores, técnicos e estudantes. Com diferentes formações – Araújo é agrônomo, Almeida é biólogo e Guerra, geógrafo –, os autores destacam a importância da ação conjunta de profissionais de variadas áreas na resolução de problemas desse tipo. Além de tratar de aspectos geomorfológicos para o diagnóstico de erosões, os autores falam também do papel da bioengenharia na recuperação das áreas deterioradas e sobre o que está sendo desenvolvido para promover a estabilização de encostas no futuro.



**Evolução, o sentido da biologia**

**Diogo Meyer e Charbel Niño El-Hani**

*São Paulo, Editora Unesp, 132 pp., R\$ 15*

Apresentar os conceitos evolutivos da biologia de modo simples, porém instigante, foi o desafio que Diogo Meyer e Charbel Niño El-Hani se propuseram ao escrever esta obra. Ao tratar do tema 'evolução' com exemplos do cotidiano, o livro nos leva às fronteiras do pensamento evolutivo, além de promover um debate sobre a própria evolução da ciência. Em tempos de ascensão do criacionismo, os autores buscam esclarecer questões sobre o assunto com a finalidade de tornar a discussão menos infundada. A partir disso, Meyer e El-Hani esperam contribuir para que o ensino da evolução no Brasil torne-se central. Segundo eles, esse mero tópico nas aulas de biologia do ensino médio é fundamental para a compreensão de diferentes áreas do conhecimento, razão pela qual seu estudo deveria ser ampliado. O livro faz parte da coleção Paradidáticos, cujo objetivo é tornar mais acessíveis obras sobre ciência e cultura produzidas por pesquisadores brasileiros.



HÁ 350 ANOS ERA DESCOBERTO TITÃ, O MAIOR SATÉLITE DE SATURNO

# Uma lua parecida com a Terra

**Quando o astrônomo holandês Christiaan Huygens (1629-1695) avistou Titã nas proximidades do planeta Saturno em 1655, ele certamente não imaginava que 350 anos mais tarde uma sofisticada sonda espacial, batizada de Huygens em sua homenagem, pousaria na superfície do satélite e transmitiria para a Terra imagens surpreendentes daquele mundo distante. Com o pouso da sonda Huygens, ocorrido a 14 de janeiro de 2005, e com as atividades da missão Cassini, ainda em curso, a exploração de Titã atingiu um ponto elevado. Após três séculos e meio de investigações, esse satélite parece ser um dos objetos mais fascinantes do sistema solar.**

Com raio de 2.575 km – pouco menor que o de Ganimedes, uma das luas de Júpiter –, Titã é um objeto de dimensões planetárias, maior que Mercúrio e Plutão. Quase 10 vezes mais distante do Sol em comparação com a Terra, possui fraca gravidade e uma atmosfera densa causada por baixas temperaturas (-179°C na superfície). Essa característica contrasta com corpos de mesma dimensão, como Mercúrio ou os satélites galileanos de Júpiter que perderam seus gases. Mas a temperatura é suficientemente alta para substâncias voláteis como nitrogênio e metano existirem sob a forma de gás.

Em um ambiente tão frio, os processos físicos e químicos são diferentes daqueles que ocorrem na Terra. Mas as semelhanças entre os dois astros são notáveis: a pressão na superfície de Titã é parecida com a da Terra (1,55 vez a pressão terrestre); o nitrogênio é, como na Terra, o elemento mais abundante da atmosfera; há estações e variações de clima que incluem ventos, nuvens e provavelmente chuvas de metano; em sua superfície há estruturas parecidas com rios e lagos; a água é abundante no estado sólido na superfície, e no estado sólido e provavelmente líquido em seu interior; a atmosfera contém moléculas orgânicas (constituíntes de aminoácidos, indispensáveis ao desenvolvimento da vida).

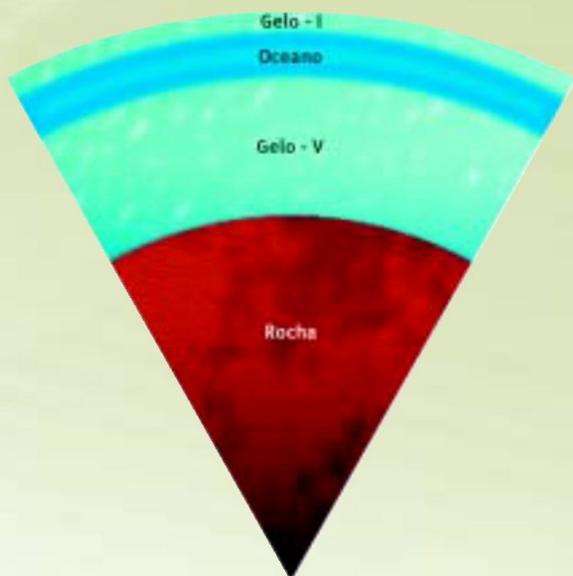
Ao avistar Titã, Huygens reconheceu que se tratava de uma lua de Saturno e logo determinou seu período de revolução (cerca de 16 dias) com um erro de apenas alguns segundos. Pouco se sabia sobre Titã até a sonda espacial Voyager I passar pelo satélite em 1980 (ver 'O satélite e os anéis de Saturno'). Mas a atmosfera densa escondeu sua superfície dos sensores; o satélite inteiro estava envolvido por um véu alaranjado.

Em 1994, o telescópio espacial Hubble obteve as primeiras imagens de Titã no infravermelho, frequência de luz na qual sua atmosfera se mostra transparente. O Hubble revelou uma crosta heterogênea, de estrutura semelhante a um continente do tamanho da Austrália, o que excluiu a hipótese de que a superfície do satélite fosse coberta por um oceano de

## Há 350 anos

Superfície de Titã vista pela sonda Huygens em 14 de janeiro de 2005. As pedras, de alguns centímetros, são provavelmente uma mistura de gelo e hidrocarbonetos





hidrocarbonetos. As câmeras infravermelhas e o radar assestados a bordo da sonda Cassini também foram capazes de 'ver' através da atmosfera. Pela primeira vez a superfície de Titã podia ser vista com clareza, revelando uma estrutura complexa, indicativa de atividade geológica recente.

Quase todos os satélites planetários são, como a Lua, cobertos de crateras formadas pelo impacto de pequenos corpos durante os bilhões de anos de sua existência, sobretudo na fase inicial do sistema solar. Nos planetas geologicamente ativos, como a Terra, essas crateras são modificadas pela erosão ou por

outros processos (como atividade vulcânica) e desaparecem. O baixo número de crateras em Titã mostra que o satélite esteve ativo até pelo menos em passado recente. Se continua ativo, essa é uma questão que talvez possa ser respondida pela missão Cassini.

Devido à abundância de metano e de nitrogênio molecular, complexas reações fotoquímicas e físicas ocorrem na parte mais externa da atmosfera. Metano e pequenas quantidades de oxigênio estão presentes em moléculas de água e óxidos de carbono que são dissociadas pelos raios solares e por partículas de alta energia. Os átomos e as moléculas resultantes reagem uns com os outros formando outros hidrocarbonetos, compostos de nitrogênio e grandes moléculas orgânicas, que se condensam e descem lentamente para a superfície. Esses aerossóis no alto da atmosfera causam a cor laranja e a tornam opaca à luz visível. Como o metano não pode recombinar-se na atmosfera, com o tempo ele teria desaparecido. Mas a presença desse gás mostra que ele deve ter sido repostado pela superfície ou a partir do núcleo interno do satélite.

A presença de metano no interior de Titã e na atmosfera primordial é esperada, pois era um dos componentes da nuvem em que o satélite se formou. Na região de Saturno a temperatura na nebulosa solar era suficientemente baixa para permitir a condensação de metano durante a formação de Titã. Por isso o problema não é a presença de metano, mas como transportá-lo para a atmosfera. Isso requer atividade dinâmica no interior do satélite e, portanto,

O interior de Titã: um núcleo de rochas e um oceano preso entre gelo de grande pressão e densidade (gelo-V) e gelo próximo à superfície (gelo-I)

## O satélite e os anéis de Saturno

Christiaan Huygens, nascido em Haia em 1629, é autor da primeira teoria ondulatória da luz. O relógio de pêndulo, que usava o princípio do isocronismo das pequenas oscilações de um pêndulo inventado por Galileu (1564-1642), foi sua primeira grande descoberta. Mas em 1655 fez seus achados astronômicos mais importantes – Titã e os anéis de Saturno – usando um telescópio que ele próprio construiu. Os 350 anos desses dois feitos marcantes estão sendo comemorados em grande estilo com os resultados da missão Cassini/Huygens, comandadas pelas agências espaciais norte-americana (Nasa) e européia (ESA).

A sonda Cassini tem enviado novas imagens dos anéis e permitido descobertas que vêm complementar o conjunto de dados coletados na década de 1980 pelas sondas Voyager. Os cientistas acreditam que os anéis de Saturno se formaram há al-

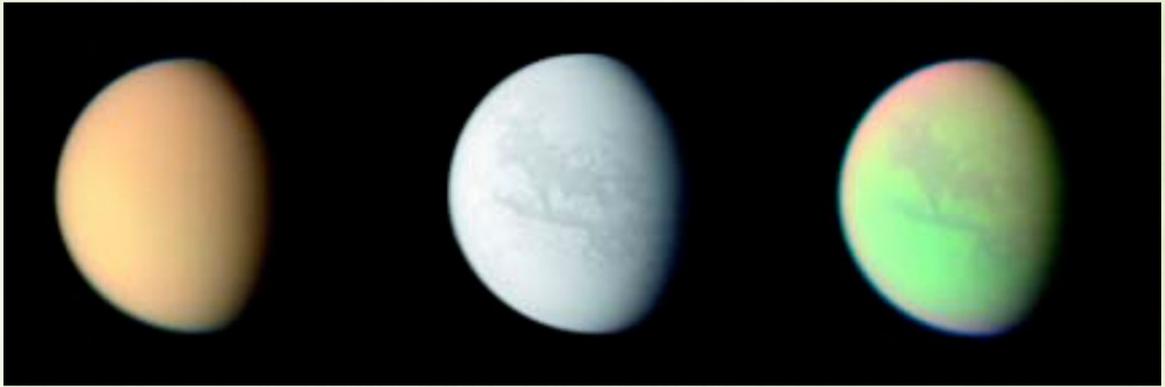
guas centenas de milhões de anos, quando restos de colisões de cometas e de luas foram capturados pelo forte campo gravitacional de Saturno. Esses restos variam em tamanho, desde partículas de poeira até pedras com 10 m de diâmetro. Os anéis se estendem por 190 mil km e têm espessura de apenas 1.500 m. A poeira e os restos rochosos são formados de silicatos e materiais orgânicos, e o gelo parece ser uma mistura de água e amônia congeladas. A maior surpresa talvez tenha sido a constatação de que a água do gelo se decompõe formando uma atmosfera de oxigênio junto dos anéis.

### Sylvio Ferraz Mello

*Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo*



Christiaan Huygens (1629-1695)



Fotos de Titã feitas pela sonda Cassini em 22 de abril de 2005. As imagens mostram como diferentes comprimentos de onda podem revelar vistas distintas de um mesmo objeto. As câmeras da sonda são dotadas de filtros que apontam detalhes acima e abaixo da atmosfera do satélite

uma fonte de energia. A circulação de metano é um tema-chave que a sonda Cassini está investigando.

Titã é formado por rochas e gelo (de água) em partes iguais, uma estrutura típica dos satélites gelados da parte externa do sistema solar. A determinação exata de seu campo de gravitação permitirá saber se ele é diferenciado. Calcula-se que Titã tenha um núcleo de rocha e uma camada de gelo com uma espessura de quase 1.000 km. Substâncias como amônia, associadas ao satélite durante sua formação, são importantes porque reduzem drasticamente o ponto de fusão do gelo. Por isso, pode existir água em estado líquido formando um oceano global sob a camada de gelo. A desintegração radioativa de isótopos de longa vida nas rochas do núcleo é a fonte de calor necessária à conservação desse oceano. Aliás, essa fonte é comum a todos os planetas do sistema solar, à Terra inclusive.

Esse oceano, que não pode ser visto diretamente devido à camada de gelo de aproximadamente 70 km que o recobre, poderá ser detectado indiretamente a partir de medidas, feitas pela sonda Cassini, da deformação da superfície de gelo produzida pela força das marés que Saturno provoca em Titã. Outro meio de detectá-lo é a procura de sinais de indução magnética perto de Titã, causados pela interação de íons do oceano com o campo magnético de Saturno. Esse método já demonstrou a presença de oceanos nos grandes satélites de Júpiter.

O oceano interno do satélite mantém ligação com sua superfície e com a atmosfera. É provável que líquidos subam por fendas na camada de gelo ou formem depósitos pró-

ximos à superfície. Talvez água com amônia chegue à superfície por um processo de criovulcanismo semelhante à atividade vulcânica na Terra. A ação recíproca entre interior, superfície, atmosfera e ambiente de radiação em Titã ainda não foi inteiramente compreendida. Mas a missão Cassini/Huygens deverá revelar nos próximos anos dados mais precisos sobre os processos físicos e químicos que ali ocorrem.

Quando tais processos forem mais bem compreendidos, talvez se possa responder outra questão: existirá vida em Titã? Alguns aspectos o tornam um objeto interessante para os astrobiólogos: água em seu interior, atividade geológica, depósitos líquidos de metano na superfície e uma atmosfera parecida com a da Terra antes de sua modificação pela atividade biológica. Os compostos orgânicos presentes na atmosfera são elementos constitutivos da química pré-biológica. O único ingrediente que falta para o desenvolvimento da vida talvez seja a energia capaz de provocar as circulações biológicas.

Juntamente com Marte e o satélite Europa, de Júpiter, Titã é um dos endereços mais interessantes do sistema solar para a procura de vida extrater-

restre. Não se sabe se Huygens imaginou a possibilidade de haver vida naquela lua distante. Com certeza ele estava curioso para descobrir mais sobre esse mundo, como curiosos estamos nós 350 anos depois.

**Hauke Hussmann**  
Instituto de Astronomia,  
Geofísica e Ciências  
Atmosféricas,  
Universidade de São Paulo  
(pesquisador visitante)

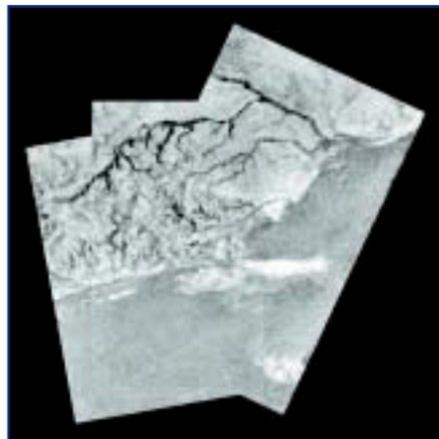


Imagem de Titã captada durante o pouso da sonda Huygens. Sua superfície parece ter estado geologicamente ativa até um passado recente



# Um problema de tirar o chapéu



**Marco Moriconi**

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

**E**ra uma vez três sábios... Muitos problemas começam (quase) assim. Este mês, vamos discutir um clássico. Para nós, um sábio é um ser capaz de fazer uma dedução perfeita a partir dos dados que tem. Assim, passem, nossos piratas da coluna passada deveriam ser considerados sábios. Mas, para aquela coluna, cabia ressaltar o lado 'pirata' deles.

Vamos aos sábios. Os três se encontram em uma sala, e um rei decide testar o quão sábios eles são. O rei propõe o seguinte teste: ele colocará os três em fila e um chapéu em cada um. O último da fila, que chamaremos de Arquimedes, vê os outros dois à sua frente, Euclides e Martin. O segundo, Euclides, vê apenas Martin. E Martin, o primeiro, não vê ninguém.

O desafio dos sábios é descobrir a cor de seu chapéu. Tudo o que eles sabem é que o rei dispunha de três chapéus pretos e dois brancos. Eis o diálogo:

**Rei:** "Pronto, estão todos de chapéu. Agora, eu quero ver! Arquimedes, qual a cor do seu chapéu?"

**Arquimedes:** "Ah, meu rei, não há como dizer..."

**Rei:** "Euclides, sabe a cor do seu chapéu?"

**Euclides:** "Não, meu rei, não sei."

**Rei:** "Só falta você, Martin! Sabe a cor do seu chapéu? Acho que consegui passar a per..."

**Martin:** "Sim, meu rei, sei a cor do meu chapéu!"

**Rei:** "Como!?"

Pois, então, caro leitor, como Martin deduziu a cor do chapéu dele? E qual seria? Vamos voltar ao início.

O que podemos concluir logo após Arquimedes dizer que não sabe a cor do chapéu dele? Isso significa que ele não foi capaz de deduzi-la, mesmo sabendo que há três pretos e dois brancos e observando os chapéus de Euclides e de Martin. O que Arquimedes poderia ver?

É simples: sem se preocupar com a ordem, ele poderia ver i) ou dois chapéus pretos; ii) ou dois brancos; iii) ou um preto e um branco. Caso visse dois chapéus brancos, Arquimedes concluiria que o dele era preto. Mas, como ele disse que não era possível saber, concluímos, sabiamente, que os outros dois podem ser ou ambos pretos, ou um branco e um preto. Passemos a Euclides.

Euclides, que ouviu a resposta de Arquimedes, fez o mesmo raciocínio que acabamos de apresentar. O que Euclides pode ter visto? Se ele tivesse visto um chapéu branco, prontamente diria: "Meu chapéu é preto!". Mas, como ele foi incapaz de concluir a cor do chapéu dele, é porque viu um chapéu preto!

Finalmente, sendo Martin um grande sábio, ele fez esse mesmo raciocínio e concluiu que o chapéu dele era preto! Mesmo não vendo os outros dois, Martin foi capaz de chegar a essa conclusão apenas com base no que ouviu deles. E, como o leitor certamente concordará, esse rei não tinha nada de sábio!

## SOLUÇÃO DO DESAFIO PASSADO

Voltemos aos piratas da coluna passada. A mudança nas regras foi a seguinte: um pirata precisa de maioria absoluta. Isso muda o resultado consideravelmente. P1 vota 100 moedas para ele próprio e pronto. Mas, quando temos P1 e P2, não há nada que P2 diga que possa conquistar o voto de P1. Qualquer coisa que P2 diga, P1 rejeita, joga P2 aos tubarões e fica com as moedas. Quando P3 se junta ao bando, pensa: "P2 não quer virar aperitivo. Se a minha proposta não passar, será *'hasta la vista, P2!'*". E, assim, P3 propõe 100 para ele próprio, zero para P2 e zero para P1. E com P4? Nesse caso, o raciocínio é o seguinte: P4 precisa de mais dois votos além do seu. Se ele oferecer só uma moeda para P1 e uma para P2, ele terá sua proposta aprovada! Ou seja, ele oferece 98 para P4, zero para P3, uma para P2 e uma para P1. Finalmente, P5, que precisa de dois votos além do dele, propõe 97 para ele próprio, zero para P4, uma para P3, duas para P2 e zero para P1. Ele tem alternativas, como trocar a oferta de P3 e P2, o que poderá decidir na base da simpatia.

## DESAFIO

O rei não desiste fácil e propõe outro desafio. Dessa vez, os três sábios estão em um círculo, e cada um vê os outros dois. O rei dispõe agora de três chapéus brancos. Ele pinta uma bolinha preta em apenas um dos chapéus e os coloca na cabeça dos nossos sábios, que, no entanto, não sabem quantas bolinhas o rei pintou. Quando um deles souber se tem ou não bolinha, deve dizer: "Meu caro rei, tenho uma bolinha no meu chapéu!". Inicialmente, o rei faz a pergunta, mas ninguém é capaz de responder. Então, ele decide contar que pintou pelo menos uma bolinha. E volta a perguntar: "Quem tem bolinha?" O que acontece então, sábio leitor?

## ENTREVISTAS & PERFIS

- Woo-Suk Hwang (entrevista). Esperança acessa no Oriente. Por Roberto B. de Carvalho e Carlos E. Carvalho, p. 8, nº 217.
- Bruce Lewenstein (entrevista). O importante é questionar. Por Fred Furtado, p. 6, nº 218.
- Rodrigo Affonseca Bressan (entrevista). Esquizofrenia sem preconceito. Por Vera Rita da Costa, p. 6, nº 219.
- Harold Varmus (entrevista). Câncer: hoje e amanhã. Por Franklin Rumjanek e Fred Furtado, p. 6, nº 220.
- Djalma Martins Pereira (entrevista). Nossas estradas precisam de socorro. Por Roberto B. Carvalho e Célio Yano, p. 8, nº 221.
- Antônio Flávio Pierucci (entrevista). O país do Cristo Redentor. Por Mônica Pileggi, p. 6, nº 222.

## RESENHAS

- Astronomia ao alcance de todos. Thyrso Villela Neto, p. 86, nº 217. Resenha do livro *Descobrimo o universo*, de Sueli M. M. Viegas e Fabíola de Oliveira (org.).
- Vantagens e desvantagens. Ricardo I. Rios, p. 87, nº 217. Resenha do livro *Aventuras e descobertas de Darwin a bordo do Beagle*, de Richard Keynes.
- Peça essencial. Juremir Machado da Silva, p. 72, nº 218. Resenha do livro *O método 6 – Ética*, de Edgar Morin.
- O drama atrás das pestilências. Moacyr Scliar, p. 74, nº 219. Resenha do livro *A peste dos médicos*, de Sherwin B. Nuland.
- Eppur si muove*. Ronald C. Shellard, p. 76, nº 220. Resenha do livro *Os gênios da ciência, sobre os ombros de gigantes*, de Stephen Hawking.
- Outro olhar. Claudia Rodrigues-Carvalho, p. 72, nº 221. Resenha do livro *Global archaeological theory*, de Pedro P. Funari, Andrés Zarankin e Emily Stovel (eds.).
- O futuro da velhice. Guita G. Debert, p. 68, nº 222. Resenha do livro *A revolução dos idosos*, de Frank Schirrmacher.

## ARTIGOS

- (Ação afirmativa) Igualdade e 'invisibilidade'. Gisele Cittadino, p. 28, nº 221.
- (Aminoácidos), Os cristais e a origem da vida. Dimas A. Zaia e Cássia T. B. V. Zaia, p. 38, nº 222.
- (Astronomia) Impactos! O jogo de bilhar no espaço. Cristiano Lana, Rafael Romano e João Hippertt, p. 42, nº 218.
- Aventura da física da matéria condensada. A. Sergio M. Rezende, p. 26, nº 218.
- (Biologia) Doenças priônicas: misteriosas e fatais para animais e humanos. Marilene H. Lopes e Gláucia N.M. Hajj, p. 18, nº 218.
- (Biologia) Uma abordagem termodinâmica da vida. Mario S. Garrote Filho e Nilson Penha-Silva, p. 34, nº 221.

- (Biotecnologia) Proteínas sob medida: como analisar material recombinante para uso terapêutico. Carlos Henrique I. Ramos, p. 30, nº 220.
- Brasileiros longe de casa. Teresa Sales, p. 40, nº 219.
- Caos e complexidade, Mecânica estatística. Paulo M. C. Oliveira, p. 20, nº 219.
- (Ciência política) A crise republicana e o estado de exceção. Luiz Werneck Viana, p. 18, nº 220.
- (Ciência política) Para que serve a representação? Renato Lessa, p. 24, nº 220.
- (Climatologia) Lições do Catarina e do Katrina – as mudanças do clima e os fenômenos extremos. José A. Marengo e Carlos A. Nobre, p. 22, nº 221.
- Complexidade, Mecânica estatística, caos e. Paulo M. C. Oliveira, p. 20, nº 219.
- Crise republicana e o estado de exceção. A. Luiz Werneck Viana, p. 18, nº 220.
- Cristais e a origem da vida. Os. Dimas A. Zaia e Cássia T. B. V. Zaia, p. 38, nº 222.
- (Demografia) A evolução da fecundidade no Brasil. Elza Berquó e Suzana Cavenaghi, p. 28, nº 219.
- (Demografia) Brasileiros longe de casa. Teresa Sales, p. 40, nº 219.
- (Demografia) Tendências das migrações internas no Brasil. Rosana Baeninger, p. 34, nº 219.
- (Direito) Igualdade e 'invisibilidade'. Gisele Cittadino, p. 28, nº 221.
- (Discriminação) Igualdade e 'invisibilidade'. Gisele Cittadino, p. 28, nº 221.
- Doença de Chagas: mal que ainda preocupa. Mário Steindel, João Carlos P. Dias e Alvaro J. Romanha, p. 32, nº 217.
- Doenças priônicas: misteriosas e fatais para animais e humanos. Marilene H. Lopes e Gláucia N.M. Hajj, p. 18, nº 218.
- (Eletrônica) A aventura da física da matéria condensada. Sergio M. Rezende, p. 26, nº 218.
- (Emigração) Brasileiros longe de casa. Teresa Sales, p. 40, nº 219.
- Energia nuclear e seus usos na sociedade, A. Odair D. Gonçalves e Ivan P. Salati de Almeida, p. 36, nº 220.
- Estado de exceção, A crise republicana e o. Luiz Werneck Viana, p. 18, nº 220.
- (Estromatólitos) Um passeio pelo passado no *shopping*. William Sallun Filho e Thomas R. Fairchild, p. 22, nº 222.
- (Evolução) Um passeio pelo passado no *shopping*. William Sallun Filho e Thomas R. Fairchild, p. 22, nº 222.
- (Evolução) Uma abordagem termodinâmica da vida. Mario S. Garrote Filho e Nilson Penha-Silva, p. 34, nº 221.
- Evolução da fecundidade no Brasil, A. Elza Berquó e Suzana Cavenaghi, p. 28, nº 219.

- Fecundidade no Brasil, A evolução da. Elza Berquó e Suzana Cavenaghi, p. 28, nº 219.
- (Física) A aventura da física da matéria condensada. Sergio M. Rezende, p. 26, nº 218.
- (Física) A energia nuclear e seus usos na sociedade. Odair D. Gonçalves e Ivan P. Salati de Almeida, p. 36, nº 220.
- (Física) A RMN e suas aplicações atuais. Tito J. Bonagamba, Klaus W. Capelle e Eduardo R. Azevedo, p. 40, nº 221.
- (Física) Mecânica estatística, caos e complexidade. Paulo M. C. Oliveira, p. 20, nº 219.
- (Física) Nanociência e nanotecnologia: o gigantesco e promissor mundo do muito pequeno. Henrique E. Toma e Koiti Araki, p. 24, nº 217.
- (Física) O magnífico *laser*: aplicações modernas de uma solução em busca de problemas. Vanderlei S. Bagnato, p. 30, nº 222.
- Fungos: os primórdios do sexo. Adlane V.B. Ferreira, p. 34, nº 218.
- (Furacões) Lições do Catarina e do Katrina – as mudanças do clima e os fenômenos extremos. José A. Marengo e Carlos A. Nobre, p. 22, nº 221.
- (Genética) Fungos: os primórdios do sexo. Adlane V.B. Ferreira, p. 34, nº 218.
- (Geologia) Um passeio pelo passado no *shopping*. William Sallun Filho e Thomas R. Fairchild, p. 22, nº 222.
- (Geologia) Impactos! O jogo de bilhar no espaço. Cristiano Lana, Rafael Romano e João Hippertt, p. 42, nº 218.
- (Hidrologia) A transposição das águas do rio São Francisco. Paulo C. Magalhães, p. 40, nº 217.
- (Hidrologia) As incertezas da transposição, p. 48, nº 217.
- Igualdade e 'invisibilidade'. Gisele Cittadino, p. 28, nº 221.
- Impactos! O jogo de bilhar no espaço. Cristiano Lana, Rafael Romano e João Hippertt, p. 42, nº 218.
- Incertezas da transposição, As. p. 48, nº 217.
- Laser*: aplicações modernas de uma solução em busca de problemas, O magnífico. Vanderlei S. Bagnato, p. 30, nº 222.
- Lições do Catarina e do Katrina – as mudanças do clima e os fenômenos extremos. José A. Marengo e Carlos A. Nobre, p. 22, nº 221.
- Magnífico *laser*: aplicações modernas de uma solução em busca de problemas, O. Vanderlei S. Bagnato, p. 30, nº 222.
- Matéria condensada, A aventura da física da. Sergio M. Rezende, p. 26, nº 218.
- Mecânica estatística, caos e complexidade. Paulo M. C. Oliveira, p. 20, nº 219.
- (Medicina) A RMN e suas aplicações atuais. Tito J. Bonagamba, Klaus W. Capelle e Eduardo R. Azevedo, p. 40, nº 221.

- (Medicina) Doença de Chagas: mal que ainda preocupa. Mário Steindel, João Carlos P. Dias e Alvaro J. Romanha, p. 32, nº 217.
- (Medicina) Doenças priônicas: misteriosas e fatais para humanos e animais. Marilene H. Lopes e Gláucia N.M. Hajj, p. 18, nº 218.
- (Micologia) Fungos: os primórdios do sexo. Adlane V.B. Ferreira, p. 34, nº 218.
- Migrações internas no Brasil, Tendências das. Rosana Baeninger, p. 34, nº 219.
- Nanociência e nanotecnologia: o gigantesco e promissor mundo do muito pequeno. Henrique E. Toma e Koiti Araki, p. 24, nº 217.
- Nanotecnologia: o gigantesco e promissor mundo do muito pequeno, Nanociência e. Henrique E. Toma e Koiti Araki, p. 24, nº 217.
- Para que serve a representação? Renato Lessa, p. 24, nº 220.
- (Parasitologia) Doença de Chagas: mal que ainda preocupa. Mário Steindel, João Carlos P. Dias e Alvaro J. Romanha, p. 32, nº 217.
- Proteínas sob medida: como analisar material recombinante para uso terapêutico. Carlos Henrique I. Ramos, p. 30, nº 220.
- (Química) Os cristais e a origem da vida. Dimas A. Zaia e Cássia T. B. V. Zaia, p. 38, nº 222.
- Representação?, Para que serve a. Renato Lessa, p. 24, nº 220.
- (Ressonância magnética) A RMN e suas aplicações atuais. Tito J. Bonagamba, Klaus W. Capelle e Eduardo R. Azevedo, p. 40, nº 221.
- (Rio São Francisco) As incertezas da transposição, p. 48, nº 217.
- Rio São Francisco, A transposição das águas do. Paulo C. Magalhães, p. 40, nº 217.
- RMN e suas aplicações atuais, A. Tito J. Bonagamba, Klaus W. Capelle e Eduardo R. Azevedo, p. 40, nº 221.
- Sexo, Fungos: os primórdios do. Adlane V.B. Ferreira, p. 34, nº 218.
- Tendências das migrações internas no Brasil. Rosana Baeninger, p. 34, nº 219.
- Termodinâmica da vida, Uma abordagem. Mario S. Garrote Filho e Nilson Penha-Silva, p. 34, nº 221.
- Transposição das águas do rio São Francisco, A. Paulo C. Magalhães, p. 40, nº 217.
- Transposição, As incertezas da. p. 48, nº 217.
- (Ultracentrifugação) Proteínas sob medida: como analisar material recombinante para uso terapêutico. Carlos Henrique I. Ramos, p. 30, nº 220.
- Uma abordagem termodinâmica da vida. Mario S. Garrote Filho e Nilson Penha-Silva, p. 34, nº 221.
- Um passeio pelo passado no *shopping*. William Sallun Filho e Thomas R. Fairchild, p. 22, nº 222.

## SEÇÕES

- Abandono do círculo, O. Anastasia G. Itokazu, p. 74, nº 221.
- Acesso livre e rápido. Thaís Fernandes, p. 52, nº 222.
- (Ácido fólico) Gravidez com menos riscos. Renata Moehlecke, p. 48, nº 219.
- (Addison) Nascimento da endocrinologia. Marcus Seade, p. 73, nº 220.
- Aerossóis e aquecimento global. Karla M. Longo, p. 10, nº 218.
- Água é líquida, se é formada por dois gases?, Por que a. Evaldo Curado, p. 4, nº 222
- Água?, De que forma os microrganismos podem ajudar na purificação da. Leda C. M. Hagler, p. 6, nº 217.
- Aids, seleção natural e pobreza. Luzitano B. Ferreira e Rosana Tidon, p. 57, nº 219.
- (Algas) Filtros vivos para limpar a água. Eliane M. Soriano, p. 67, nº 219.
- Alternativa contra o câncer cerebral. Mário Cesar Filho, p. 60, nº 220
- Alzheimer e de Parkinson?, Existem pesquisas sobre o uso de células-tronco para tratamento dos males de. Fernanda Guarino de Felice, p. 5, nº 222
- (Amazônia) Pelas águas do Solimões. Mara Figueira, p. 52, nº 221.
- Amazônia, O dilema das estradas não-oficiais na. Stephen G. Perz e Carlos Souza Jr., p. 56, nº 222.
- Amazônia, O outro lado da certificação florestal na. Niro Higuchi, p. 63, nº 218.
- Antidepressivos podem causar algum dano ao coração ou ao cérebro?, Os. Antonio E. Nardi, p. 5, nº 219.
- (Antropologia) A desnutrição entre os índios. Maurício S. Leite e Ricardo V. Santos, p. 71, nº 217.
- (Antropologia) O clima e a alimentação podem interferir nas características da população de diferentes regiões? Hilton P. Silva, p. 5, nº 220.
- (Aquecimento global) A curva de Keeling. Felipe A.P.L. Costa, p. 72, nº 219.
- (Aquecimento global) Nova ameaça do clima. Olaf Malm, p. 21, nº 221.
- Aquecimento global, Aerossóis e. Karla M. Longo, p. 10, nº 218.
- (Aqüicultura) Caranguejos de laboratório. Daniella Barbosa, p. 46, nº 220.
- Araucária, a planta do futuro. Mário César Filho, p. 56, nº 218.
- Arma contra o HIV. Fred Furtado, p. 46, nº 219.
- (Arqueologia) Tesouro escondido nas cidades. Helen Mendes, p. 50, nº 220.
- (Asteróides) Bala perdida. Franklin Rumjanek, p. 21, nº 222
- (Astronomia) Bala perdida. Franklin Rumjanek, p. 21, nº 222
- (Astronomia) O abandono do círculo. Anastasia G. Itokazu, p. 74, nº 221.
- (Astronomia) O que é precessão dos equinócios? João Luiz K. Moreira, p. 4, nº 218.
- (Astronomia) O que são tempestades solares? De que forma elas atingem a Terra? José Roberto Cecatto, p. 6, nº 217.
- (Astronomia) Uma lua parecida com a Terra. Hauke, Hussmann, p. 70, nº 222.
- (Astronomia) Uma luz do passado. Fred Furtado, p. 62, nº 221.
- (Atmosfera) O que são *sprites* e que prejuízos podem ocasionar? Osmar Pinto Jr., p. 4, nº 219.
- (Automóvel) Vamos de táxi? Ronir R. Luiz, p. 70, nº 219.
- Avanço na fisiologia vegetal. Marcel G.C. França e Queila S. Garcia, p. 76, nº 219.
- (Bacon) Discurso inaugural da ciência moderna. Bernardo J. Oliveira, p. 84, nº 217.
- Bala perdida. Franklin Rumjanek, p. 21, nº 222
- (Biodiversidade) Conservação em dose dupla. Fred Furtado, p. 53, nº 220.
- (Biodiversidade) Dossel florestal: a fronteira desconhecida. Sérgio P. Ribeiro e Bruno Corbara, p. 54, nº 217.
- (Bioinvasão) Naves flutuantes de plástico. Isaac R. Santos, p. 64, nº 220.
- (Biologia) Genes sob suspeita. Catarina Chagas, p. 62, nº 217.
- (Biologia da conservação) Cortadeiras sob ameaça. Danival J. Souza, p. 62, nº 222.
- (Biologia marinha) O mapa das esponjas no país. Júlio Molica, p. 56, nº 220.
- (Bioluminescência) Fungos luminosos e sensíveis. Júlio Molica, p. 60, nº 221.
- (Blackman) Avanço na fisiologia vegetal. Marcel G.C. França e Queila S. Garcia, p. 76, nº 219.
- Boas idéias e inconformismo. Dulciene M. M. Queiroz e Andréia M. C. Costa, p. 12, nº 222.
- (Botânica) Araucária, a planta do futuro. Mário César Filho, p. 56, nº 218.
- (Cagaras) Santuário no mar de Ipanema. Liliane Lodi, p. 60, nº 219.
- (Calorias) Coma menos e viva mais? Patrícia Zancan e Mauro Sola-Penna, p. 14, nº 217.
- Câncer cerebral, Alternativa contra o. Mário Cesar Filho, p. 60, nº 220
- Câncer, Eletrochoque no. Fred Furtado, p. 60, nº 217.
- Caranguejo letárgico, A doença do. Walter A. Boeger, Antonio Ostrensky, Marcio R. Pie e Vania Vicente, p. 68, nº 221.
- Caranguejos de laboratório. Daniella Barbosa, p. 46, nº 220.
- (Carbono) Medição precisa. Renata Moehlecke, p. 48, nº 220.
- (Carvão mineral) Matéria-prima barata e eficiente. Vivian de Albuquerque, p. 50, nº 219.
- (Catálise) A dança das moléculas. Sandra Einloft, p. 17, nº 222.
- Células embrionárias sem uso de embriões? Radovan Borojevic, p. 10, nº 220.
- (Células-tronco) A zona da penumbra. Franklin Rumjanek, p. 22, nº 217.
- Células-tronco para tratamento dos males de Alzheimer e de Parkinson?, Existem pesquisas sobre o uso de. Fernanda Guarino de Felice, p. 5, nº 222
- Certificação florestal na Amazônia, O outro lado da. Niro Higuchi, p. 63, nº 218.
- Chave para a preservação. Marie-Odile M. Chelini, p. 64, nº 222.
- Cidades, Tesouro escondido nas. Helen Mendes, p. 50, nº 220.
- (Ciência e tecnologia) Acesso livre e rápido. Thaís Fernandes, p. 52, nº 222.
- (Ciência e tecnologia) Pólo de excelência mundial. Carla Almeida, p. 58, nº 221.
- (Ciências biomédicas) Coma menos e viva mais? Patrícia Zancan e Mauro Sola-Penna, p. 14, nº 217.
- (Ciências florestais) Manejo de cipós na Amazônia. Jeffrey Gerwing e Edson Vidal, p. 66, nº 220.
- (Ciências florestais) Medição precisa. Renata Moehlecke, p. 48, nº 220.
- Cipós na Amazônia, Manejo de. Jeffrey Gerwing e Edson Vidal, p. 66, nº 220.
- Clima e a alimentação podem interferir nas características da população de diferentes regiões?, O. Hilton P. Silva, p. 5, nº 220.
- Clima, Nova ameaça do. Olaf Malm, p. 21, nº 221.
- (Climatologia) Aerossóis e aquecimento global. Karla M. Longo, p. 10, nº 218.
- (Climatologia) O que são *sprites* e que prejuízos podem ocasionar? Osmar Pinto Jr., p. 4, nº 219.
- Coma menos e viva mais? Patrícia Zancan e Mauro Sola-Penna, p. 14, nº 217.
- (Combustível) Matéria-prima barata e eficiente. Vivian de Albuquerque, p. 50, nº 219.
- Como é composto o quefir e quais os seus benefícios para a saúde? José Maurício Schneedorf, p. 4, nº 222
- Como o gene é definido pela genética moderna? Franklin Rumjanek, p. 7, nº 221.
- Como se formam os icebergs e por que não contêm água salgada? Donizeti A. Giusti, p. 6, nº 221.
- Conseqüências epidemiológicas da fragmentação florestal. Alessandra F. D. Nava, Cássio R. L. Peterka, Débora S. Bandeira e Laury Cullen Jr., p. 66, nº 218.
- Conservação em dose dupla. Fred Furtado, p. 53, nº 220.
- Consumo perigoso. Fred Furtado, p. 49, nº 218.
- Cooperação ou conflito? Ronaldo Fiani, p. 14, nº 222.
- Corais está colaborando para a destruição de espécies?, Quem usa jóias e bijuterias adornadas com. Maria Angélica Haddad e Rosana Moreira da Rocha, p. 5, nº 222
- (Coral) Sílvia, a nova serpente brasileira. Júlio Molica, p. 56, nº 221.
- Cortadeiras sob ameaça. Danival J. Souza, p. 62, nº 222.
- (Cowan) Figura teórica se concretiza. Renata Z. Funchal, p. 76, nº 221.
- Crocodilo ancestral, Um. Cathia Abreu, p. 66, nº 217.
- Curva de Keeling, A. Felipe A.P.L. Costa, p., nº 219.
- Dança das moléculas, A. Sandra Einloft, p. 17, nº 222.
- Dar o peixe e disciplinar a pesca. Célio Yano, p. 46, nº 222.
- Datação geológica, Mais precisão na. Fernando B. Ribeiro, p. 13, nº 221.
- De que forma os microrganismos podem ajudar na purificação da água? Leda C. M. Hagler, p. 6, nº 217.
- Decifrado o genoma de três parasitas. Ana Paula C. A. Lima, p. 12, nº 219.
- Desnutrição entre os índios, A. Maurício S. Leite e Ricardo V. Santos, p. 71, nº 217.
- Dilema das estradas não-oficiais na Amazônia, O. Stephen G. Perz e Carlos Souza Jr., p. 56, nº 222.
- Discurso inaugural da ciência moderna. Bernardo J. Oliveira, p. 84, nº 217.
- DNA: motor ou freio? Franklin Rumjanek, p. 19, nº 219.
- (Doença de Chagas) Decifrado o genoma de três parasitas. Ana Paula C. A. Lima, p. 12, nº 219.
- Doença do caranguejo letárgico, A. Walter A. Boeger, Antonio Ostrensky, Marcio R. Pie e Vania Vicente, p. 68, nº 221.
- (Doença do sono) Decifrado o genoma de três parasitas. Ana Paula C. A. Lima, p. 12, nº 219.
- (Dosimetria) Radiação sob medida. Fred Furtado, p. 58, nº 218.
- Dossel florestal: a fronteira desconhecida. Sérgio P. Ribeiro e Bruno Corbara, p. 54, nº 217.
- Dragões voadores do Cretáceo. Lia Brum, p. 66, nº 221.
- (Drogas) Um olho na rua e outro em casa. Thaís Fernandes, p. 68, nº 217.
- É possível identificar o pai de uma criança quando a mãe manteve relações sexuais com dois gêmeos univitelinos? Franklin Rumjanek, p. 5, nº 219.
- (Ecologia) A curva de Keeling. Felipe A.P.L. Costa, p., nº 219.
- (Ecologia) A Lua e os pequenos mamíferos. Adriana A. Bueno e José Carlos Motta Jr., p. 64, nº 219.
- (Ecologia) Araucária, a planta do futuro. Mário César Filho, p. 56, nº 218.
- (Ecologia) Conseqüências epidemiológicas da fragmentação florestal. Alessandra F. D. Nava, Cássio R. L. Peterka, Débora S. Bandeira e Laury Cullen Jr., p. 66, nº 218.
- (Ecologia) Conservação em dose dupla. Fred Furtado, p. 53, nº 220.
- (Ecologia) Dossel florestal: a fronteira desconhecida. Sérgio P. Ribeiro e Bruno Corbara, p. 54, nº 217.
- (Ecologia) Existe algum meio eficiente de se livrar de morcegos sem usar veneno? Enrico Bernard, p. 5, nº 218.
- (Ecologia) Manejo de cipós na Amazônia. Jeffrey Gerwing e Edson Vidal, p. 66, nº 220.
- (Ecologia) Medição precisa. Renata Moehlecke, p. 48, nº 220.
- (Ecologia) Mudanças na paisagem de romance. Liana M. Barbosa, p. 74, nº 217.
- (Ecologia) Naves flutuantes de plástico. Isaac R. Santos, p. 64, nº 220.
- (Ecologia) O outro lado da certificação florestal na Amazônia. Niro Higuchi, p. 63, nº 218.

- (Ecologia) Parceiras verdes. Jane Maria F. Oliveira e Armando J. Silva, p. 52, nº 220.
- (Ecologia) Pelas águas do Solimões. Mara Figueira, p. 52, nº 221.
- (Ecologia) Quais as espécies mais ameaçadas de extinção no Brasil atualmente? Ricardo I. Rios, p. 4, nº 220.
- (Ecologia) Quem usa jóias e bijuterias adornadas com corais está colaborando para a destruição de espécies? Maria Angélica Haddad e Rosana Moreira da Rocha, p. 5, nº 222
- (Ecologia) Santuário no mar de Ipanema. Liliane Lodi, p. 60, nº 219.
- (Ecologia) Um hóspede indesejado. Murilo Alves Pereira, p. 44, nº 222.
- (Ecologia) Uma experiência em educação ambiental. Paulina M. M. Barbosa, Francisco A. R. Barbosa, Cláudio B. Guerra e Fabiane Torres, p. 68, nº 218.
- (Ecologia marinha) Dar o peixe e disciplinar a pesca. Célio Yano, p. 46, nº 222.
- (Economia) Cooperação ou conflito? Ronaldo Fiani, p. 14, nº 222.
- (Economia) Vamos de táxi? Ronir R. Luiz, p. 70, nº 219.
- Educação ambiental. Uma experiência em. Paulina M. M. Barbosa, Francisco A. R. Barbosa, Cláudio B. Guerra e Fabiane Torres, p. 68, nº 218.
- (Educação) Onde está a raiz do problema? Mário César Filho, p. 64, nº 217.
- (Educação) Por uma universidade pública, paga e de qualidade. Davi Correia, p. 60, nº 218.
- Efeito estufa pode influir em terremotos e vulcões?. O. Celso Dal Ré Carneiro, p. 6, nº 221.
- Eletricidade?, Qual a explicação física e biológica para o fato de o corpo humano se tornar condutor de. Ronald D. Ranvaud, p. 4, nº 218.
- Eletrochoque no câncer. Fred Furtado, p. 60, nº 217.
- (Eletrônica) O que é o sistema UPS? Guilherme Rolim, p. 7, nº 221.
- (Endocrinologia) Você e sua testosterona. Franklin Rumjanek, p. 17, nº 218.
- Endocrinologia, Nascimento da. Marcus Seade, p. 73, nº 220.
- (Endometriose) Solução dentro do útero. Lia Brum, p. 48, nº 222.
- (Energia nuclear) Resistência e determinação. Ricardo Galvão, p. 16, nº 222.
- (Engenharia química) Matéria-prima barata e eficiente. Vivian de Albuquerque, p. 50, nº 219.
- (Engenharia rodoviária) A face oculta das 'quedas de barreiras'. Álvaro R. Santos, p. 62, nº 220.
- Ensino de geometria descritiva no Brasil. Paulo S. B. Rebello, p. 49, nº 221.
- (Entomologia) O novo papel das moscas. Leonardo Gomes e Cláudio J. Von Zuben, p. 70, nº 220.
- (Entomologia) Todos os mosquitos têm hábitos noturnos? Lino B. Monteiro, p. 5, nº 220.
- Entrega em domicílio. Franklin Rumjanek, p. 17, nº 220.
- (Epidemiologia) Aids, seleção natural e pobreza. Luzitano B. Ferreira e Rosana Tidon, p. 57, nº 219.
- (Epidemiologia) Primo pobre das doenças. Fred Furtado, p. 54, nº 218.
- (Epidemiologia) Um olho na rua e outro em casa. Thaís Fernandes, p. 68, nº 217.
- (Erva-de-passarinho) Um hóspede indesejado. Murilo Alves Pereira, p. 44, nº 222.
- Espanjas no país, O mapa das. Júlio Molica, p. 56, nº 220.
- (Estrada Real) Pelos caminhos do Império. Catarina Chagas, p. 55, nº 218.
- Estradas não-oficiais na Amazônia, O dilema das. Stephen G. Perz e Carlos Souza Jr., p. 56, nº 222.
- (Evolução) DNA: motor ou freio? Franklin Rumjanek, p. 19, nº 219.
- Existe algum meio eficiente de se livrar de morcegos sem usar veneno? Enrico Barnard, p. 5, nº 218.
- Existem pesquisas sobre o uso de células-tronco para tratamento dos males de Alzheimer e de Parkinson? Fernanda Guarino de Felice, p. 5, nº 222
- Extinção no Brasil atualmente?, Quais as espécies mais ameaçadas de. Ricardo I. Rios, p. 4, nº 220.
- Face oculta das 'quedas de barreiras', A. Álvaro R. Santos, p. 62, nº 220.
- (Farmacologia) Os antidepressivos podem causar algum dano ao coração ou ao cérebro? Antonio E. Nardi, p. 5, nº 219.
- Figura teórica se concretiza. Renata Z. Funchal, p. 76, nº 221.
- Filtros vivos para limpar a água. Eliane M. Soriano, p. 67, nº 219.
- (Física) A luz deste século. Alessandro S. Villar e Paulo A. Nussenzeig, p. 10, nº 222.
- (Física) Figura teórica se concretiza. Renata Z. Funchal, p. 76, nº 221.
- (Física) Por que a água é líquida, se é formada por dois gases? Evaldo Curado, p. 4, nº 222
- (Física) Radiação sob medida. Fred Furtado, p. 58, nº 218.
- (Fisiologia) Por que as mulheres têm mais facilidade de que os homens de boiar na água? Ronald D. Ranvaud, p. 4, nº 219.
- (Fisiologia) Qual a explicação física e biológica para o fato de o corpo humano se tornar condutor de eletricidade? Ronald D. Ranvaud, p. 4, nº 218.
- (Fitoterapia) Consumo perigoso. Fred Furtado, p. 49, nº 218.
- (Formigas) Cortadeiras sob ameaça. Danival J. Souza, p. 62, nº 222.
- (Fotossíntese) Avanço na fisiologia vegetal. Marcel G.C. França e Queila S. Garcia, p. 76, nº 219.
- Fragmentação florestal, Conseqüências epidemiológicas da. Alessandra F. D. Nava, Cássio R. L. Peterka, Débora S. Bandeira e Laury Cullen Jr., p. 66, nº 218.
- Fungos luminosos e sensíveis. Júlio Molica, p. 60, nº 221.
- Gasolina, Pente-fino na. Júlio Molica, p. 64, nº 221.
- Gêmeos univitelinos?, É possível identificar o pai de uma criança quando a mãe manteve relações sexuais com dois. Franklin Rumjanek, p. 5, nº 219.
- Genes sob suspeita. Catarina Chagas, p. 62, nº 217.
- Genética moderna?, Como o gene é definido pela. Franklin Rumjanek, p. 7, nº 221.
- (Genética) DNA: motor ou freio? Franklin Rumjanek, p. 19, nº 219.
- (Genética) É possível identificar o pai de uma criança quando a mãe manteve relações sexuais com dois gêmeos univitelinos? Franklin Rumjanek, p. 5, nº 219.
- (Genômica) Decifrado o genoma de três parasitas. Ana Paula C. A. Lima, p. 12, nº 219.
- (Geografia) O dilema das estradas não-oficiais na Amazônia. Stephen G. Perz e Carlos Souza Jr., p. 56, nº 222.
- (Geologia) Mudanças na paisagem de romance. Liana M. Barbosa, p. 74, nº 217.
- (Geologia) O efeito estufa pode influir em terremotos e vulcões? Celso Dal Ré Carneiro, p. 6, nº 221.
- Geometria descritiva no Brasil, Ensino de. Paulo S. B. Rebello, p. 49, nº 221.
- (Geometria) As três casas. Marco Moriconi, p. 80, nº 219.
- (Graciologia) Como se formam os icebergs e por que não contêm água salgada? Donizeti A. Giusti, p. 6, nº 221.
- Gravidez com menos riscos. Renata Moehlecke, p. 48, nº 219.
- (Hanseníase) Genes sob suspeita. Catarina Chagas, p. 62, nº 217.
- (*Helicobacter pylori*) Boas idéias e inconformismo. Dulciene M. M. Queiroz e Andréia M. C. Costa, p. 12, nº 222.
- (Hematologia) Se uma mulher e um homem são O positivo, qual a probabilidade de seus filhos nascerem com fator Rh positivo ou outro tipo sanguíneo? Maria Clara F. Silva, p. 4, nº 220.
- (Herpetologia) Sílvia, a nova serpente brasileira. Júlio Molica, p. 56, nº 221.
- (História da ciência) Avanço na fisiologia vegetal. Marcel G.C. França e Queila S. Garcia, p. 76, nº 219.
- (História da ciência) Discurso inaugural da ciência moderna. Bernardo J. Oliveira, p. 84, nº 217.
- (História da ciência) Figura teórica se concretiza. Renata Z. Funchal, p. 76, nº 221.
- (História da ciência) Marco decisivo da indústria do petróleo. Giuseppe Bacocoli, p. 75, nº 218.
- (História da ciência) Nascimento da endocrinologia. Marcus Seade, p. 73, nº 220.
- (História da ciência) O abandono do círculo. Anastasia G. Itokazu, p. 74, nº 221.
- (História da ciência) Uma lua parecida com a Terra. Hauke, Hussmann, p. 70, nº 222.
- (História) Pelos caminhos do Império. Catarina Chagas, p. 55, nº 218.
- HIV, Arma contra o. Fred Furtado, p. 46, nº 219.
- (Hormônios) Chave para a preservação. Marie-Odile M. Chelini, p. 64, nº 222.
- (Huygens) Uma lua parecida com a Terra. Hauke, Hussmann, p. 70, nº 222.
- Icebergs e por que não contêm água salgada?, Como se formam os. Donizeti A. Giusti, p. 6, nº 221.
- (Imunologia) Para acabar com a úlcera de pele. Renata Moehlecke, p. 52, nº 219.
- Inatismo na linguagem humana, O. José Geraldo P. Baião, p. 81, nº 217.
- Índios, A desnutrição entre os. Maurício S. Leite e Ricardo V. Santos, p. 71, nº 217.
- (Informática) Acesso livre e rápido. Thaís Fernandes, p. 52, nº 222.
- (Informática) Memória em cubos. Julio Molica, p. 54, nº 219.
- (Informática) O que é o sistema UPS? Guilherme Rolim, p. 7, nº 221.
- Jogo do opressor e do oprimido, O. Roberto Rocha, p. 19, nº 222.
- Keeling, A curva de. Felipe A.P.L. Costa, p. 52, nº 219.
- (Kepler) O abandono do círculo. Anastasia G. Itokazu, p. 74, nº 221.
- (Laser) A luz deste século. Alessandro S. Villar e Paulo A. Nussenzeig, p. 10, nº 222.
- (Leguminosas) Parceiras verdes. Jane Maria F. Oliveira e Armando J. Silva, p. 52, nº 220.
- (Leishmaniose) Decifrado o genoma de três parasitas. Ana Paula C. A. Lima, p. 12, nº 219.
- (Leishmaniose) Novo medicamento em cápsulas diminutas Mário Cesar Filho, p. 52, nº 219.
- (Leishmaniose) Para acabar com a úlcera de pele. Renata Moehlecke, p. 52, nº 219.
- Linguagem humana, O inatismo na. José Geraldo P. Baião, p. 81, nº 217.
- (Linguística) O inatismo na linguagem humana. José Geraldo P. Baião, p. 81, nº 217.
- (Literatura) O jogo do opressor e do oprimido. Roberto Rocha, p. 19, nº 222.
- Lua e os pequenos mamíferos, A. Adriana A. Bueno e José Carlos Motta Jr., p. 64, nº 219.
- Luz deste século, A. Alessandro S. Villar e Paulo A. Nussenzeig, p. 10, nº 222.
- Mais precisão na datação geológica. Fernando B. Ribeiro, p. 13, nº 221.
- (Malária) Primo pobre das doenças. Fred Furtado, p. 54, nº 218.
- Mamíferos, A Lua e os pequenos. Adriana A. Bueno e José Carlos Motta Jr., p. 64, nº 219.
- Manejo de cipós na Amazônia. Jeffrey Gerwing e Edson Vidal, p. 66, nº 220.

- (Manguezal) Caranguejos de laboratório. Daniella Barbosa, p. 46, nº 220.
- Mapa das esponjas no país. O. Júlio Molica, p. 56, nº 220.
- Marco decisivo da indústria do petróleo. Giuseppe Bacocoli, p. 75, nº 218.
- (Matemática) As três casas. Marco Moriconi, p. 80, nº 219.
- (Matemática) Ensino de geometria descritiva no Brasil. Paulo S. B. Rebelo, p. 49, nº 221.
- (Matemática) O ouro dos piratas. Marco Moriconi, p. 80, nº 221.
- (Matemática) O problema do xilindró. Marco Moriconi, p. 80, nº 220.
- (Matemática) Onde está a raiz do problema? Mário César Filho, p. 64, nº 217.
- (Matemática) Trocar ou não de porta? Marco Moriconi, p. 78, nº 218.
- (Matemática) Um problema de tirar o chapéu. Mario Moriconi, p. 68, nº 222.
- Matéria-prima barata e eficiente. Vivian de Albuquerque, p. 50, nº 219.
- Medição precisa. Renata Moehlecke, p. 48, nº 220.
- (Medicina) A zona da penumbra. Franklin Rumjanek, p. 22, nº 217.
- (Medicina) Alternativa contra o câncer cerebral. Mário Cesar Filho, p. 60, nº 220.
- (Medicina) Arma contra o HIV. Fred Furtado, p. 46, nº 219.
- (Medicina) Boas idéias e inconformismo. Dulciene M. M. Queiroz e Andréia M. C. Costa, p. 12, nº 222.
- (Medicina) Células embrionárias sem uso de embriões? Radovan Borovjevic, p. 10, nº 220.
- (Medicina) Consumo perigoso. Fred Furtado, p. 49, nº 218.
- (Medicina) Eletrochoque no câncer. Fred Furtado, p. 60, nº 217.
- (Medicina) Existem pesquisas sobre o uso de células-tronco para tratamento dos males de Alzheimer e de Parkinson? Fernanda Guarino de Felice, p. 5, nº 222.
- (Medicina) Gravidez com menos riscos. Renata Moehlecke, p. 48, nº 219.
- (Medicina) Novo medicamento em cápsulas diminutas Mário Cesar Filho, p. 52, nº 219.
- (Medicina) O que é a síndrome do coração partido? Augusto Bozza, p. 7, nº 217.
- (Medicina) O que é síndrome de Klippel Trenaunay e como tratá-la? Ernesto L. C. Monteiro, p. 5, nº 218.
- (Medicina) Os antidepressivos podem causar algum dano ao coração ou ao cérebro? Antonio E. Nardi, p. 5, nº 219.
- (Medicina) Solução dentro do útero. Lia Brum, p. 48, nº 222.
- Memória em cubos. Julio Molica, p. 54, nº 219.
- (Meteorologia) Os mistérios dos relâmpagos. Osmar Pinto Jr., p. 78, nº 217.
- (Micologia) Fungos luminosos e sensíveis. Júlio Molica, p. 60, nº 221.
- (Microbiologia) Como é composto o quefir e quais os seus benefícios para a saúde? José Maurício Schneedorf, p. 4, nº 222.
- Mistérios dos relâmpagos. Os. Osmar Pinto Jr., p. 78, nº 217.
- Morcegos sem usar veneno?, Existe algum meio eficiente de se livrar de. Enrico Barnard, p. 5, nº 218.
- Moscas, O novo papel das. Leonardo Gomes e Cláudio J. Von Zuben, p. 70, nº 220.
- Mosquitos têm hábitos noturnos?, Todos os. Lino B. Monteiro, p. 5, nº 220.
- Mudanças na paisagem de romance. Liana M. Barbosa, p. 74, nº 217.
- Nascimento da endocrinologia. Marcus Seade, p. 73, nº 220.
- Naves flutuantes de plástico. Isaac R. Santos, p. 64, nº 220.
- (Neurociências) Pólo de excelência mundial. Carla Almeida, p. 58, nº 221.
- (Neurologia) Você e sua testosterona. Franklin Rumjanek, p. 17, nº 218.
- (Neutrino) Figura teórica se concretiza. Renata Z. Funchal, p. 76, nº 221.
- (Nobel) A dança das moléculas. Sandra Einloft, p. 17, nº 222.
- (Nobel) A luz deste século. Alessandro S. Villar e Paulo A. Nussenzeig, p. 10, nº 222.
- (Nobel) Boas idéias e inconformismo. Dulciene M. M. Queiroz e Andréia M. C. Costa, p. 12, nº 222.
- (Nobel) Cooperação ou conflito? Ronaldo Fiani, p. 14, nº 222.
- (Nobel) O jogo do opressor e do oprimido. Roberto Rocha, p. 18, nº 222.
- (Nobel) Resistência e determinação. Ricardo Galvão, p. 16, nº 222.
- Nobel 2005, Prêmio. Cássio L. Vieira, p. 10, nº 222.
- Nova ameaça do clima. Olaf Malm, p. 21, nº 221.
- Novo medicamento em cápsulas diminutas Mário Cesar Filho, p. 52, nº 219.
- Novo papel das moscas, O. Leonardo Gomes e Cláudio J. Von Zuben, p. 70, nº 220.
- (Novos materiais) Memória em cubos. Julio Molica, p. 54, nº 219.
- (Nutrição) Coma menos e viva mais? Patrícia Zancan e Mauro Sola-Penna, p. 14, nº 217.
- (Nutrição) Como é composto o quefir e quais os seus benefícios para a saúde? José Maurício Schneedorf, p. 4, nº 222.
- (Oceanografia) Dar o peixe e disciplinar a pesca. Célio Yano, p. 46, nº 222.
- (Oceanografia) Filtros vivos para limpar a água. Eliane M. Soriano, p. 67, nº 219.
- Onde está a raiz do problema? Mário César Filho, p. 64, nº 217.
- (Origem da vida) Entrada em domicílio. Franklin Rumjanek, p. 17, nº 220.
- Ouro dos piratas, O. Marco Moriconi, p. 80, nº 221.
- Outro lado da certificação florestal na Amazônia, O. Niro Higuchi, p. 63, nº 218.
- (Paleontologia) Dragões voadores do Cretáceo. Lia Brum, p. 66, nº 221.
- (Paleontologia) Mais precisão na datação geológica. Fernando B. Ribeiro, p. 13, nº 221.
- (Paleontologia) O passado submerso. Thaís Fernandes, p. 52, nº 218.
- (Paleontologia) Um crocodilo ancestral. Cathia Abreu, p. 66, nº 217.
- Para acabar com a úlcera de pele. Renata Moehlecke, p. 52, nº 219.
- Parceiras verdes. Jane Maria F. Oliveira e Armando J. Silva, p. 52, nº 220.
- Parkinson?, Existem pesquisas sobre o uso de células-tronco para tratamento dos males de Alzheimer e de. Fernanda Guarino de Felice, p. 5, nº 222.
- Passado submerso, O. Thaís Fernandes, p. 52, nº 218.
- (Paz) Resistência e determinação. Ricardo Galvão, p. 16, nº 222.
- Pelas águas do Solimões. Mara Figueira, p. 52, nº 221.
- Pelos caminhos do Império. Catarina Chagas, p. 55, nº 218.
- Pente-fino na gasolina. Júlio Molica, p. 64, nº 221.
- (Petróleo) Pelas águas do Solimões. Mara Figueira, p. 52, nº 221.
- Petróleo, Marco decisivo da indústria. Giuseppe Bacocoli, p. 75, nº 218.
- Piratas, O ouro dos. Marco Moriconi, p. 80, nº 221.
- Pobreza, Aids, seleção natural e. Luizitiano B. Ferreira e Rosana Tidon, p. 57, nº 219.
- Pólo de excelência mundial. Carla Almeida, p. 58, nº 221.
- Por que a água é líquida, se é formada por dois gases? Evaldo Curado, p. 4, nº 222.
- Por que as mulheres têm mais facilidade do que os homens de boiar na água? Ronald D. Ranvaud, p. 4, nº 219.
- Por uma universidade pública, paga e de qualidade. Davi Correia, p. 60, nº 218.
- (Praia) Mudanças na paisagem de romance. Liana M. Barbosa, p. 74, nº 217.
- Precessão dos equinócios?, O que é. João Luiz K. Moreira, p. 4, nº 218.
- (Preguiça gigante) O passado submerso. Thaís Fernandes, p. 52, nº 218.
- Prêmio Nobel 2005. Cássio L. Vieira, p. 10, nº 222.
- Primo pobre das doenças. Fred Furtado, p. 54, nº 218.
- (Probabilidade) Trocar ou não de porta? Marco Moriconi, p. 78, nº 218.
- Problema do xilindró, O. Marco Moriconi, p. 80, nº 220.
- (Pterossauros) Dragões voadores do Cretáceo. Lia Brum, p. 66, nº 221.
- Quais as espécies mais ameaçadas de extinção no Brasil atualmente? Ricardo I. Rios, p. 4, nº 220.
- Qual a explicação física e biológica para o fato de o corpo humano se tornar condutor de eletricidade? Ronald D. Ranvaud, p. 4, nº 218.
- Que é a síndrome do coração partido?, O. Augusto Bozza, p. 7, nº 217.
- Que é o sistema UPS?, O. Guilherme Rolim, p. 7, nº 221.
- Que é precessão dos equinócios?, O. João Luiz K. Moreira, p. 4, nº 218.
- Que é síndrome de Klippel Trenaunay e como tratá-la?, O. Ernesto L. C. Monteiro, p. 5, nº 218.
- Que faz um teólogo?, O. Paulo F. Dalla-Deá, p. 59, nº 222.
- Que são *sprites* e que prejuízos podem ocasionar?, O. Osmar Pinto Jr., p. 4, nº 219.
- Que são tempestades solares?, O. De que forma elas atingem a Terra? José Roberto Cecatto, p. 6, nº 217.
- Quedas de barreiras, A face oculta das. Álvaro R. Santos, p. 62, nº 220.
- Quefir e quais os seus benefícios para a saúde?, Como é composto o. José Maurício Schneedorf, p. 4, nº 222.
- Quem usa jóias e bijuterias adornadas com corais está colaborando para a destruição de espécies? Maria Angélica Haddad e Rosana Moreira da Rocha, p. 5, nº 222.
- (Química) A dança das moléculas. Sandra Einloft, p. 17, nº 222.
- (Química) O retorno do safrol. Célio Yano, p. 50, nº 222.
- (Química) Pente-fino na gasolina. Júlio Molica, p. 64, nº 221.
- (Química) Por que a água é líquida, se é formada por dois gases? Evaldo Curado, p. 4, nº 222.
- Radiação sob medida. Fred Furtado, p. 58, nº 218.
- (Reforma universitária) Por uma universidade pública, paga e de qualidade. Davi Correia, p. 60, nº 218.
- (Reines) Figura teórica se concretiza. Renata Z. Funchal, p. 76, nº 221.
- Relâmpagos, Os mistérios dos. Osmar Pinto Jr., p. 78, nº 217.
- (Relatório Silliman) Marco decisivo da indústria do petróleo. Giuseppe Bacocoli, p. 75, nº 218.
- Resistência e determinação. Ricardo Galvão, p. 16, nº 222.
- Retorno do safrol, O. Célio Yano, p. 50, nº 222.
- Safrol, O retorno do. Célio Yano, p. 50, nº 222.
- Santuário no mar de Ipanema. Liliane Lodi, p. 60, nº 219.
- (Sassafrás) O retorno do safrol. Célio Yano, p. 50, nº 222.
- (Saúde pública) De que forma os microrganismos podem ajudar na purificação da água? Leda C. M. Hagler, p. 6, nº 217.
- Se uma mulher e um homem são O positivo, qual a probabilidade de seus filhos nascerem com fator Rh positivo ou outro tipo sanguíneo? Maria Clara F. Silva, p. 4, nº 220.
- Seleção natural e pobreza, Aids. Luizitiano B. Ferreira e Rosana Tidon, p. 57, nº 219.
- Serpente brasileira, Sílvia, a nova. Júlio Molica, p. 56, nº 221.
- Sílvia, a nova serpente brasileira. Júlio Molica, p. 56, nº 221.
- (Síndrome de Down) Gravidez com menos riscos. Renata Moehlecke, p. 48, nº 219.

- Síndrome de Klippel Trenaunay e como tratá-la?, O que é. Ernesto L. C. Monteiro, p. 5, nº 218.
- Síndrome do coração partido?, O que é. Augusto Bozza, p. 7, nº 217.
- Solimões, Pelas águas do. Mara Figueira, p. 52, nº 221.
- Solução dentro do útero. Lia Brum, p. 48, nº 222.
- Sprites e que prejuízos podem ocasionar?, O que são. Osmar Pinto Jr., p. 4, nº 219.
- (Supernova) Uma luz do passado. Fred Furtado, p. 62, nº 221.
- Táxi?, Vamos de. Ronir R. Luiz, p. 70, nº 219.
- (Teatro) O jogo do opressor e do oprimido. Roberto Rocha, p. 19, nº 222.
- Tempestades solares? De que forma elas atingem a Terra?, O que são. José Roberto Cecatto, p. 6, nº 217.
- (Teologia) O que faz um teólogo? Paulo F. Dalla-Déa, p. 59, nº 222.
- (Teoria dos jogos) Cooperação ou conflito? Ronaldo Fiani, p. 14, nº 222.
- Terremotos e vulcões?, O efeito estufa pode influir em. Celso Dal Ré Carneiro, p. 6, nº 221.
- Tesouro escondido nas cidades. Helen Mendes, p. 50, nº 220.
- Testosterona, Você e sua. Franklin Rumjanek, p. 17, nº 218.
- (Titã) Uma lua parecida com a Terra. Hauke, Hussmann, p. 70, nº 222.
- Todos os mosquitos têm hábitos noturnos? Lino B. Monteiro, p. 5, nº 220.
- (Transportes) A face oculta das 'quedas de barreiras'. Álvaro R. Santos, p. 62, nº 220.
- Três casas, As. Marco Moriconi, p. 80, nº 219.
- Trocar ou não de porta? Marco Moriconi, p. 78, nº 218.
- Um crocodilo ancestral. Cathia Abreu, p. 66, nº 217.
- Um hóspede indesejado. Murilo Alves Pereira, p. 44, nº 222.
- Um olho na rua e outro em casa. Thaís Fernandes, p. 68, nº 217.
- Um problema de tirar o chapéu. Mario Moriconi, p. 68, nº 222.
- Uma experiência em educação ambiental. Paulina M. M. Barbosa, Francisco A. R. Barbosa, Cláudio B. Guerra e Fabiane Torres, p. 68, nº 218.
- Uma lua parecida com a Terra. Hauke, Hussmann, p. 70, nº 222.
- Uma luz do passado. Fred Furtado, p. 62, nº 221.
- Universidade pública, paga e de qualidade, Por. Davi Correia, p. 60, nº 218.
- UPS?, O que é o sistema. Guilherme Rolim, p. 7, nº 221.
- Útero, Solução dentro do. Lia Brum, p. 48, nº 222.
- (Vacina) Arma contra o HIV. Fred Furtado, p. 46, nº 219.
- Vamos de táxi? Ronir R. Luiz, p. 70, nº 219.
- (Veterinária) Chave para a preservação. Marie-Odile M. Chelini, p. 64, nº 222.
- Você e sua testosterona. Franklin Rumjanek, p. 17, nº 218.
- Vulcões?, O efeito estufa pode influir em terremotos e. Celso Dal Ré Carneiro, p. 6, nº 221.
- Zona da penumbra, A. Franklin Rumjanek, p. 22, nº 217.
- (Zoologia) A doença do caranguejo letárgico. Walter A. Boeger, Antonio Ostrensky, Marcio R. Pie e Vania Vicente, p. 68, nº 221.
- (Zoologia) Existe algum meio eficiente de se livrar de morcegos sem usar veneno? Enrico Bernard, p. 5, nº 218.

## AUTORES

- ABREU, Cathia. Um crocodilo ancestral, p. 66, nº 217.
- ALBUQUERQUE, Vivian. Matéria-prima barata e eficiente, p. 50, nº 219.
- ALMEIDA, Carla. Pólo de excelência mundial, p. 58, nº 221.
- ALMEIDA, Ivan P.S. e Odair D. Gonçalves. A energia nuclear e seus usos na sociedade, p. 36, nº 220.
- ARAKI, Koiti e Henrique E. Toma. Nanociência e nanotecnologia: o gigantesco e promissor mundo do muito pequeno, p. 24, nº 217.
- AZEVEDO, Eduardo R. e outros. A RMN e suas aplicações atuais, p. 40, nº 221.
- BACOCOLLI, Giuseppe. Marco decisivo da indústria do petróleo, p. 75, nº 218.
- BAENINGER, Rosana. Tendências das migrações internas no Brasil, p. 34, nº 219.
- BAGNATO, Vanderlei S. O magnífico laser: aplicações modernas de uma solução em busca de problemas, p. 30, nº 222.
- BAIÃO, José Geraldo P. O inatismo na linguagem humana, p. 81, nº 217.
- BANDEIRA, Débora S. e outros. Consequências epidemiológicas da fragmentação florestal, p. 66, nº 218.
- BARBOSA, Daniella. Caranguejos de laboratório, p. 46, nº 220.
- BARBOSA, Francisco A.R. e outros. Uma experiência em educação ambiental, p. 68, nº 218.
- BARBOSA, Liana M. Mudanças na paisagem de romance, p. 74, nº 217.
- BARBOSA, Paulina M.M. e outros. Uma experiência em educação ambiental, p. 68, nº 218.
- BERNARD, Enrico. Existe algum meio eficiente de se livrar de morcegos sem usar veneno?, p. 5, nº 218.
- BERQUÓ, Elza e Suzana Cavenaghi A evolução da fecundidade no Brasil, p. 28, nº 219.
- BOEGER, Walter A. e outros. A doença do caranguejo letárgico, p. 68, nº 221.
- BONAGAMBA, Tito J. E OUTROS. A RMN e suas aplicações atuais, p. 40, nº 221.
- BOROJEVIC, Radovan. Células embrionárias sem uso de embriões?, p. 10, nº 220.
- BOZZA, Augusto. O que é a síndrome do coração partido?, p. 7, nº 217.
- BRUM, Lia. Dragões voadores do Cretáceo, p. 66, nº 221.
- BRUM, Lia. Solução dentro do útero, p. 48, nº 222.
- BUENO, Adriana A. e José C. Motta Jr. A Lua e os pequenos mamíferos, p. 64, nº 219.
- CAPELLE, Klaus W. e outros. A RMN e suas aplicações atuais, p. 40, nº 221.
- CARNEIRO, Celso Dal Ré. O efeito estufa pode influir em terremotos e vulcões?, p. 6, nº 221.
- CARVALHO, Carlos E. e Roberto B. Carvalho. Woo-Suk Hwang (entrevista). Esperança acesa no Oriente, p. 8, nº 217.
- CARVALHO, Roberto B. e Carlos E. Carvalho. Woo-Suk Hwang (entrevista). Esperança acesa no Oriente, p. 8, nº 217.
- CARVALHO, Roberto B. e Célio Yano. Djalma Martins Pereira (entrevista). Nossas estradas precisam de socorro, p. 8, nº 221.
- CAVENAGHI, Suzana e Elza Berquó. A evolução da fecundidade no Brasil, p. 28, nº 219.
- CECATTO, José R. O que são tempestades solares? De que forma elas atingem a Terra?, p. 6, nº 217.
- CÉSAR FILHO, Mário. Alternativa contra o câncer cerebral, p. 60, nº 220.
- CÉSAR FILHO, Mário. Araucária, a planta do futuro, p. 56, nº 218.
- CÉSAR FILHO, Mário. Novo medicamento em cápsulas diminutas, p. 52, nº 219.
- CÉSAR FILHO, Mário. Onde está a raiz do problema?, p. 64, nº 217.
- CHAGAS, Catarina. Genes sob suspeita, p. 62, nº 217.
- CHAGAS, Catarina. Pelos caminhos do Império, p. 55, nº 218.
- CHELINI, Marie-Odile M. Chave para a preservação, p. 64, nº 222.
- CITTADINO, Gisele. Igualdade e 'invisibilidade', p. 34, nº 221.
- CORBARA, Bruno e Sérgio P. Ribeiro. Dossel florestal: a fronteira desconhecida, p. 54, nº 217.
- CORREIA, Davi. Por uma universidade pública, paga e de qualidade, p. 60, nº 218.
- COSTA, Andréia M.C. e Dulciene M.M. Queiroz. Boas idéias e inconformismo, p. 12, nº 222.
- COSTA, Felipe A.P.L. A curva de Keeling, p. 72, nº 219.
- COSTA, Vera R. Rodrigo Affonseca Bressan (entrevista). Esquizofrenia sem preconceito, p. 6, nº 219.
- CULLEN Jr., Laury e outros. Consequências epidemiológicas da fragmentação florestal, p. 66, nº 218.
- CURADO, Evaldo. Por que a água é líquida, se é formada por dois gases?, p. 4, nº 222.
- DALLA-DÉA, Paulo F. O que faz um teólogo?, p. 59, nº 222.
- DE FELICE, Fernanda G. Existem pesquisas sobre o uso de células-tronco para tratamento dos males de Alzheimer e de Parkinson?, p. 5, nº 222.
- DEBERT, Guíta G. O futuro da velhice, p. 68, nº 222. Resenha do livro *A revolução dos idosos*, de Frank Schirmacher.
- DIAS, João Carlos P. e outros. Doença de Chagas: mal que ainda preocupa, p. 32, nº 217.
- EINLOFT, Sandra. A dança das moléculas, p. 17, nº 222.
- FAIRCHILD, Thomas R. e William Sallun Filho. Um passeio pelo passado no shopping, p. 22, nº 222.
- FERNANDES, Thaís. Um olho na rua e outro em casa, p. 68, nº 217.
- FERNANDES, Thaís. Acesso livre e rápido, p. 52, nº 222.
- FERNANDES, Thaís. O passado submerso, p. 52, nº 218.
- FERREIRA, Adlane V.B. Fungos: os primórdios do sexo, p. 34, nº 218.
- FERREIRA, Luzitano B. e Rosana Tidon. Aids, seleção natural e pobreza, p. 57, nº 219.
- FIANI, Ronaldo. Cooperação ou conflito?, p. 14, nº 222.
- FIGUEIRA, Mara. Pelas águas do Solimões, p. 52, nº 221.
- FRANÇA, Marcel G.C. e Queila S. Garcia. Avanço na fisiologia vegetal, p. 76, nº 219.
- FUNCHAL, Renata Z. Figura teórica se concretiza, p. 76, nº 221.
- FURTADO, Fred e Franklin Rumjanek. Harold Varmus (entrevista). Câncer: hoje e amanhã, p. 6, nº 220.
- FURTADO, Fred. Arma contra o HIV, p. 46, nº 219.
- FURTADO, Fred. Bruce Lewenstein (entrevista). O importante é questionar, p. 6, nº 218.
- FURTADO, Fred. Conservação em dose dupla, p. 53, nº 220.
- FURTADO, Fred. Consumo perigoso, p. 49, nº 218.
- FURTADO, Fred. Eletrochoque no câncer, p. 60, nº 217.
- FURTADO, Fred. Primo pobre das doenças, p. 54, nº 218.
- FURTADO, Fred. Radiação sob medida, p. 58, nº 218.
- FURTADO, Fred. Uma luz do passado, p. 62, nº 221.
- GALVÃO, Ricardo. Resistência e determinação, p. 16, nº 222.
- GARCIA, Queila S. e Marcel G.C. França. Avanço na fisiologia vegetal, p. 76, nº 219.
- GARROTE FILHO, Mario S. e Nilson Penna-Silva. Uma abordagem termodinâmica da vida, p. 28, nº 221.
- GERWING, Jeffrey e Edson Vidal. Manejo de cipós na Amazônia, p. 66, nº 220.
- GIUSTI, Donizeti A. Como se formam os icebergs e por que não contêm água salgada?, p. 6, nº 221.
- GOMES, Leonardo e Cláudio J. Von Zuben. O novo papel das moscas, p. 70, nº 220.
- GONÇALVES, Odair D. e Ivan P.S. Almeida. A energia nuclear e seus usos na sociedade, p. 36, nº 220.
- GUERRA, Cláudio B. e outros. Uma experiência em educação ambiental, p. 68, nº 218.
- HADDAD, Maria A. e Rosana M. Rocha. Quem usa jóias e bijuterias adorna-

- das com corais está colaborando para a destruição de espécies?, p. 5, nº 222
- HAGLER, Leda C.M. De que forma os microrganismos podem ajudar na purificação da água?, p. 6, nº 217.
- HAIJI, Gláucia N.M. e Marilene H. Lopes. Doenças priônicas: misteriosas e fatais para animais e humanos, p. 18, nº 218.
- HIGUCHI, Niro. O outro lado da certificação florestal na Amazônia, p. 63, nº 218.
- HIPPERT, João e outros. Impactos! O jogo de bilhar no espaço, p. 42, nº 218.
- HUSSMANN, Hauke. Uma lua parecida com a Terra, p. 70, nº 222.
- ITOKAZU, Anastasia G. O abandono do círculo, p. 74, nº 221.
- LANA, Cristiano e outros. Impactos! O jogo de bilhar no espaço, p. 42, nº 218.
- LEITE, Maurício S. e Ricardo V. Santos. A desnutrição entre os índios, p. 71, nº 217.
- LESSA, Renato. Para que serve a representação?, p. 24, nº 220.
- LIMA, Ana Paula C.A. Decifrado o genoma de três parasitas, p. 12, nº 219.
- LODI, Liliane. Santuário no mar de Ipanema, p. 60, nº 219.
- LONGO, Karla M. Aerossóis e aquecimento global, p. 10, nº 218.
- LOPES, Marilene H. e Gláucia N.M. Hajj Doenças priônicas: misteriosas e fatais para animais e humanos, p. 18, nº 218.
- LUIZ, Ronir R. Vamos de táxi?, p. 70, nº 219.
- MAGALHÃES, Paulo C. A transposição das águas do rio São Francisco, p. 40, nº 217.
- MALM, Olaf. Nova ameaça do clima, p. 21, nº 221.
- MARENGO, José A. e Carlos A. Nobre. Lições do Catarina e do Katrina – as mudanças do clima e os fenômenos extremos, p. 20, nº 221.
- MENDES, Helen. Tesouro escondido nas cidades, p. 50, nº 220.
- MOEHLECKE, Renata. Gravidez com menos riscos, p. 48, nº 219.
- MOEHLECKE, Renata. Medição precisa, p. 48, nº 220.
- MOEHLECKE, Renata. Para acabar com a úlcera de pele, p. 52, nº 219.
- MOLICA, Júlio. Fungos luminosos e sensíveis, p. 60, nº 221.
- MOLICA, Júlio. Memória em cubos, p. 54, nº 219.
- MOLICA, Júlio. O mapa das esponjas no país, p. 56, nº 220.
- MOLICA, Júlio. Pente-fino na gasolina, p. 64, nº 221.
- MOLICA, Júlio. Sílvia, a nova serpente brasileira, p. 56, nº 221.
- MONTEIRO, Ernesto L. C. O que é síndrome de Klippel Trenaunay e como tratá-la?, p. 5, nº 218.
- MONTEIRO, Lino B. Todos os mosquitos têm hábitos noturnos?, p. 5, nº 220.
- MOREIRA, João Luiz K. O que é precensão dos equinócios?, p. 4, nº 218.
- MORICONI, Marco. As três casas, p. 80, nº 219.
- MORICONI, Marco. O ouro dos piratas, p. 80, nº 221.
- MORICONI, Marco. O problema do xilindró, p. 80, nº 220.
- MORICONI, Marco. Trocar ou não de porta?, p. 78, nº 218.
- MORICONI, Mario. Um problema de tirar o chapéu, p. 68, nº 222.
- MOTTA Jr., José C. e Adriana A. Bueno. A Lua e os pequenos mamíferos, p. 64, nº 219.
- NARDI, Antonio E. Os antidepressivos podem causar algum dano ao coração ou ao cérebro?, p. 5, nº 219.
- NAVA, Alessandra F. D. e outros. Consequências epidemiológicas da fragmentação florestal, p. 66, nº 218.
- NOBRE, Carlos A. e José A. Marengo. Lições do Catarina e do Katrina – as mudanças do clima e os fenômenos extremos, p. 20, nº 221.
- NUSSENZVEIG, Paulo A. e Alessandro S. Villar. A luz deste século, p. 10, nº 222.
- OLIVEIRA, Bernardo J. Discurso inaugural da ciência moderna, p. 84, nº 217.
- OLIVEIRA, Jane Maria F. e Armando J. Silva. Parceiras verdes, p. 52, nº 219.
- OLIVEIRA, Paulo M.C. Mecânica estatística, caos e complexidade, p. 20, nº 219.
- OSTRENSKY, Antonio e outros. A doença do caranguejo letárgico, p. 68, nº 221.
- PENHA-SILVA, Nilson e Mario S. Garrote Filho. Uma abordagem termodinâmica da vida, p. 28, nº 221.
- PEREIRA, Murilo A. Um hóspede indesejado, p. 44, nº 222.
- PERZ, Stephen G. e Carlos Souza Jr. O dilema das estradas não-oficiais na Amazônia, p. 56, nº 222.
- PETERKA, Cássio R. L. e outros. Consequências epidemiológicas da fragmentação florestal, p. 66, nº 218.
- PIE, Marcio R. e outros. A doença do caranguejo letárgico, p. 68, nº 221.
- PILEGGI, Mônica. Antônio Flávio Pierucci (entrevista). O país do Cristo Redentor, p. 6, nº 222.
- PINTO Jr., Osmar. O que são *sprites* e que prejuízos podem ocasionar?, p. 4, nº 219.
- PINTO Jr., Osmar. Os mistérios dos relâmpagos, p. 78, nº 217.
- QUEIROZ, Dulciene M.M. e Andréia M.C. Costa. Boas idéias e inconformismo, p. 12, nº 222.
- RAMOS, Carlos Henrique I. Proteínas sob medida: como analisar material recombinante para uso terapêutico, p. 30, nº 220.
- RANVAUD, Ronald D. Por que as mulheres têm mais facilidade do que os homens de boiar na água?, p. 4, nº 219.
- RANVAUD, Ronald D. Qual a explicação física e biológica para o fato de o corpo humano se tornar condutor de eletricidade?, p. 4, nº 218.
- REBELLO, Paulo S.B. Ensino de geometria descritiva no Brasil, p. 48, nº 221.
- REZENDE, Sergio M. A aventura da física da matéria condensada, p. 26, nº 218.
- RIBEIRO, Fernando B. Mais precisão na datação geológica, p. 13, nº 221.
- RIBEIRO, Sérgio P. e Bruno Corbara. Dossel florestal: a fronteira desconhecida, p. 54, nº 217.
- RIOS, Ricardo I. Quais as espécies mais ameaçadas de extinção no Brasil atualmente?, p. 4, nº 220.
- RIOS, Ricardo I. Vantagens e desvantagens, p. 87, nº 217. Resenha do livro *Aventuras e descobertas de Darwin a bordo do Beagle*, de Richard Keynes.
- ROCHA, Roberto. O jogo do opressor e do oprimido, p. 19, nº 222.
- ROCHA, Rosana M. e Maria A. Haddad. Quem usa jóias e bijuterias adornadas com corais está colaborando para a destruição de espécies?, p. 5, nº 222.
- RODRIGUES-CARVALHO, Cláudia. Outro olhar, p. 72, nº 221. Resenha do livro *Global archeological theory*, de Pedro P. Funari, Andrés Zaraki e Emily Stovel (eds.).
- ROLIM, Guilherme. O que é o sistema UPS?, p. 7, nº 221.
- ROMANHA, Álvaro J. e outros. Doença de Chagas: mal que ainda preocupa, p. 32, nº 217.
- ROMANO, Rafael e outros. Impactos! O jogo de bilhar no espaço, p. 42, nº 218.
- RUMJANEK, Franklin e Fred Furtado. Harold Varmus (entrevista). Câncer: hoje e amanhã, p. 6, nº 220.
- RUMJANEK, Franklin. A zona da penumbra, p. 22, nº 217.
- RUMJANEK, Franklin. Bala perdida, p. 21, nº 222.
- RUMJANEK, Franklin. Como o gene é definido pela genética moderna?, p. 7, nº 221.
- RUMJANEK, Franklin. DNA: motor ou freio?, p. 19, nº 219.
- RUMJANEK, Franklin. É possível identificar o pai de uma criança quando a mãe manteve relações sexuais com dois gêmeos univitelinos?, p. 5, nº 219.
- RUMJANEK, Franklin. Entrega em domicílio, p. 17, nº 220.
- RUMJANEK, Franklin. Você e sua testosterona, p. 17, nº 218.
- SALES, Teresa. Brasileiros longe de casa, p. 40, nº 219.
- SALLUN Filho, William e Thomas R. Fairchild. Um passeio pelo passado no *shopping*, p. 22, nº 222.
- SANTOS, Álvaro R. A face oculta das ‘quedas de barreiras’, p. 62, nº 220.
- SANTOS, Isaac R. Naves flutuantes de plástico, p. 64, nº 220.
- SANTOS, Ricardo V. e Maurício S. Leite. A desnutrição entre os índios, p. 71, nº 217.
- SBPC. As incertezas da transposição, p. 48, nº 217.
- SCHNEEDORF, José M. Como é composto o quefir e quais os seus benefícios para a saúde?, p. 4, nº 222.
- SCLIAR, Moacyr. O drama atrás das pestilências, p. 74, nº 219. Resenha do livro *A peste dos médicos*, de Sherwin B. Nuland.
- SEADE, Marcus. Nascimento da endocrinologia, p. 73, nº 220.
- SHELLARD, Ronald C. *Eppur si muove*, p. 76, nº 220. Resenha do livro *Os gé-nios da ciência, sobre os ombros de gigantes*, de Stephen Hawking.
- SILVA, Armando J. e Jane Maria F. Oliveira. Parceiras verdes, p. 52, nº 220.
- SILVA, Hilton P. O clima e a alimentação podem interferir nas características da população de diferentes regiões?, p. 5, nº 220.
- SILVA, Juremir M. Peça essencial, p. 72, nº 218. Resenha do livro *O método 6 – Ética*, de Edgar Morin.
- SILVA, Maria Clara F. Se uma mulher e um homem são O positivo, qual a probabilidade de seus filhos nascerem com fator Rh positivo ou outro tipo sanguíneo?, p. 4, nº 220.
- SOLA-PENNA, Mauro e Patrícia Zancan. Coma menos e viva mais?, p. 14, nº 217.
- SORIANO, Eliane M. Filtros vivos para limpar a água, p. 67, nº 219.
- SOUZA Jr. Carlos e Stephen G. Perz. O dilema das estradas não-oficiais na Amazônia, p. 56, nº 222.
- SOUZA, Danival J. Cortadeiras sob ameaça, p. 62, nº 222.
- STEINDAL, Mário e outros. Doença de Chagas: mal que ainda preocupa, p. 32, nº 217.
- TIDON, Rosana e Luzitano B. Ferreira. Aids, seleção natural e pobreza, p. 57, nº 219.
- TOMA, Henrique E. e Koiti Araki. Nanociência e nanotecnologia: o gigantesco e promissor mundo do muito pequeno, p. 24, nº 217.
- TORRES, Fabiane e outros. Uma experiência em educação ambiental, p. 68, nº 218.
- VIANA, Luiz W. A crise republicana e o estado de exceção, p. 18, nº 220.
- VICENTE, Vania e outros. A doença do caranguejo letárgico, p. 68, nº 221.
- VIDAL, Edson e Jeffrey Gerwing. Manejo de cipós na Amazônia, p. 66, nº 220.
- VIEIRA, Cássio L. Prêmio Nobel 2005, p. 10, nº 222.
- VILLAR, Alessandro S. e Paulo A. Nussenzevig. A luz deste século, p. 10, nº 222.
- VILLELLA Neto, Thyro. Astronomia ao alcance de todos, p. 86, nº 217. Resenha do livro *Descobrimo o universo*, de Sueli M. M. Viegas e Fábola de Oliveira (org.).
- VON ZUBEN, Cláudio J. e Leonardo Gomes. O novo papel das moscas, p. 70, nº 220.
- YANO, Célio e Roberto B. Carvalho. Djalma Martins Pereira (entrevista). Nossas estradas precisam de socorro, p. 8, nº 221.
- YANO, Célio. Dar o peixe e disciplinar a pesca, p. 46, nº 222.
- YANO, Célio. O retorno do safrol, p. 50, nº 222.
- ZAIA, Cássia T. B. V. e Dimas A. Zaia. Os cristais e a origem da vida, p. 38, nº 222.
- ZAIA, Dimas A. e Cássia T. B. V. Zaia. Os cristais e a origem da vida, p. 38, nº 222.
- ZANCAN, Patrícia e Mauro Sola-Penna. Coma menos e viva mais?, p. 14, nº 217.

