

REVISTA DE  
DIVULGAÇÃO  
CIENTÍFICA  
DA SBPC

263



VOL. 44  
SETEMBRO  
2009  
R\$ 9,95

CLAUDIO MELLO

Neurocientista estuda relação entre  
cérebro de pássaros e de humanos

ASTRONOMIA

Planetas que orbitam estrelas  
distantes podem conter vida

SUPERCONDUTORES

Novas aplicações para  
fenômeno intrigante

# CEMITÉRIOS

## Fontes de poluição





# Cuidados ao morrer

**A noção de higiene** envolve práticas de limpeza que auxiliam a prevenção de doenças e promovem o bem-estar para manter uma vida saudável. As medidas de maior impacto na saúde de uma população estão ligadas à melhoria de sua nutrição e de seus padrões de higiene, incluindo os de higiene ambiental. Entretanto, em algumas regiões do país, esse último item é menosprezado. O sepultamento de corpos humanos em covas abertas ou a implantação de cemitérios em locais inapropriados têm contribuído para a contaminação do solo e das águas subterrâneas de áreas urbanas e rurais, disseminando doenças.

O chamado necrochorume – um líquido viscoso, oriundo da putrefação dos cadáveres – é o principal responsável pela poluição ambiental causada pelos cemitérios. Ele pode carregar vírus, bactérias e outros agentes causadores de doenças, como tétano, gangrena, febre tifóide, disenteria e hepatite. Além disso, estão presentes no necrochorume metais pesados (provenientes dos adereços dos caixões), formaldeído e metanol (substâncias usadas na embalsamação dos corpos), cosméticos e produtos utilizados para maquiar os mortos, e resíduos de tratamentos químicos hospitalares (como medicamentos).

Nesta edição, geólogos da Universidade Estadual Paulista (Unesp) de Rio Claro chamam a atenção para os cuidados necessários na construção de cemitérios, observando as características geológicas e hidrogeológicas dos locais em que serão implantados. A vulnerabilidade dessas áreas à contaminação ambiental depende da estrutura e dos materiais do solo e da posição das covas em relação aos lençóis freáticos.

Tendo em mente a salubridade da população, esses fatores deveriam ser levados em consideração, mas infelizmente ainda não existe no Brasil uma política eficiente de planejamento e de gestão ambiental de cemitérios, principalmente dos públicos, capaz de evitar os riscos mencionados.

*A redação*

**INSTITUTO CIÊNCIA HOJE** • Organização da Sociedade Civil 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, 5º 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) e UFF  
**Diretores Adjuntos** • Alberto Passos Guimarães Filho (CBPF) • Caio Lewenkopf (Instituto de Física/UERJ) • Franklin Rumjanek (Instituto de Bioquímica Médica/UFRJ) • Maria Lucia Maciel (Instituto de Filosofia e Ciências Sociais/UFRJ)  
**Superintendente Executiva** • Elisabete Pinto Guedes  
**Superintendente Financeira** • Lindalva Gurfild  
**Superintendente de Projetos Estratégicos** • Fernando Szklo

**CIÊNCIA HOJE • SBPC**

**Editores Científicos** • Ciências Humanas e Sociais – Maria Alice Rezende de Carvalho (Departamento de Sociologia e Política/PUC-RIO) e Ricardo Benzaquen de Araújo (IUPERJ) • Ciências Ambientais – Jean Remy Guimarães (Instituto de Biofísica/UFRJ) • Ciências Exatas – Ivan S. Oliveira (Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas) e Suely Druck (Instituto de Matemática/UFF) • Ciências Biológicas – Débora Fogueal (Instituto de Bioquímica Médica/UFRJ)

**REDAÇÃO**

**Editora Executiva** • Alicia Ivanishevich; **Editora Assistente** • Sheila Kaplan; **Editor de Forma e Linguagem** • Cássio Leite Vieira; **Editor de Texto** • Ricardo Menandro; **Setor Internacional** • Cássio Leite Vieira; **Repórteres** • Fred Furtado, Mariana Ferraz e Tatiane Leal; **Colaboraram neste número** • Caroline Eidt e Luan Galani; **Revisoras** • Elisa Sankuevitz e Maria Zilma Barbosa; **Secretária** • Theresa Coelho  
**ARTE** • Ampersand Comunicação Gráfica S/C Ltda.  
**Diretora de Arte** • Claudia Fleury; **Programação Visual** • Carlos Henrique Viviani e Raquel P. Teixeira; **Computação Gráfica** • Luiz Baltar; (ampersand@ampersanddesign.com.br); **Diagramação** • João Gabriel Magalhães

**SUCURSAIS**

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

**SÃO PAULO** • Correspondente • Vera Rita Costa (verarita@cienciahoje.org.br). Tel.: (0xx13) 9756-0848

**PROJETOS EDUCACIONAIS E COMERCIAL** • Superintendente • Ricardo Madeira; • **Publicidade** • Sandra Soares; **Projetos educacionais** • Clarissa Akemi. End.: Rua Berta, 60 - Vila Mariana, CEP 04120-040, São Paulo, SP. Telefax: (0xx11) 3539-2000 (cienciasp@cienciahoje.org.br). **Circulação e assinatura** • Gerente • Fernanda L. Fabres. Telefax: (0xx21) 2109-8960 (fernanda@cienciahoje.org.br)

**REPRESENTANTES COMERCIAIS**

**BRÁSILIA** • Joaquim Barroncas – Tels.: (0xx61) 3328-8046/9972-0741.

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

**RECURSOS HUMANOS** • Luiz Tito de Santana

**EXPEDIÇÃO** • Gerente • Adalgisa Bahri

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

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

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

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



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

**Apoio**



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

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

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

## 24 Cemitérios: fontes potenciais de contaminação

A instalação de cemitérios, inclusive no Brasil, em locais inadequados levou à contaminação do solo e de águas subterrâneas com substâncias oriundas dos cadáveres. Esse problema ambiental só vem sendo estudado há poucas décadas.

**Por Robson Willians da Costa Silva e Walter Malagutti Filho**

## 30 Planetas extrassolares: a busca por outras Terras

São conhecidos mais de 350 planetas fora do sistema solar. A busca por esses novos mundos ocupa hoje muitos astrônomos. Além de ajudar a saber mais sobre a origem do nosso planeta, essa pesquisa também pode levar à descoberta de vida extraterrestre.

**Por Thiago Matheus e Eduardo Janot Pacheco**

## 36 Floresta atlântica nordestina: fragmentação, degeneração e perda de biodiversidade

A fragmentação de habitats em florestas tropicais empobrece a flora e a fauna e altera as interações ecológicas. Combater esse processo, para proteger o que resta da mata atlântica no Nordeste, depende da articulação de diversos setores da sociedade.

**Por Marcelo Tabarelli, Severino Ribeiro Pinto e Inara Roberta Leal**



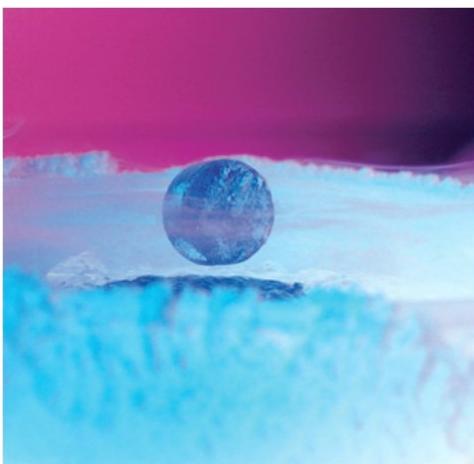


Capa: Cícero Rodrigues

## 42 Supercondutividade de alta temperatura crítica: passado, presente e futuro de um fenômeno ainda misterioso

Os supercondutores estão presentes hoje em diversos equipamentos. Esses materiais, que carregam eletricidade sem perder energia, intrigam os físicos, inclusive brasileiros, que realizam estudos para tentar compreender o fenômeno e encontrar novas aplicações.

Por Antonio R. de C. Romaguera, Cristiane Moraes Smith e Mauro M. Doria



### O LEITOR PERGUNTA

- 8 Por que algumas roupas de algodão encolhem?
- 8 Qual a ação do açúcar de cana sobre os micro-organismos, uma vez que ele é usado para conservar doces em caldas?
- 9 A extração de petróleo em grande escala também contribui para as mudanças climáticas?
- 9 Qual a diferença entre um antibiótico bactericida e um bacteriostático?

### ENTREVISTA

#### 10 Claudio Vianna de Mello

##### Cérebro de passarinho

Neurocientista aponta lições trazidas pelos cantos dos pássaros

### MUNDO DE CIÊNCIA

#### 14 O bico do tucano: mistério resolvido ou mais dúvidas?

Apêndice exagerado funciona como um radiador térmico para a ave

### A PROPÓSITO

#### 23 Genoma zero

Um método para descobrir se já existiu vida sem ácidos nucleicos

### EM DIA

#### 49 SBPC na Amazônia

Reunião de cientistas debate estudos e perspectivas para a região

#### 53 Valorização do autor

Projeto divulga o trabalho de artistas populares de todo o Brasil

#### 56 Gigante dos mares em areias fluminenses

Achado na costa brasileira um dos mais raros tubarões do mundo

#### 58 Alta tecnologia em voos: aliada ou vilã?

Tese defende valorização da autonomia dos pilotos de aviões

#### 60 Cegos 'antenados'

Computadores ganham inovações para uso por deficientes visuais

#### 62 Medicina assistida

Rede de computação auxilia atuação de médicos em todo o país

#### 64 Elixir da lembrança

Confirmado papel do butirato sódico em memórias de longa duração

#### 66 Pressão controlada

Novo remédio para hipertensão é desenvolvido em Minas Gerais

68

### FUTURO CIENTISTA

### OPINIÃO

#### 69 Biodiversidade no mar profundo

Leitos oceânicos, em grandes profundidades, são ricos em vida

### RESENHA

#### 72 A floresta redesenhada

Resenha do livro *Um futuro para a Amazônia*, de Bertha Becker e Claudio Stenner

### MEMÓRIA

#### 75 Marcas registradas

Linhas espectrais dos elementos foram descobertas há 150 anos

78

### CARTAS

### QUAL O PROBLEMA?

#### 79 Testes para a seleção – Parte 2

Para conseguir certos empregos, é preciso exercitar o raciocínio

### SOBRE HUMANOS

#### 80 A língua do nazismo

Chega ao Brasil obra sobre como o nazismo marcou idioma alemão

## ? Por que algumas roupas de algodão encolhem?

TIAGO FONSECA, POR CORREIO ELETRÔNICO

Algumas roupas encolhem, na lavagem e na secagem, porque durante esses processos as fibras e os fios do tecido tendem a retornar à conformação que assumiram quando o fio ou o tecido foram fabricados. As fibras de algodão contêm principalmente celulose, polímero orgânico formado por longas cadeias de moléculas de glicose. Parte dessas cadeias organiza-se de maneira ordenada e parte de modo irregular, e essa dupla conformação confere às fibras tanto elasticidade quanto resistência.

Na formação do fio, as fibras são dispostas em paralelo e torcidas, gerando uma estrutura espacial que dá ao material uma 'memória física'. Em seguida, na fabricação do tecido de algodão, os fios são tensionados, seja em tecidos do tipo malha (com fios entrelaçados) ou do tipo plano (com cruzamento perpendicular dos fios). Quando a roupa é confeccionada, o tecido é cortado e sua estrutura física original é alterada.

O uso diário da roupa também tensiona o tecido, modificando a conformação interna. Ao ser lavada e seca, a roupa encolhe devido ao retorno à memória física original, ou seja, as fibras e os fios se reposicionam para atingir novamente a conformação de equilíbrio. Uma maneira de minimizar esse problema é pré-encolher o tecido na fábrica, o que pode ser feito com máquinas que, por meio da aplicação de temperatura e tensão controladas, conferem uma nova memória física ao tecido. Assim, o encolhimento posterior será menor.

**Leonardo Garcia Teixeira Mendes**

*Coordenação de Engenharia, Centro de Tecnologia da Indústria Química e Têxtil (Cetiqt), Faculdade do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai)*

FOTO: ADRIAN GZ/SXC

## ? Qual a ação do açúcar de cana sobre os micro-organismos, uma vez que ele é usado para conservar doces em caldas?

IZAIAS DO VALE, POR CORREIO ELETRÔNICO

A ação do açúcar (sacarose) obtido da cana-de-açúcar, ou de outros vegetais, sobre os micro-organismos – o que faz com que ele seja utilizado em conservas –, não se deve à sua origem, mas à alta concentração. Esse é um método de conservação de alimentos que vem sendo usado desde a Antiguidade.

As células dos micro-organismos, para manter sua atividade e reprodução, necessitam de certa quantidade de água. Quando submetidas a um ambiente, como o das conservas, com uma grande quantidade de substâncias dissolvidas (solutos), ou

seja, uma osmolaridade alta, a água do interior da célula do micro-organismo tende a sair por osmose (ela vai do meio menos concentrado para o mais concentrado) e ocorre a retração do volume da célula, chamada de plasmólise, impedindo assim o crescimento microbiano e a contaminação e deterioração do alimento.

Convém ressaltar que diferentes espécies de micro-organismos têm diferentes níveis de resistência à alta osmolaridade, portanto, recomenda-se a utilização de boas práticas na hora do preparo. Além disso, apesar de ser um método muito eficiente, tem prazo de validade, como qualquer outro.

**Alessandro Riffel**

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) – Tabuleiros Costeiros (SE)*

FOTOS: SXC/PHU





## ? A extração de petróleo em grande escala também contribui para as mudanças climáticas?

MARIA ALICE C. PEDOTTI, POR CORREIO ELETRÔNICO

Não há até agora elementos que permitam concluir que a extração petrolífera tenha influência nas mudanças climáticas.

Em geral, o petróleo ocupa os espaços porosos de rochas denominadas reservatórios. Devido à segregação gravitacional, eventualmente formam-se nos reservatórios capas de gás (acima dos intervalos com petróleo) e aquíferos (zonas portadoras de água de formação localizadas abaixo desses intervalos). Em alguns casos, a extração do óleo se dá por mecanismos naturais, primários, quando os volumes produzidos são repostos, por exemplo, por expansão da capa de gás e/ou do aquífero. Em outros casos, obtêm-se melhores resultados injetando-se artificialmente gás, água ou outros fluidos (gás carbônico, vapor d'água, solventes etc.) com o emprego de métodos de recuperação denominados secundários ou terciários.

De qualquer forma, em uma rocha-reservatório típica (30% de porosidade, 70% de saturação de óleo e 30% de recuperação), o volume total de petróleo extraído corresponde a apenas cerca de 6% do total da rocha, com volumes eventualmente injetados ainda menores. Considere-se ainda que o fluxo térmico proveniente do interior da Terra tende a equalizar rapidamente as temperaturas da superfície, mesmo nas áreas de intensa produção de petróleo. Portanto, não há contribuição da extração de petróleo para o aquecimento global e, conseqüentemente, para as mudanças climáticas na Terra.

**Giuseppe Bacocoli**

Programa de Recursos Humanos, Agência Nacional do Petróleo e Coordenação de Programas de Pós-graduação em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro

## ? Qual a diferença entre um antibiótico bactericida e um bacteriostático?

FREDERICO PRADO ABREU,  
POR CORREIO ELETRÔNICO

A diferença está na ação desses antimicrobianos ou antibióticos sobre as bactérias. Os bactericidas (*cida*, do latim, significa 'que mata') são aqueles que, ao atingirem seus alvos específicos, matam ou eliminam diretamente as bactérias. Como exemplo, podemos citar os antibióticos betalactâmicos, como as penicilinas e as cefalosporinas, cujos alvos letais são enzimas responsáveis pela síntese da parede bacteriana.

Já os antibióticos bacteriostáticos (*stásis*, do grego, significa fixação, inibição) não são capazes de matar diretamente, mas apenas de interromper ou inibir o crescimento ou multiplicação das bactérias. Assim, mais do que os bactericidas, os antibióticos bacteriostáticos dependem, para uma ação letal definitiva, do sistema de defesa do hospedeiro. As tetraciclínas, que inibem a síntese de proteínas, são exemplos clássicos desse grupo de antibióticos. Essa diferença, portanto, deve ser considerada na escolha do medicamento adequado para o tratamento de uma infecção, sendo os antibióticos bactericidas os mais adequados para o tratamento nos casos em que há deficiência do sistema imunológico do doente.

**Edmar Chartone**

Instituto de Ciências Biológicas,  
Universidade Federal de Minas Gerais

CARTAS À REDAÇÃO

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

**CORREIO ELETRÔNICO:**  
cienciahoje@cienciahoje.org.br

# CÉREBRO DE PASSARINHO



## Claudio Vianna de Mello

Normalmente usada para denotar pessoas de baixa capacidade mental, a expressão ‘cérebro de passarinho’ parece não fazer jus a alguns membros do grupo. Afinal, aprender a produzir sons não é tarefa fácil. De todos os mamíferos, apenas humanos, cetáceos e morcegos exibem essa característica. Mas, curiosamente, além deles, três grupos de aves (entre os 23 existentes) também aprendem a vocalizar sons: papagaios, beija-flores e pássaros canoros, grupo que inclui os canários.

O neurocientista Claudio Vianna de Mello é especialista no assunto. Professor da Universidade de Saúde e Ciência do Oregon, nos Estados Unidos, e um dos fundadores do Instituto Internacional de Neurociência de Natal (IINN), Mello trabalha com pássaros canoros há mais de 20 anos. Em visita ao Brasil para a realização de um colóquio no Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), no Rio de Janeiro, o pesquisador contou à *Ciência Hoje* como os estudos com pássaros são responsáveis pela abertura de novos campos de pesquisa na neurociência moderna.

Nesta entrevista, Mello lembra que estudos com canários já revolucionaram a ciência ao mostrar que existe a formação de novos neurônios na vida adulta, algo impensável há duas décadas. E conta como agora esses animais são usados como modelo para estudos de genes relacionados à fala, abrindo a possibilidade futura do desenvolvimento de drogas e tratamentos para distúrbios em humanos.

**Mariana Ferraz**

*Ciência Hoje/RJ*

**Zinda Vasconcellos**

*Departamento de Ciências da Linguagem (UFRJ)*

**Dayse Lima**

*Núcleo de Comunicação Social (CBPF)*

### Quais as principais semelhanças entre o aprendizado do canto pelos pássaros e o da fala pelos humanos?

Há várias semelhanças. A necessidade de o pássaro ouvir um modelo, do pai ou do tutor, é uma delas. Mas, de modo geral, há uma semelhança, que é a necessidade de o mecanismo da audição estar intacto. O passarinho jovem canta, e precisa ouvir o que está produzindo, pois assim o cérebro pode comparar o som produzido com a memória do modelo do adulto. Esse processo precisa de uma audição intacta e essa é uma característica básica da fala em humanos. A criança que tem surdez de nascença não desenvolve a fala porque precisa desse retorno. Outra característica é a existência, para um grande número de espécies, do período crítico. O animal tem que ser exposto ao modelo durante certa fase, o que também é uma característica da aprendizagem da fala. Outra semelhança é que as vocalizações aprendidas têm uma variabilidade individual. Quando se aprende uma vocalização, não se copia exatamente o modelo, se faz uma aproximação. O resultado é que cada indivíduo tem uma peculiaridade. Isso causa uma variabilidade das vocalizações detectável e que, nos pássaros, é usada até para identificar diferentes indivíduos da mesma espécie.

### Até alguns anos atrás, se falássemos com um linguista, ele provavelmente seguiria a visão do norte-americano Noam Chomsky e diria que a fala é inata. O que é inato e o que é aprendido no canto dos pássaros?

É muito claro que, para os pássaros que têm aprendizado vocal, a experiência é necessária, o que não quer dizer que não haja um componente genético, inato. Se o pássaro for isolado e nunca ouvir o canto de um modelo, ainda assim ele vai ter um canto. Ele tem um 'programinha' para produzir uma sequência que se parece com o canto da espécie, mas que é diferente do canto adulto. As fêmeas, por exemplo, não aceitam o canto desse indivíduo. Esse animal isolado tende a repetir certas sílabas, quase como se estivesse gago, e os padrões acústicos de seu canto não são tão estáveis. Então, existe, provavelmente, um programa genético de produção de certos padrões de vocalização, mas os circuitos de produção do canto precisam ser elaborados e transformados pela experiência. Como quase tudo na vida, não há apenas A ou B, preto e branco. E isso nos permite separar esses dois componentes, o que é genético ou não. Há, em algumas espécies, uma coisa interessante: a ordem de produção de certas sílabas parece vir 'programada', existe uma preferência para a reprodução de certas sequências de sílabas.

### Por motivos fisiológicos?

É possível. Existem estudos sobre essas limitações. Pesquisadores que tentaram ensinar diferentes sequências de sílabas viram que algumas têm flexibilidade, podendo estar em diferentes posições, outras não. Isso pode significar que há vocalizações que não podem ser produzidas porque o aparato vocal tem que estar em certa posição, trata-se de uma impossibilidade física. Mas há certa flexibilidade na posição das sílabas, e aí chegamos à questão cultural, ao fato de haver preferência para a produção de certas sequências. E eu falei de pássaros isolados, mas podemos ir além e fazer a lesão da cóclea [porção do ouvido interno] em um pássaro jovem e impedir que ele ouça o canto. Se fizermos isso, o canto será mais degenerado. Esse animal surdo vocaliza um subcanto, como o balbucio das crianças.

**Não há evidências diretas de que o canto do pássaro tenha valor simbólico, que esteja comunicando uma mensagem usando combinações**

### Há um gene para a linguagem?

#### Esse seria o papel do gene Foxp2?

O Foxp2 está mais para um gene da fala do que da linguagem. A linguagem tem um componente semântico. Não quero dizer que os pássaros não tenham esse componente, mas é algo difícil de ser demonstrado. Não há evidências diretas de que o canto do pássaro tenha algum valor simbólico, que ele esteja comunicando alguma mensagem usando combinações. O problema é que a maior parte dos estudos sobre o canto está voltado para demonstrar a imitação. O que se faz é trabalhar com uma sequência de sílabas, chamada motivo. As sílabas são o componente mais unitário do canto, mas elas são organizadas em sequências – por exemplo: A, B, C, D, E, F, G, F, G. Essa é a assinatura do canto, o motivo que o pássaro repete, como se fosse um refrão. O tentilhão dá uma ou duas notas introdutórias e depois entra no motivo e o repete. E ele canta esse mesmo motivo quando está em isolamento, ou para outro pássaro macho, ou para uma fêmea. Difícil dizer se há um componente semântico, já que ele usa o mesmo canto em diferentes contextos. Porém, a sequência e o número de motivos, a ênfase que dá ao canto nesses diferentes contextos é uma questão ainda não explorada. Ele pode estar comunicando uma mensagem através dessa organização mais global do canto e simplesmente não sabemos disso. ▶

### **Mas, se um pássaro cantar diante de um macho e de uma fêmea, a resposta será diferente, não?**

A comunicação não é só vocal. Quando o pássaro canta para a fêmea, ele tem uma postura, uma dança. Então, de modo simplista, pode-se dizer que a intenção é dada pelo comportamento. Inicialmente se acreditava nisso. Mas um estudo mais recente mostra que o canto do tentilhão para um macho e para uma fêmea é um pouco diferente. Quando ele canta para a fêmea, canta mais rápido e mais vezes, além de aumentar o número de notas introdutórias. A pesquisadora responsável por esse estudo gravou esses cantos e apresentou para a fêmea sem o componente visual e viu que elas conseguem discriminar. Então, é relativo. O uso das vocalizações no contexto comportamental ainda é pouco conhecido.

### **Tratando o Foxp2 como um gene da fala, qual é o seu papel?**

O Foxp2 foi descoberto em famílias com dificuldade de produzir o gesto orofacial associado à fala. Essa dificuldade é genética e, quando foi feito o reconhecimento desse gene, viu-se que uma mutação causa a quebra de uma proteína, que deixa de ser funcional. Então, dois grupos, um na Universidade da Califórnia (EUA) e outro no Instituto Max Planck (na Alemanha) se perguntaram: será que esse gene, envolvido na fala de humanos, também está envolvido no canto dos pássaros? Por ser bem conhecido, poderia servir de modelo. Eles mostraram que o Foxp2 é expresso em algumas áreas do canto. O grupo da Alemanha, ano passado, conseguiu interromper a ação desse gene em uma área específica do cérebro. Isso fez com que os pássaros apresentassem dificuldades de aprendizado e produzissem o canto com uma variabilidade muito maior que a normal, não conseguindo uma boa cópia do modelo. Ou seja, os pesquisadores mostraram que, realmente, o Foxp2 está envolvido no aprendizado do canto. Com isso, o pássaro canoro se torna um modelo importante, porque não há como fazer esse estudo em humanos. Agora a busca é para saber quais genes interagem com o Foxp2 para então manipular esses genes e estudar até se chegar a possibilidades de terapia gênica.

### **Um trabalho seu está mudando a percepção do papel da vitamina A para o aprendizado.**

#### **Em que consiste?**

Descobrimos que está expressa no circuito do canto uma enzima que metaboliza a vitamina A e a transforma em ácido retinoico. Esse ácido tem várias ações no cérebro e é essencial para a formação de padrões no embrião. Se o ácido retinoico é expresso no lugar errado, tem-se uma asa ou um membro fora do lugar. Acreditava-se que esse ácido só atuava no embrião,

mas nós descobrimos que ele está expresso no circuito do canto até a vida adulta e há evidências de sua importância para o aprendizado, para a memória. Nossa hipótese é que uma molécula como essa presente no sistema do canto estaria assinando a história nutricional do animal. Estamos testando se uma alimentação inadequada afetaria a propriedade do canto. Para ver se a qualidade do canto estaria transmitindo uma mensagem sobre a história do animal, sobre sua vitalidade e capacidade de combater parasitas. Mas isso é hipotético. Publicamos, no ano passado, o primeiro estudo nesse sentido. Fizemos o que era mais fácil no primeiro experimento: demos excesso de vitamina A na dieta, porque o excesso do ácido retinoico também causa problemas, como a má formação do feto. O animal aprendeu, mas o amadurecimento do circuito do canto foi interrompido. O ácido retinoico está exatamente associado à diferenciação dos tecidos, a célula nervosa precisa do ácido retinoico para se diferenciar. Essa é uma ligação que estamos tentando explorar.

### **O estudo com pássaros foi essencial para descobrir a formação de novos neurônios na idade adulta, não?**

Hoje se ouve falar em formação de neurônios na vida adulta por conta da pesquisa com os pássaros. Isso começou há uns 30 anos, com estudos com o canário. Os pássaros que migram, nas zonas temperadas, cantam na primavera e depois param e migram. Quando param de cantar, as áreas do cérebro relacionadas ao canto regridem, e, na primavera seguinte, crescem novamente. O que se constatou foi que essas áreas voltam a estar presentes porque novos neurônios se formam todo ano. Fernando Nottebohm [biólogo da Universidade Rockefeller, EUA] testou e provou essa hipótese, mas ele começou se perguntando sobre o canto, sobre o porquê de os pássaros vocalizarem em uma época e pararem em outra. Outro experimento que ele fez foi pegar fêmeas, que não vocalizam, e dar a elas hormônio masculino. Elas começaram a cantar. O que está acontecendo nesse cérebro? As áreas do canto cresciam, recebiam novos neurônios. Mais tarde, viu-se que esse processo de formação de novos neurônios acontecia no cérebro inteiro das aves e isso se tornou uma área fundamental da neurociência. A partir dessas publicações, a literatura da pesquisa em humanos e outras espécies começou a ser revista.

Quando eu estudei, os livros diziam que não existia neurogênese na vida adulta. Os estudos em humanos só foram feitos porque se mostrou que isso pode acontecer em um vertebrado. E tudo começou com o estudo dos canários. Gosto muito de citar esse caso porque o Nottebohm inicialmente não era um neurocientista, era um etólogo, estudava o compor-

tamento dos animais. E ele só se fez essa pergunta porque tinha uma visão considerada ingênua entre os neurocientistas da época. Para o pessoal que vai fazer pós-graduação, a primeira coisa que eu digo é que comecem a pensar, a duvidar do que está escrito. Fazer ciência não é pegar um livro e decorar o que está ali, é realmente pensar sobre o fenômeno e buscar uma explicação para ele.

**Por muito tempo, Chomsky disse que a linguagem não era fruto de seleção natural e sim uma consequência de um estado de avanço do sistema nervoso ou de forças físicas e químicas que atuavam a partir de certo grau de desenvolvimento. O que o estudo do aprendizado do canto dos pássaros diz sobre isso?**

Há três grupos de pássaros que têm aprendizado vocal e vários grupos intermediários que não têm. Nesse caso, há duas possibilidades quando se fala em evolução. Uma é que haveria um ancestral comum a esses grupos que tinha o aprendizado, e várias linhagens perderam essa capacidade, só mantida em três delas. A outra explicação é que esse traço apareceu três vezes separadamente. O que é mais provável? Essa questão não tem uma resposta taxativa. Acho que se trata de evolução convergente [quando a mesma característica aparece de forma independente em diferentes grupos] pelo seguinte: esse circuito não evolui de modo totalmente aleatório, o pássaro tem um arcabouço, um formato do cérebro. Essa situação não só deve ter acontecido três vezes como teve soluções parecidas, como o mesmo número de núcleos cerebrais dispostos nas mesmas posições.

**Seria como se o nosso cérebro tivesse potencialidades que, dados certos desafios ambientais, são exploradas ou não?**

Poderia ser. Mas se olharmos um lagarto ou um peixe ou um sapo, o telencéfalo deles não tem uma complexidade comparável ao das aves, por exemplo, e eu diria que, provavelmente, não vai evoluir para o aprendizado da vocalização. Mas essa é uma questão difícil. Qual seria o significado evolutivo do aprendizado vocal? Há 23 grupos de aves, três têm essa característica e outros 20 não a têm e estão 'muito bem, obrigado'. Mas o aprendizado vocal possibilita o surgimento dos dialetos, o que poderia, talvez, facilitar a especiação, porque pode chegar um ponto em que um indivíduo não reconhece mais a vocalização de outros. E, realmente, o grupo dos pássaros canoros é o mais diverso entre as aves. Há estimativas de que existam de 6 a 8 mil espécies. Mas sabemos muito pouco sobre qual modificação do ambiente ou qual outro fator levaria ao surgimento do aprendizado das vocalizações. Vejamos outros grupos em que há aprendizado da vocalização: morcegos, cetáceos

e humanos. Eles são separados na filogenia. Assim, acho improvável que tenha havido algum ancestral comum que deu origem a essa capacidade. Acredito que haja, talvez, semelhanças nos nichos. É a mesma coisa entre os primatas, de alguma forma os homínidos seguiram por uma linhagem na qual essa capacidade conferiu vantagens. E por que estudar isso nos pássaros, se eles não têm nada a ver com os humanos? Por uma questão de analogia, já que, em termos de aprendizado vocal, a tarefa a ser feita é semelhante.

**Fazer ciência não é pegar um livro e decorar o que está ali, é realmente pensar sobre o fenômeno e buscar uma explicação para ele**

**O senhor pretende estudar a diversidade de pássaros brasileiros?**

Os três grupos com aprendizado vocal estão bem representados no Brasil: os canoros, ou ocinos, os psitacídeos (papagaios e periquitos) e os beija-flores. Estamos no lugar ideal para estudá-los. Outra vantagem é que o grupo dos subocinos, que não têm aprendizado vocal, também é muito grande no Brasil. E esse é um grupo irmão dos ocinos, que tem aprendizado. Acreditamos que alguns dos subocinos estejam no limiar de desenvolver o aprendizado vocal. Como aconteceu nesses três grupos, pode ser que esteja para acontecer em outros. Em quais, a gente não sabe. Precisamos estudar melhor a biologia dessas espécies, entender quais são as relações com o ambiente, fazer o registro das vocalizações, ver se há evidência de variabilidade.

**O Instituto Internacional de Neurociência de Natal, que o senhor ajudou a fundar, pretende abordar essa linha de pesquisa?**

Essa é uma linha que pode ser conduzida lá. Até porque a área de Natal tem características muito peculiares, tem um resquício da mata atlântica ao norte e está a poucos quilômetros do semiárido, da caatinga. Há áreas de mata com cactos, uma coisa meio inusitada, e possivelmente um local de grande biodiversidade. Será que existe um bioma propício ao aprendizado vocal? Seria interessante explorar essa biodiversidade em todos os campos, para a descoberta de medicamentos, por exemplo. A maior parte das drogas que conhecemos e que afetam a neurotransmissão veio de toxinas de animais. Então, por que não montar um lugar onde possamos estudar *in loco*? Essa é uma ideia do centro de Natal. ■

# O bico do tucano: mistério resolvido ou mais dúvidas?

Muito já se especulou sobre as vantagens e desvantagens evolutivas do bico do tucano, que, em relação ao tamanho do corpo, é o maior em área e volume entre todas as aves do mundo. É certo que não é apropriado para se coçar, nem é lá muito aerodinâmico. Seria vantajoso para manipular e descascar frutos? Ou para comer filhotes de outras aves?

Entre tantas dúvidas, uma equipe de pesquisadores formada por dois brasileiros e um canadense mostrou que o bico do tucano serve como um radiador térmico, fazendo o papel de um ar-condicionado para o corpo dessa majestosa ave. Esses resultados estão em *Science* (24/07/09, pp. 468-470).

O biólogo tem mania de tentar explicar as peculiaridades dos animais e das plantas como sendo vantajosas de alguma maneira. Para quem estuda pássaros e outras aves (pesquisador chamado 'ornitólogo'), a forma do bico é quase sempre associada ao tipo de comida predileta ou ao jeito de procurar alimento da espécie. Os beija-flores têm bicos finos e compridos para inseri-los em flores e chupar o néctar encontrado no fundo. As garças também têm bicos longos, mas em forma de lança, e pescoços extensos para arpoar os peixes, como faz o pescador com sua zagaia. Gaviões têm bicos curtos, fortes e afiados para rasgar a carne das presas.

E os tucanos, então? Nosso tucano, bicho familiar e emblemático do trópico americano, tem o maior bico (em volume ou área) de todas as aves do mundo, em relação a seu tamanho corporal. Mas para que aquele bicão todo?

É fácil imaginar as desvantagens de um bico enorme desses. Como o tucano coça seu peito? Com o pé! E a aerodinâmica – o bico não atrapalha na hora de voar? Apesar de grande, o bico do tucano não é pesado. Tem uma estrutura leve, cheia de pequenos ossos. Mesmo assim, um vento batendo de lado poderia tirar um tucano de seu rumo, como se estivesse empurrando uma vela em um barco. É por isso que a gente nunca vê um tucano em voo virar sua cabeça para o lado. No máximo, ele a gira,

mantendo o bico no rumo, para olhar com um olho para baixo e outro para cima. Enfim, carregar um apêndice desse tamanho complica a vida de uma ave.

E as vantagens? Para responder, o ornitólogo corre para a dieta. Tucanos comem muitos frutos, e já foi sugerido que o bico deles tem capacidade especial para manipular e até descascar frutos. Tucanos também são notórios por comer os filhotes dos ninhos de outros pássaros. Mas gaviões fazem isso com as garras, e gralhas fazem com bicos bem mais modestos. O naturalista inglês Charles Darwin (1809-1882) sugeriu que o bico enorme e colorido fosse importante em exibições nupciais.

Tudo isso pode ser verdade. O que ninguém esperava era que o bicão do tucano também servisse como um aparelho de ar-condicionado para o corpo dele.

De fato, o mecanismo é mais parecido com o do radiador de um carro, como foi descoberto em um estudo recente publicado na revista *Science* por dois brasileiros e um canadense. O bico do tucano é extremamente vascularizado, penetrado por uma rede extensa de pequenos vasos capilares perto da superfície. O sangue que passa pelo bico se esfria, irradiando seu calor para o ar, antes de voltar para o resto do corpo, que é isolado termicamente por penas.

Usando uma câmera especial para detectar calor (figura), os pesquisadores notaram que,

CORTESIA DE GLENN TATTERSALL



Tucanuçu  
(*Ramphastos toco*)  
visto por meio  
de imagem térmica.  
As áreas em amarelo  
são as mais quentes;  
as roxas, as mais frias.  
No destaque, um  
tucanuçu em cativeiro

quanto mais quente fica o ambiente, maior a extensão do bico que também se aquece. Para manter sob controle a temperatura de seu corpo, o tucano consegue controlar quanto sangue vai para o bico e para quais partes dele. No maior calor, o bico todo recebe sangue, e a ave chega a abrir a boca, expondo o lado interno do bico (também irrigado por veias), aumentando, ainda mais, a superfície quente exposta ao ar e ao vento.

O bico do tucano é um radiador térmico.

É assim que funciona também a termorregulação do elefante pelas orelhas. Mas a descoberta de que o bico do tucano tem esse papel acaba de identificar o mais eficiente termorregulador no reino animal, capaz de dissipar até 400% do calor da ave! Isso certamente confere uma grande vantagem para uma espécie que vive na região tropical.

Então, foi por isso que o tucano evoluiu seu enorme bico?

O tucanuçu (*Ramphastos toco*), a espécie estudada e o maior

e mais bicudo dos tucanos, vive nas matas da região do cerrado, onde pousa em galhos expostos na copa das árvores, sob sol quente. Faz sentido, portanto, ter um mecanismo para esfriar. Mas e as centenas de outras espécies de aves que vivem no cerrado? Como aguentam o calor com seus bicos normais? Será que o tucano consegue passar mais tempo ativo nos horários mais quentes do dia? Como suas costas e asas são todas pretas, aumentando mais ainda suas chances de hiperaquecimento, talvez o tucanuçu precise de mais ajuda para se esfriar. Mas a maria-preta-de-penacho (*Knipolegus lophotes*) é toda preta e fica o dia todo nos fios e postes do cerrado. E o anu-preto (*Crotophaga ani*) também. Aliás, o anu tem um bico esquisito, alto e achatado. Será que ele serve também para a termorregulação?

Ao mesmo tempo em que o bico grande do tucano parece ser uma vantagem no calor, também pode se tornar um prejuízo em um clima frio, onde o animal não quer deixar seu corpo esfriar. Há

espécies de tucanos que vivem somente em matas de altitude nos Andes, onde faz bastante frio. Será que essas têm bicos proporcionalmente menores? Pode ser – falta estudar isso.

Mas o fato de os tucanos terem bicos grandes (sua marca registrada) em climas quentes e frios sugere que aquele tamanho deve ter alguma utilidade a mais, além de dissipar calor.

Voltamos a pensar em dieta?

Pelo jeito, não falta o que estudar, mesmo no tucano, bicho comum e familiar. E assim vai o curso da ciência – cada nova descoberta avançando nosso conhecimento, enquanto levanta perguntas ainda carentes de explicações.

#### Mario Cohn-Haft

Departamento de Ecologia  
e Programa de Coleções  
e Acervos Científicos – Aves,  
Instituto Nacional  
de Pesquisas da Amazônia

MEDICINA Estudos reforçam ligação entre o sistema imune e o metabolismo

# DIABETES ALÉRGICA?



Sabe-se que a obesidade pode disparar o surgimento do diabetes do tipo 2. Mas como? Quatro trabalhos, de uma só vez, apresentam suas respostas. E elas parecem convergir para o seguinte: ‘curto-circuito’ no sistema imune. Os artigos esmiuçaram os mecanismos bioquímicos da relação entre imunidade e metabolismo com um detalhamento ímpar até agora.

Mas o que o sistema imune tem a ver com o diabetes 2, quadro no qual as células se tornam refratárias à ação da insulina, hormônio fabricado no pâncreas e que ajuda o organismo a ‘queimar’ açúcar?

Sabe-se que, em obesos, uma leve, porém crônica, inflamação do tecido adiposo (gordura) age como um gatilho para o surgimento do diabetes do tipo 2. Os resultados publicados agora indicam que os macrófagos (células que atacam os invasores do organismo) estão envolvidos nesse quadro inflamatório.

Os pesquisadores notaram que os níveis dessas células estão muito acima do normal na gordura abdominal de obesos diabéticos, tanto camundongos quanto humanos. Assim, suspeita-se que essa inflamação disparada pelos macrófagos leve as células a ficarem resistentes à insulina.

## Diabetes e alergia?

Porém, o mais surpreendente talvez tenha sido a observação de que mastócitos (células envolvidas no desencadeamento do processo alérgico) também têm participação na inflamação do tecido adiposo (já se sabia que a gordura em indivíduos obesos tem uma quantidade acima do normal dessas células).

Com o uso de medicamentos antialérgicos já disponíveis no mercado para tratar a asma, os pesquisadores medicaram camundongos obesos e diabéticos. Depois de dois meses, praticamente todos os roedores que seguiram o binômio dieta balanceada e antialérgicos deixaram de ser obesos e diabéticos.

O grupo também alimentou camundongos modificados geneticamente para não produzir mastócitos. Esses animais, mesmo depois de um longo período comendo alimentos muito calóricos e gordurosos, não ficaram nem gordos, nem diabéticos.

Posto de modo simples: diabetes 2 parece ter um fundo alérgico.

Vale lembrar: todos os estudos foram feitos com camundongos. Portanto, é inapropriado se automedicar com antialérgicos para tratar aquele excesso de gordura ou o próprio diabetes. Todos os resultados ainda precisam ser confirmados. E mais: verificados se valem para humanos.

O diabetes 1 é uma doença em que o sistema imune ataca e destrói as células do pâncreas, produtoras da insulina – daí a necessidade de se tomar esse hormônio para repor essa falta. Nos dois tipos da doença, os níveis de açúcar ficam muito elevados no sangue, o que pode ser fatal, caso o quadro não seja tratado.

Esses resultados talvez abram uma nova frente de pesquisa, cujo foco será relacionar o sistema imune ao metabolismo e, a partir dele, desenvolver novos tratamentos para a obesidade e o diabetes do tipo 2.

*Nature Medicine*, 27/07/09 on-line

## ESTATÍSTICA

## FELICIDADE GERAL DA NAÇÃO

Um matemático e um cientista da computação da Universidade de Vermont (Estados Unidos) caçaram palavras e expressões em *blogs*, bem como em títulos e letras de canções, em vários bancos de dados. E também analisaram discursos presidenciais. Meta: inferir o nível de felicidade desses conteúdos.

**Resultados.** Começamos pelas músicas. Segundo os autores, Peter Dodds e Christopher Danforth, o nível de felicidade das letras de música caiu de 1960 até 1995. Entre os blogueiros, esse sentimento tão almejado aumentou desde 2005.

**Pontos acima da média geral de felicidade:** Natal, dia dos namorados e a última eleição presidencial nos Estados Unidos. **Abaixo da média:** desde 2001, todos os dias 11 de setembro (em que ocorreram os ataques terroristas aos Estados Unidos) e a morte do cantor norte-americano Michael Jackson (1958-2009).

*Journal of Happiness Studies*, no prelo



**CellScope,** que transforma um celular em microscópio

## BIOENGENHARIA

## MICROSCÓPIO DE BOLSO

Tomada 1: vilarejo esquecido pela política e verbas governamentais de saúde. Tomada 2: material sendo coletado de um paciente. Tomada 3: médico em serviço comunitário saca o celular, acopla a ele um aparato, aponta para uma placa de vidro e, em seguida, envia as imagens para um laboratório. Tomada 4: o hospital liga e identifica o agente infeccioso. Tomada 5: o paciente é medicado e salvo.

Por enquanto, só em roteiro de filme. Mas o celular-microscópio já existe. O equipamento, batizado CellScope, foi desenvolvido na Universidade da Califórnia, em Berkeley (Estados Unidos), e foi testado com sucesso na identificação de células sanguíneas, bem como do bacilo da tuberculose e do protozoário causador da malária.

Ah, sim, o celular pode ser desses modernos, com música, rádio, vídeo, troca de mensagens, acesso à internet e uma câmara a partir de 3,2 megapixels – essa foi a resolução usada nos testes pelos pesquisadores.

*PLoS ONE*, 22/07/09 (acesso livre)

DAVID N. BRESLAUER ET AL./PLoS ONE

## SINTONIA FINA



**Físicos estão avançando** sobre uma nova área.

E a intenção é desenvolver ferramentas para calcular quantitativamente a... emoção. A ideia é mais ou menos tratar pessoas como elétrons ou outras partículas e ver como elas interagem – nesse aspecto, os físicos têm modelos bem consolidados. Se o leitor pensou que ‘elétrons são todos iguais, e as pessoas todas diferentes’, um dos entrevistados na boa reportagem de Adrian Cho, para a *Science* (24/07/09, pp. 406-408), garante: em 90% de nossas interações sociais, somos idênticos. Sim, é um mundo massificado, homogêneo. Entre os fenômenos sociais que esse ainda pequeno e seleto grupo de físicos pretende estudar (entenda-se construir modelos e programas de computador), estão terrorismo, crescimento de cidades, popularidade de vídeos na internet e as redes sociais (Orkut, Facebook, MySpace etc.). É justamente nestas últimas que eles pretendem medir as emoções (raiva, alegria, euforia, tristeza etc.), o que não é lá empreitada simples, pois nem sempre que se diz um palavrão, por exemplo, a pessoa está de mau humor ou descontente. Esses estudos – inclusive a chamada econofísica, ou seja, física aplicada à economia – estão sob o guarda-chuva dos agora chamados sistemas socioeconômicos complexos, que inclui também tráfego e epidemias. Na mesma linha, a nota acima, à esquerda, relata a tentativa de inferir o grau de felicidade das pessoas. Vale ler.

FACEBOOK.COM/827308VHMD9D8LEEK5.

## QUÍMICA

## AROMA E ESTRESSE

Esta coluna vê com desconfiança temas que resvalam no não científico, mas são alardeados como científicos. Mas, no caso, os resultados passaram pelo crivo de especialistas e foram publicados em periódico de prestígio. Aos fatos. Cientistas japoneses revelam o que dizem ser as primeiras evidências de que o aroma de uma substância altera a atividade dos genes e a composição do sangue, combatendo assim o estresse.

O composto é o linalol (componente de óleos extraídos de plantas aromáticas e usado pela indústria cosmética), empregado para diminuir o estresse pela medicina alternativa. O teste foi feito em camundongos (portanto, deve-se mostrar ainda que os resultados valem para humanos).

Os roedores foram submetidos a situações estressantes. Parte deles inalou linalol; a outra, não. No primeiro grupo, os pesquisadores viram que os níveis de células do sistema imune (neutrófilos e linfócitos) se elevaram, voltando aos patamares de normalidade. Além disso, diminuiu a atividade de cerca de 100 genes que costumam ficar mais ativos com o estresse.

Alerta: os resultados só servem para o linalol, presente, por exemplo, no manjeriço e na tangerina. E, portanto, nada dizem sobre a prática (não científica) da chamada aromaterapia, que, por vezes, é propagandeada como uma panaceia.

Mais sobre o linalol em 'Perfume do cerrado' (CH 259). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 57, n. 12, pp. 5.480-5.485, 2009

## BIOQUÍMICA

## CATARATA E SUPLEMENTO DIETÉTICO

Um suplemento dietético de consumo generalizado mostrou não só prevenir, mas também tratar a catarata.

A catarata é marcada pelo embaçamento da lente (antes denominada cristalino), cuja função, como o nome indica, é focar a imagem no nervo óptico, na parte de trás do olho. O tratamento efetivo para o quadro é cirúrgico, substituindo a lente. O embaçamento é causado pela aglomeração anormal da alfacristalina, principal proteína estrutural da lente. Isso leva à perda parcial ou total da visão. É um problema de proporções mundiais, principalmente para idosos.

Estudos anteriores já haviam mostrado que a carnosina, um 'fragmento' de proteína muito encontrado em músculos e também suplemento dietético, ajuda a bloquear os aglomerados proteicos. Agora, a equipe de Enrico Rizzarelli, da Universidade da Catânia (Itália), submeteu culturas de tecidos de células da lente de ratos à guanidina (também um fragmento de proteína), bem como a uma mistura desta última com a carnosina. A guanidina, reconhecida por formar cataratas, deixou as lentes embaçadas. Os tecidos submetidos à mistura ficaram entre 50% e 60% menos embaçados.

Segundo os autores, os resultados demonstram o potencial da carnosina para prevenir e tratar a catarata. Alerta desta coluna: isso não significa que se deve passar a ingerir carnosina para evitar ou tratar esse quadro ocular sério. Duas razões: i) os estudos foram feitos em células cultivadas em laboratório; ii) e em ratos.

E o que é bom para rato nem sempre o é para gente.

*Biochemistry*, v. 48, n. 27, pp. 6.522-6.531, 2009

## MEDICINA

## AIDS EM CHIMPANZÉS

Caiu uma crença na área da pesquisa médica: chimpanzés selvagens infectados com SIV (vírus da imunodeficiência símia) podem desenvolver Aids. Até agora, acreditava-se que os primatas infectados com esse agente fossem assintomáticos.

A equipe de Barbara Hahn, da Universidade do Alabama (Estados Unidos), depois de seguir, por nove anos, 94 chimpanzés do Parque Nacional de Gombe (Tanzânia), observou que parte deles apresentava sintomas semelhantes (fraqueza e magreza) aos do quadro humano. Entre os infectados, morreram três vezes mais indivíduos do que

entre os sadios. Os filhotes nascidos de mães infectadas não viveram mais do que um ano.

Nos chimpanzés, o SIV ataca as CD4, células do sistema imune. Conhecem-se mais de 40 cepas de SIV, e duas delas deram origem ao HIV (vírus da imunodeficiência humana). Os resultados irão permitir aos pesquisadores estudar, por exemplo, a progressão da doença, o que é importante para entender melhor o quadro em humanos.

*Nature*, 23/07/09

**Um dos chimpanzés do estudo infectado com o SIV. Não se sabe qual foi a causa do contágio, mas suspeita-se que tenha sido por relação sexual com outros espécimes do Parque Nacional de Gombe, portadores do vírus**



Olho humano com catarata, marcada pelo embaçamento da lente ocular

WIKIMEDIA COMMONS

FOTO MICHAEL L. WILSON

## ARQUEOLOGIA

## ANTECESSORA DE VENEZA

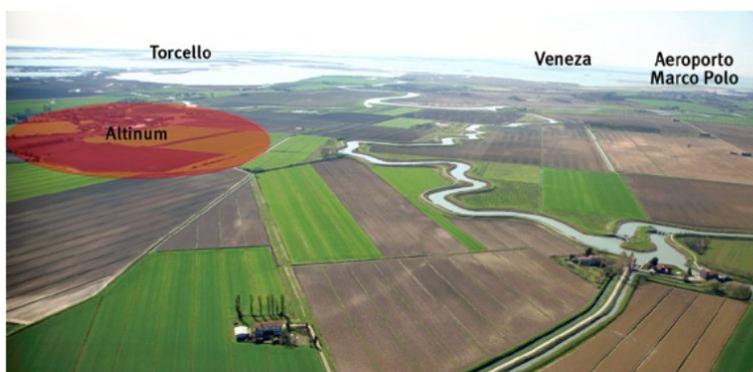
Desgraça dos agricultores, sorte dos arqueólogos. Graças a uma severa seca em 2007, foi possível localizar, por meio de fotos aéreas, os restos da antiga cidade de Altinum, considerada a antecessora de Veneza (Itália).

Na imagem menor, abaixo, é possível avaliar a distância relativa entre as duas cidades. Os especialistas identificaram ruas, muros, rios, canais, fossos, bem como um anfiteatro, uma basílica, empórios, entre outras construções monumentais (veja indicações na ima-

gem maior). O canal conectava a cidade à lagoa de Veneza.

Segundo os autores, Andrea Ninfo e colegas, da Universidade de Pádua (Itália), as construções demonstram uma boa adaptação da população ao ambiente em torno da cidade, basicamente formado por manguezais. Altinum é a única cidade romana antiga no norte da Itália – e uma das poucas na Europa – que não foram recobertas por cidades medievais ou modernas.

*Science*, 31/07/09



**Localização da cidade em relação às de Veneza e Torcello, bem como ao aeroporto Marco Polo**



**Foto aérea (colorizada artificialmente) de Altinum, com a indicação de construções. A área mostrada na imagem tem cerca de 0,25 km².**



## BIOLOGIA

## CÓDIGO DE BARRA PARA PLANTAS

Há muito que os botânicos sonham com um código de barras baseado no DNA (material genético) das plantas. Para os mamíferos, a técnica já é poderosa para identificar com exatidão cada espécie. Porém, no reino vegetal, até agora, as propostas nesse sentido têm sido problemáticas, e uma organização, a PWG (sigla em inglês para Grupo de Trabalho sobre Plantas), foi estabelecida em 2005 para lidar com a questão.

Agora, uma equipe internacional propôs duas sequências (matK e rbcL) de genes do cloroplasto, organela onde se realiza a fotossíntese. Segundo os autores, com esses dois ‘fragmentos’ de material genético foi possível, em média, identificar 72% das plantas das quase mil espécies analisadas. E, em 100% dos casos, colocá-las no gênero correto.

Ainda não é o melhor dos mundos, pois essas duas sequências funcionam melhor para algumas plantas do que outras. Mas se essa estratégia for aprovada pelo Consórcio de Barras de Código para Plantas, um tipo de instância superior para o assunto, os biólogos acreditam que isso facilitará muito o trabalho de pesquisa e catalogação de espécies, bem como o de troca de informações entre especialistas.

*PNAS*, v. 106, pp. 12.794-12.797, 2009

## EM FOCO

**AZUL DA ESPERANÇA** • Primeiramente, pedimos ao leitor que fixe o olhar na imagem maior. Formas, tonalidades em vermelho, azul e preto... tem algo do pintor espanhol Juan Miró (1893-1983), não? Agora, note a imagem menor: um rato branco de patas, orelhas e focinho azuis. O agente que dá o azulado aos elementos das duas imagens, o BBG (sigla, em inglês, para azul brilhante G), representa uma esperança – por enquanto, nada mais do que isso – para pacientes que tenham sofrido danos na medula espinhal.

Essa história começou com uma equipe do Centro Médico da Universidade de Rochester (Estados Unidos) percebendo que, logo após um dano na medula espinhal, uma molécula rapidamente migrava para a área lesionada e, nas primeiras horas, agravava (bastante) a situação, ao matar células saudáveis no local. Com isso, o dano piorava, aumentando os riscos de paralisia. Essa molécula, paradoxalmente, é o ATP, a fonte de energia das células.

Em trabalhos posteriores, a mesma equipe, liderada pela pesquisadora Maiken Nedergaard, percebeu que o ATP é auxiliado nesse dano extra por outra molécula, a P2X7, que o ajuda a ‘atracar’

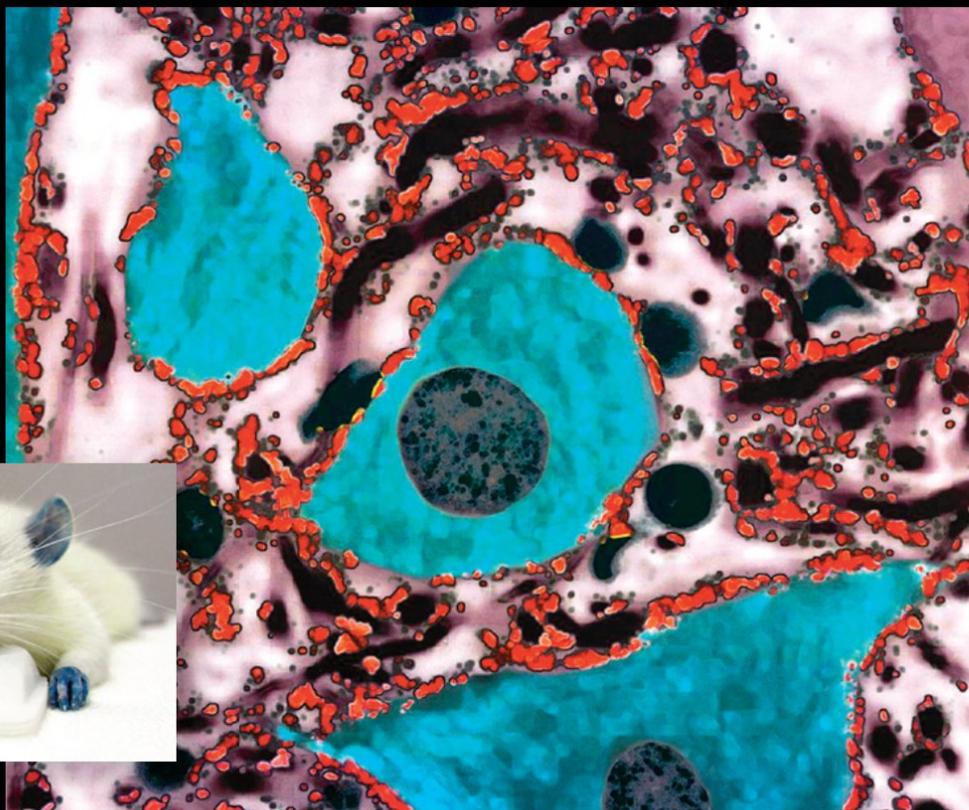
nas células nervosas. O passo seguinte foi fundamental (e surpreendente): a equipe descobriu que o BBG, composto semelhante a um corante azul usado em comidas, tem a capacidade de se ligar à P2X7 e assim evitar o acoplamento deste último aos ATPs.

Ratinhos que receberam o BBG logo após uma lesão da medula espinhal voltaram a andar (alguns retomaram a motricidade quase total). Os que não receberam ficaram paralisados. A vantagem do BBG é que ele pode ser injetado na corrente sanguínea e não tem efeitos colaterais... bem, a não ser deixar o paciente temporariamente azulado.

Os pesquisadores deixam bem claro: isso não é um tratamento efetivo para a paralisia por danos na medula espinhal. Mas imaginam que, caso o BBG passe nos testes com humanos, ele poderia ser injetado em pacientes que sofreram danos na medula pela equipe de primeiros socorros, evitando aumentar a severidade do quadro.

Se a promessa se tornar realidade, é improvável que alguém que sofra uma lesão na medula espinhal venha a reclamar de ficar alguns dias um pouco azulado.

*PNAS*, v. 106, n. 30, pp. 12.489-12.493, 2009



TAKAHIRO TAKANO

## MEDICINA

## RECEITA PARA A GORDURA BOA

É possível que um primeiro passo tenha sido dado na direção de combater a obesidade e o diabetes do tipo 2, conhecidas doenças metabólicas. E isso tem a ver com a chamada gordura marrom, que já ganhou o qualificativo 'boa', em função de queimar energia em vez de estocá-la, como faz a gordura 'normal', branca.

Ano passado, a equipe de Bruce Spiegelman, da Escola de Medicina da Universidade Harvard (Estados Unidos), mostrou que a gordura marrom está relacionada com os músculos 'colados' ao esqueleto e que uma proteína (PRDM 16) era essencial para fazer as células-tronco dessa musculatura se transformarem em gordura boa – células-tronco têm essa capacidade de se alterar e gerar outros tecidos.

Agora, Spiegelman mostrou que essa proteína faz um dueto com outra (C/EBP-beta). E que, juntas, elas deflagram a formação de gordura. Usando esse binômio proteico, os pesquisadores foram capazes de produzir em laboratório células de gordura marrom de camundongos e humanos. Quando as primeiras foram injetadas nos roedores, elas passaram a queimar a energia.

Não se conhece bem o mecanismo que fez as células implantadas gastarem a energia em excesso que receberam. Sabe-se, no entanto, que a gordura marrom é um tipo de defesa do organismo contra o frio e a obesidade.

Os autores acreditam que a receita poderá ser no futuro usada para fins terapêuticos, empregando a formação de gordura boa para tratar as doenças metabólicas.

*Nature*, 29/07/09

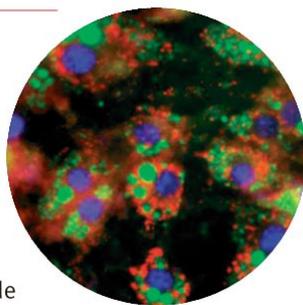


Imagem de microscópio mostra células de gordura marrom (verde) obtidas a partir de células da pele de camundongos

## SINTONIA FINA

**Notícia importante aos aspirantes a cientista.** Esqueça aquela estrutura linear de escrever artigos científicos, com uma informação depois da outra, em um formato feito para ser impresso em papel. Está nascendo o artigo do futuro. E, se depender do entusiasmo de quem está gerando esse novo produto, a editora Elsevier, responsável por cerca de 2 mil periódicos científicos, a novidade vai emplacar. Destaques do novo modelo: quer ir direto para as referências? Basta clicar em uma das várias guias que ficam logo abaixo do cabeçalho. Autores? Isso leva para as páginas pessoais, com endereços eletrônicos, número de artigos em base de dados. As figuras estão todas lado a lado. Quando se clica em uma delas, além da legenda, é possível conhecer o contexto em que foram citadas. As citações ao longo do texto jogam o leitor para dentro da página onde está o artigo e da qual ele pode ser baixado. Também se pode ter acesso ao número de citações de cada referência bibliográfica. Logo na primeira página, há a possibilidade de se ouvir uma entrevista com o(s) autor(es). Os infográficos têm áreas sensíveis que levam o leitor para o contexto daquele elemento da figura. O resumo é gráfico, com a informação para se entender a essência dos resultados. Imagens podem ser baixadas em alta resolução. Toda essa estrutura poderá ser salva ou enviada para um colega – certo, vai ter um íconezinho para baixar em formato pdf, caso se queira arquivar o artigo como 'nos velhos tempos'. Os dois protótipos (em inglês) estão em <http://webdemo1.reed-elsevier.com/cellpress/beta/>. E os idealizadores estão aceitando palpites (em inglês).

## BIOQUÍMICA

## PROMESSA CONTRA A NOVA GRIPE

Em meio ao surto da gripe A, uma boa notícia: pesquisadores japoneses descobriram um peptídeo (fragmento de proteína) que evita que o vírus dessa gripe infecte as células. A estratégia difere daquela dos antivirais, como o oseltamivir (comercialmente, Tamiflu), que bloqueiam uma proteína-chave para a reprodução do vírus. Mas, caso o vírus se reproduza, ele pode sofrer mutação e, com isso, adquirir resistência ao medicamento.

O peptídeo acopla-se aos locais onde o vírus deveria aderir à superfície das células, evitando assim que a infecção ocorra. Os autores acreditam que os resultados poderão levar ao desenvolvimento de novas classes de antivirais.

*Journal of the Medicinal Chemistry*,

v. 52, n. 14, pp. 4.247-4.256, 2009

**Cell Press Beta Prototypes**

Cell Press and Elsevier have launched a project called *Article of the Future* that is an ongoing collaboration with the scientific community to redefine how the scientific article is presented online. The project's goal is to take full advantage of online capabilities, allowing readers individualized entry points and routes through the content, while using the latest advances in classification techniques. We have developed prototypes for new article forms that incorporate the latest concepts and get feedback from the scientific community.

**KEY FEATURES OF THE PROTOTYPES:**

- A **Nonlinear presentation of text and figures** so that readers can select to drill down through the heart of content based on their level of expertise and interest. This organizational structure is a significant departure from the linear layout organization of a traditional print-based article by incorporating the core text and supplemental material within a single article structure.
- A **graphical abstract** allows readers to quickly gain an understanding of the main take-home message of the paper. The graphical abstract is intended to encourage browsing, provide knowledgeably ownership and help readers identify more quickly which papers are most relevant to their research interests.
- **Research highlights** provide a bullet-point list of the key results of the article.
- **Author affiliation highlighting** makes it easy to see an author's affiliations and all articles from the same affiliation.
- **Articles that contain clickable areas** or that can be used as a navigation mechanism to directly access specific subsections of the results and figures.
- **Integrated audio and video** let authors present the content of their article via an interview or video presentation and allow reviewers to do the same more effectively.
- **The Experimental Procedures section contains clickable elements** allowing readers to see a summary or the full details necessary to replicate the experiment.
- A **new approach to displaying figures** allows the reader to identify quickly which figures they are interested in and then drill down through related supplemental figures. All supplemental figures are displayed individually and directly linked to the main figure to which they are related.
- **Real-time reference analysis** provides a rich environment to explore the content of the article via the list of citations.

We encourage you to explore these prototypes and then **provide feedback** via the online questionnaire or send your comments to [beta@cellpress.com](mailto:beta@cellpress.com).

Thank you for your time.  
Cell Press Content Innovation Team

**Article Prototype #1**

- Allow the author to specify to who he/she is writing.
- The content is rich and is not contained in an article.
- As prototypes, these files had content and were less beautiful than the final product, but they can be used to guide content throughout the article.

**COMO MANTER O MAR PARA PEIXE**

Há esperança para salvar os estoques de peixes do mundo, 60% deles já sob risco de brusca diminuição. Um artigo dá as medidas necessárias: proibir a pesca em certas regiões; restringir o uso de determinados equipamentos; dar poder de decisão para comunidades pesqueiras; implementar incentivos econômicos para a atividade; estabelecer cotas etc. Os autores dizem que sacrifícios de curto prazo – inclusive financeiros – terão que ser realizados. Uma solução nesse cenário seria pescar outras espécies, enquanto as ameaçadas se recuperam.

Bem, ninguém disse que seria fácil.

A equipe de 19 especialistas internacionais espera que os dados apresentados possam ajudar a proteger ecossistemas de pesca e marinhos da exploração indiscriminada e do colapso total. Por falar em colapso total, os autores enfatizam que muitos dos esforços de recuperação dos estoques só começam depois que a situação já atingiu uma fase crítica. Ou seja, quando é tarde demais.

*Science*, 31/07/09

FOTO: JOEY BROOKHART/MARINEPHOTOBANK

**Mercado de Billingsgate, o maior do Reino Unido para venda de frutos do mar**

**LEIA NA CH ON-LINE****TECNOLOGIA > Dois estômagos digerem muito mais >**

Novo modelo de equipamento desenvolvido na Inglaterra simula a digestão humana e pode reduzir número de testes com voluntários

→ <http://cienciahoje.org.br/149965>

**ZOOLOGIA > A gralha e o jarro, uma fábula real >**

Inspirados por história antiga, pesquisadores britânicos comprovam habilidade cognitiva dessas aves

→ <http://cienciahoje.org.br/150524>

**NEUROCIÊNCIA > Decifrada ação amnésica da maconha >**

Droga ativa síntese de proteínas em região do cérebro responsável pela formação da memória

→ <http://cienciahoje.org.br/150309>

**ASTRONOMIA > O universo como ninguém nunca viu >**

Maior telescópio espacial do mundo começa a registrar imagens do cosmo com grande nitidez

→ <http://cienciahoje.org.br/150168>

**E MUITO MAIS EM**

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

**Cássio Leite Vieira**

*Ciência Hoje/RJ*

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

# Genoma zero

## Franklin Rumjanek

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



A discussão sobre a adoção dos ácidos nucleicos pelas primeiras células vivas continua nesta coluna. Por falta de espaço, não foi possível concluí-la na última, na qual propusemos uma tentativa de determinar em que momento os protobiontes incorporaram os ácidos nucleicos como um dispositivo para armazenar informação e permitir sua reprodução fiel. Isso talvez seja possível se compararmos os tamanhos dos genomas de diversas espécies ou classes de seres vivos e tentarmos estabelecer uma correlação entre a complexidade e a antiguidade das espécies.

Para que essa proposta seja válida, é preciso admitir que (1) os tamanhos dos genomas são diretamente proporcionais às complexidades dos organismos que os alojam e que (2) houve um momento em que as protocélulas tinham genoma zero, isto é, funcionavam sem DNA ou RNA (lembrem-se de que pode haver vida sem ácidos nucleicos). Quanto ao primeiro item, sabemos que, embora existam muitas exceções notáveis (o chamado enigma ou paradoxo do conteúdo de DNA), de modo geral os seres mais complexos exibem genomas maiores. O segundo item é especulativo, mas, como foi discutido na coluna anterior, a síntese de ácidos nucleicos nas condições da Terra primitiva é improvável sem catalisadores.

Com essas condições, a correlação entre tamanho do genoma e antiguidade deveria gerar, em um gráfico, uma curva que revelaria o momento em que não existia um genoma. Quando isso se deu? O biólogo russo Alexei A. Sharov, do Laboratório de Genética do Instituto Nacional do Envelhecimento, dos Estados Unidos, teve a mesma ideia e, para compor seu gráfico, usou procariotos, micro-organismos eucariotos, vermes, peixes e mamíferos (*Biology Direct*, v. 1/17, p. 3, 2006). No eixo vertical, pôs os tamanhos dos genomas (em escala logarítmica) de cada classe e, no horizontal, sua antiguidade. Com isso, obteve uma reta que toca o eixo horizontal (das idades) em uma área que corresponde a algo entre 7 bilhões e 13 bilhões de anos atrás. Se a proposta for válida, o resultado indica que a vida teria começado em uma época anterior à idade da Terra, e talvez até do próprio sistema solar.

Com base nesses dados, Sharov propôs que as primeiras formas de vida não teriam surgido na Terra, mas em outro local (do nosso ou de outro sistema planetário), e teriam chegado ao nosso planeta em asteroides ou cometas. Essa é a famosa teoria da panspermia, que em geral não agrada a ninguém.

Podem ser feitas, porém, várias ressalvas em relação aos resultados de Sharov. Em primeiro lugar, o resultado pode mudar radicalmente, dependendo dos organismos selecionados para construir a curva, e isso ainda não foi testado. Em segundo lugar, Sharov assumiu que sem DNA não haveria vida, o que, como já discutimos, pode não ser verdadeiro. Levando em conta a possibilidade de vida sem DNA, os resultados de Sharov podem ser interpretados de outro modo: a vida teria se formado na Terra, mas no início sem DNA e, em um dado momento, as proteínas presentes nos protobiontes catalisaram a síntese de ácidos nucleicos (e estes só passaram a ser selecionados evolutivamente após terem atingido um tamanho de genoma mínimo).

Em outras palavras, o genoma teria começado já a partir do tamanho exibido hoje pelos micro-organismos mais simples conhecidos, *Nanoarchaeum equitans* e *Mycoplasma genitalium*. Ambos têm genomas com cerca de 500 mil pares de bases, enquanto o genoma humano chega a quase 3 bilhões de pares. Coerentemente, os dois micro-organismos citados são parasitas obrigatórios, isto é, não são viáveis a menos que associados a outros micro-organismos. Provavelmente não há genomas menores que esses na natureza (se algum leitor quiser contestar, por favor não cite os vírus: estes são cristais e decididamente não são vivos).

Seria interessante então testar a correlação de Sharov com outros exemplos. Será que, em alguns casos, a curva (ou reta) cortaria o eixo horizontal antes dos 3,6 bilhões de anos atrás, sugerindo que o DNA só teria aparecido alguns milhões de anos depois das primeiras células vivas? ■

---

O resultado de estudo sobre genomas indica que a vida teria começado em uma época anterior à idade da Terra

*A falta de medidas de proteção ambiental no sepultamento de corpos humanos em covas abertas no solo, ao longo dos últimos séculos, fez com que a área de muitos cemitérios fosse contaminada por diversas substâncias, orgânicas e inorgânicas, e por micro-organismos patogênicos. Essa contaminação ocorre quando os cemitérios são implantados em locais que apresentam condições ambientais desfavoráveis. No Brasil, ainda não existe uma política eficiente de planejamento e de gestão ambiental dos cemitérios, principalmente os públicos.*

**Robson Willians da Costa Silva**  
e **Walter Malagutti Filho**

Departamento de Geologia Aplicada,  
Universidade Estadual Paulista (Rio Claro, SP)

# Cem



# itérios

## Fontes potenciais de contaminação

**Desde a pré-história, de acordo com registros arqueológicos,** existe o hábito de enterrar os mortos, ou cobri-los com pedras. Há evidências de que comunidades neandertais enterravam seus mortos. Entretanto, os cemitérios – terrenos destinados apenas ao sepultamento dos mortos – teriam sido implantados pelos primeiros cristãos. As palavras ‘cemitério’ e ‘necrópole’ têm origem grega. A primeira vem de *koumetèrian* (que significa ‘dormitório’), enquanto necrópole deriva de necrópolis (‘cidade da morte’ ou ‘cidade dos mortos’). Já a palavra ‘cadáver’, que faz parte do mesmo contexto, tem origem latina e significa ‘carne dada aos vermes’, o que traduz o destino dessa matéria orgânica.

O costume de enterrar os cristãos mortos nas igrejas ou em suas imediações começou durante a Idade Média. Essa prática significou uma aproximação entre os cadáveres, muitos vitimados por doenças contagiosas, e os vivos, o que aumentou significativamente a disseminação dos agentes patogênicos em epidemias como as de tifo, peste bubônica e outras. Na época, o tipo de sepultamento predominante era a inumação, processo simplificado com simples recobrimento dos corpos com terra em profundidades que variavam de 1 m a 2 m.

Embora algumas civilizações, como a romana, já determinassem que os mortos deviam ser enterrados fora dos limites da cidade, foi a partir do século 18 que a palavra cemitério começou a ter o sentido atual, quando por razões de saúde pública foi proibido o sepultamento nos locais habituais (em terras da família ou em igrejas). Na França, já em 1737, uma comissão de médicos, formada pelo Parlamento de Paris, recomendou mais cuidado nas sepulturas e decência na manutenção dos locais onde os mortos eram enterrados. Na mesma época, em 1743, o abade francês Charles-Gabriel Porée publicou um texto condenando os enterros em igrejas e propondo a criação de cemitérios fora das cidades. Autoridades de países e cidades da Europa, a partir daí, passam a proibir sepultamentos nas igrejas e a promover a instalação de cemitérios, para que os enterros ocorressem ao ar livre e longe do perímetro urbano. Em Portugal, em 1801, o príncipe regente D. João VI proibiu os sepultamentos em igrejas (inclusive em suas colônias, como o Brasil).

As decisões sobre a implantação de cemitérios fora das cidades eram baseadas no mau cheiro dos cadáveres e em ‘emanações’ tidas como perigosas

FOTO: CLEBER RODRIGUES

para a saúde, mas a preocupação com os problemas ecológicos causados pelos corpos sepultados é bem mais recente. Só em 1998 a Organização Mundial da Saúde (OMS) publicou um relatório afirmando que os cemitérios poderiam causar impactos ao ambiente, com a liberação de substâncias orgânicas e inorgânicas e de micro-organismos patogênicos para o solo e os lençóis freáticos.

## Um problema ambiental

O sepultamento de cadáveres gera fontes de poluição para o meio físico, e por isso deve ser considerado como atividade causadora de impacto ambiental. No entanto, apesar da existência de alguns relatos em Berlim (Alemanha) e Paris, na década de 1970, apontando o posicionamento dos cemitérios em relação a fontes de água, como lençóis freáticos e nascentes, como uma das causas de epidemias de febre tifóide, esses locais nunca foram incluídos entre as fontes tradicionais de contaminação ambiental.

As pesquisas sobre esse tema são recentes. Em 1995, o hidrogeólogo Boyd Dent, da Universidade Tecnológica de Sidney (Austrália), constatou, em estudo no cemitério da cidade australiana de Botany, aumento da condutividade elétrica e da concentração de sais minerais em águas subterrâneas próximas de sepultamentos recentes. No Brasil também há estudos sobre contaminação de cemitérios. Desde o final da década de 1980, o hidrogeólogo Alberto Pacheco, da Universidade de São Paulo, realiza estudos sobre a contaminação nos cemitérios paulistas de Vila Nova Cachoeirinha e Vila Formosa. Em um cemitério de Santos (SP), a água subterrânea próxima a sepultamentos recentes apresentava alta condutividade elétrica e íons de cloreto e nitrato, além de bactérias e vírus.

Outro pesquisador brasileiro, o geólogo Lezairo Marques Silva, da Universidade de São Judas Tadeu, em São Paulo, investigou a situação de 600 cemitérios do país (75% municipais e 25% particulares) e constatou que de 15% a 20% deles apresentam contaminação do subsolo pelo necrochorume, líquido formado quando os corpos se decompõem. Cerca de 60% dos casos foram observados em cemitérios municipais. A contaminação é detectada por análises físicas, químicas e bacteriológicas de amostras de água do lençol freático sob os cemitérios ou em suas proximidades.

No Cemitério de Vila Rezende, em Piracicaba (SP), uma pesquisa realizada pelo primeiro autor deste artigo (em seu mestrado, orientado pelo segundo autor) mostrou que as condições do solo desfavorecem a filtração do necrochorume e facilitam a inundação das covas. Foram localizadas duas 'plumas' de contaminação, como são chamados os contaminantes dissolvidos no solo, uma delas estendendo-se para fora dos limites do cemitério. O estudo constatou que a contaminação tem ligação com a profundidade do nível freático e com o tempo de sepultamento, e sugeriu ao administrador do cemitério (a Prefeitura de Piracicaba) a instalação de seis poços de monitoramento para o controle da contaminação. O segundo autor também coordena estudo semelhante no Cemitério São João Batista, em Rio Claro (SP).

## Legislação específica no país

O Brasil não tinha qualquer dispositivo legal federal sobre cemitérios até 28 de maio de 2003, quando foi promulgada a Resolução nº 335, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), que dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios horizontais e verticais. A resolução estabeleceu critérios

FOTO: CLETON RODRIGUES

Figura 1. Muitos cemitérios brasileiros foram implantados quando não existiam leis ambientais específicas e terão que se adaptar as novas normas



mínimos para a implantação de futuros cemitérios, visando garantir a decomposição normal dos corpos e proteger os lençóis freáticos da infiltração do necrochorume, e deu prazo de 180 dias para que os cemitérios já existentes se adequassem às novas normas (figura 1).

Em 28 de março de 2006, na Resolução nº 368, o Conama alterou alguns dispositivos da resolução anterior, proibindo a instalação de cemitérios em Áreas de Preservação Permanente (APPs) ou em outras que exijam desmatamento da mata atlântica, em estágio médio ou avançado de regeneração, em terrenos onde existem cavernas, sumidouros ou rios subterrâneos e em áreas onde o lençol freático, medido no final da estação chuvosa, fique a menos de 1,5 m da base das sepulturas.

A partir da entrada em vigor dessa resolução, os órgãos ambientais estaduais e municipais passaram a ter a obrigação de licenciar e fiscalizar a implantação de novos cemitérios. O prazo de adequação dos cemitérios antigos, porém, foi eliminado por nova resolução do Conama (nº 402, de 17 de novembro de 2008). Essa norma deu aos órgãos estaduais e municipais de meio ambiente prazo até dezembro de 2010 para “estabelecer critérios para a adequação dos cemitérios existentes antes de 2003”. O descumprimento dessas disposições implicará sanções penais e administrativas.

## A transformação dos cadáveres

Os corpos, mesmo em caixões, podem sofrer, sob certas condições ambientais, fenômenos transformativos destrutivos, como autólise e putrefação, ou conservativos, como saponificação. A autólise é iniciada logo que cessa a vida: as células deixam de receber oxigênio e de trocar nutrientes, e passam a ser dissolvidas por enzimas do próprio corpo. Em seguida vem a putrefação, ou seja, a decomposição de tecidos e órgãos por bactérias e outros micro-organismos.

Quando a umidade no solo é alta, pode acontecer a saponificação, processo em que a ‘quebra’ das gorduras corporais libera ácidos graxos, cuja acidez inibe a ação das bactérias putrefativas, atrasando a decomposição. O fenômeno ocorre em ambientes quentes e úmidos, com baixos níveis de oxigênio, em geral em solos argilosos, com baixa permeabilidade (que retêm água) e alta capacidade de troca de cátions (capacidade de reter íons positivos de certos elementos e liberar outros). A saponificação é comum nos cemitérios brasileiros, em decorrência do clima quente e úmido e da invasão das sepulturas por águas superficiais e subterrâneas.

A ocorrência desses fenômenos depende de fatores intrínsecos e extrínsecos. Os primeiros estão associados ao próprio cadáver: idade, constituição física e causa da morte. Os segundos, ao ambiente de sepultamento: temperatura, umidade, aeração, constituição mineral do solo, permeabilidade e outros.

## Fontes de poluição ambiental

O necrochorume é o principal responsável pela poluição ambiental causada pelos cemitérios (figura 2). É um líquido viscoso, de cor castanho-acinzentada, com 60% de água, 30% de sais minerais e 10% de substâncias orgânicas degradáveis. Apresenta variado grau de patogenicidade, por causa da presença de vírus, bactérias e outros agentes causadores de doenças. Cada quilo de massa corpórea do cadáver gera 0,6 litro de necrochorume.

Na putrefação são liberados gás sulfídrico ( $H_2S$ ), dióxido de carbono ( $CO_2$ ), metano ( $CH_4$ ), amônia ( $NH_3$ ) e mercaptanas (compostos que contêm enxofre, como a cadaverina e a putrescina, responsáveis pelo cheiro de carne podre), além da fosfina ( $PH_3$ ), um hidrato de fósforo incolor e inflamável. O necrochorume contém quantidades elevadas de diferentes bactérias, como as causadoras de tétano (*Clostridium tetani*), gangrena gasosa (*Clostridium perfringes*), febre tifóide (*Salmonella typhi*), febre parasitóide (*Salmonella paratyphi*), disenteria (*Shigella dysenteriae*) e outras, além de muitos tipos de vírus (como os da hepatite).

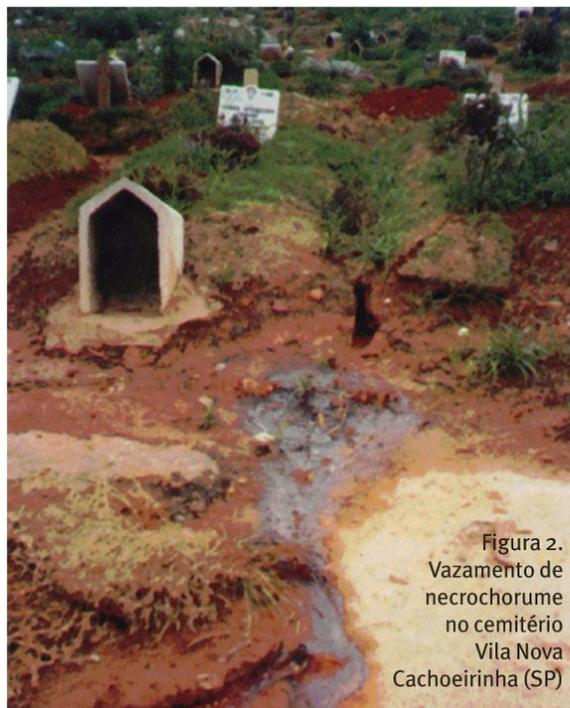


Figura 2.  
Vazamento de  
necrochorume  
no cemitério  
Vila Nova  
Cachoeirinha (SP)

Estão presentes ainda no necrochorume metais pesados, provenientes dos adereços dos caixões, além de formaldeído e metanol, utilizados na embalsamação dos corpos. O uso, comum atualmente, da tanatopraxia – técnica de maquiar partes do falecido com cosméticos, corantes, enrijecedores e outros produtos – também é fonte de substâncias para o necrochorume, que pode ainda conter resíduos de tratamentos químicos hospitalares (de medicamentos, por exemplo).

Os compostos orgânicos degradáveis liberados no processo de decomposição dos corpos estimulam a atividade microbiana no solo sob áreas de sepultamentos. Também aumentam, no solo, o teor de compostos de nitrogênio e fósforo e o de sais (o que eleva a condutividade elétrica) e o índice de acidez.

## A contaminação do subsolo

O necrochorume proveniente dos cemitérios pode contaminar o subsolo se o meio físico local for vulnerável, o que dependerá de suas características geológicas e hidrogeológicas. O solo pode ser dividido, de modo simplificado, em duas zonas (figura 3). A zona não saturada (ou de aeração) é composta de partículas sólidas e de espaços vazios, ocupados por porções variáveis de ar e água. Já a zona saturada é aquela em que a água ocupa todos os espaços. O limite entre essas zonas é definido pelo nível do lençol freático. O movimento da água tende a ser vertical na primeira e horizontal na segunda.

A zona não saturada atua como um filtro, por apresentar um ambiente (solo, ar e água) favorável à modificação de compostos orgânicos e inorgâni-

cos e à retenção e eliminação de bactérias e vírus. A eficácia na retenção de micro-organismos depende de fatores como tipo de solo, aeração, baixa umidade, teor de nutrientes e outros. Para reter organismos maiores, como as bactérias, o mecanismo mais importante é o de filtração, relacionado à permeabilidade do solo. Para reter vírus, bem menores, e evitar que atinjam o lençol freático, é mais relevante a adsorção (adesão de moléculas de um fluido a uma superfície sólida), que depende da capacidade de troca iônica da argila e da matéria orgânica do solo.

Nos terrenos destinados à implantação de cemitérios, a espessura da zona não saturada e o tipo de material geológico são fatores determinantes para a filtragem do necrochorume (figura 4). A proporção de argila no solo deve ficar entre 20% e 40%, para favorecer os processos de decomposição (que dependem da presença de ar) e as condições de drenagem do necrochorume.

Solos com média permeabilidade e nível freático profundo são ideais para sepultamentos, pois favorecem a putrefação e a filtragem do necrochorume, o que significa baixa vulnerabilidade de contaminação. Se o material geológico tem pouca permeabilidade e o nível freático é quase aflorante, o solo é extremamente vulnerável à contaminação, pois favorece fenômenos como a saponificação. Também podem ocorrer diversas situações intermediárias: se, por exemplo, a permeabilidade do solo for alta e o nível freático pouco profundo, a vulnerabilidade à contaminação será alta.

## Risco para a água superficial

Em cemitérios em que o terreno está impermeabilizado pelos túmulos e pela pavimentação das ruas em torno, e onde o sistema de drenagem das águas das chuvas é deficiente, estas podem escoar superficialmente e inundar os túmulos mais vulneráveis. Após atravessarem a área dos cemitérios, essas águas são em geral lançadas na rede pluvial urbana e canalizadas para os corpos d'água, contaminando-os com substâncias trazidas do interior do cemitério.

Para minimizar esse problema, a Resolução nº 355 do Conama estabelece que a área de sepultamento deve ter um recuo mínimo de 5 m em relação ao perímetro do cemitério. Esse recuo deve



Figura 3. A distribuição das águas no solo produz duas zonas distintas, a zona não saturada (ou de aeração), onde o ar penetra nos espaços existentes, e a zona saturada, onde os espaços são preenchidos apenas pela água



ADAPTADOS DE PACHECO, 1986

ser ampliado se as características do solo da área forem desfavoráveis, como permeabilidade reduzida, distância inadequada em relação ao nível do lençol freático e outras.

## Risco para a água subterrânea

Implantar cemitérios em locais onde as características geológicas favorecem os fenômenos conservativos dos corpos ou reduzem a retenção do contaminante na camada superficial, e onde o lençol freático é pouco profundo, pode contaminar as águas subterrâneas. Túmulos em ruínas ou com rachaduras, problemas causados principalmente pela compactação do solo, por raízes de árvores e pela negligência dos proprietários, também favorecem a contaminação dessas águas.

Ao estabelecer que o lençol freático deve estar, no mínimo, a 1,5 m do fundo das sepulturas, a resolução do Conama ainda prevê que, se não for possível manter essa distância ou se as condições do solo não forem apropriadas, os sepultamentos devem ser feitos acima do nível natural do terreno,

para reduzir o risco de contaminação. A posição do lençol freático, as características do solo e outros aspectos (entre eles as rachaduras nas sepulturas) influenciam (figura 5) os riscos de contaminação das águas subterrâneas.

Quando o solo apresenta média permeabilidade e alta capacidade de adsorção e retenção do material argiloso, associada à grande distância até o lençol freático, o necrochorume move-se lentamente e as substâncias do contaminante são interceptadas na zona não saturada. Essa situação é classificada como de médio risco de contaminação de águas subterrâneas. Se a sepultura estiver abaixo do nível freático, pode ser inundada, gerando uma situação de extremo risco, já que, em geral, os caixões não são impermeáveis. Quando o solo tem elevada permeabilidade, o que permite a infiltração profunda do necrochorume, ou a distância para o lençol freático é inadequada, a situação é de alto risco, porque os contaminantes chegam facilmente às águas subterrâneas. Nesses casos, para diminuir a possibilidade de contaminação do aquífero, o sepultamento deve ocorrer acima do nível natural do terreno. ■

### Sugestões para leitura

- FÁVERO, F. *Medicina legal*. Belo Horizonte, Vila Rica Editoras Reunidas, 1991.
- MANOEL FILHO, J. *Hidrogeologia: conceitos e aplicações*. Fortaleza, CPRM, 1997.
- MIGLIORINI, R. B. *Cemitérios contaminam o meio ambiente? Um estudo de caso*. Cuiabá, Editora da UFMT, 2002.
- SILVA, L. M. *Os cemitérios na problemática ambiental*. São Paulo, Sincesp & Acembra, 1995.

*Lá fora, salpicados pelo cosmo, conhecem-se, até o momento em que estas linhas estão sendo escritas, 353 planetas extrassolares. Esse é o saldo de uma busca que tem ocupado parte da comunidade de astrônomos no mundo – inclusive no Brasil – nos últimos 17 anos.*

*Geralmente, quando um exoplaneta é anunciado, a primeira pergunta que nos vem à mente é a seguinte: ‘Estamos sós no universo?’ Porém, a procura por outros mundos tem objetivos que vão além: entender como sistemas planetários se formam, incluindo o nosso. A meta final desses trabalhos é guiada pelo cerne da astronomia: procurar respostas sobre o universo, sobre nossas origens.*

*Avanços tecnológicos, desde satélites de precisão a telescópios gigantes, prometem impulsionar consideravelmente o estudo dos exoplanetas neste início de século.*

**Thiago Matheus e Eduardo Janot Pacheco**

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

**Uma das questões mais antigas da humanidade** tem sido: existe vida fora da Terra? Desde a Antiguidade, a possibilidade da existência de outros mundos e de seres vivos habitando-os vem sendo cogitada por um grande número de pensadores e cientistas. Esse é o tipo de pergunta que os astrônomos estão tentando responder há séculos, e agora a ciência está no rumo certo para encontrar essa resposta, embora ainda esteja dando os primeiros passos em direção a ela. Mas onde se deve procurar por vida?

A vida, como a conhecemos, só é possível em planetas semelhantes ao nosso, rochosos e com água no estado líquido. É sabido que, no sistema solar, a Terra parece ser o lugar mais adequado para abrigar esse tipo de fenômeno, embora exista

a possibilidade de vida bacteriana ou multicelular primitiva em Enceladus, Titã – luas de Saturno – e nos oceanos subsuperficiais de Europa, lua de Júpiter. Só resta então uma alternativa: procurar por novas ‘Terras’ que orbitem outras estrelas.

A definição mais simples de planeta extrassolar, ou exoplaneta, é a de um objeto de massa planetária: i) cujo limite superior deve ser de 13 vezes a massa de Júpiter (caso contrário viraria uma estrela); ii) que não brilha com luz própria; iii) que orbita outra estrela que não o Sol. Com os avanços tecnológicos observacionais, essa definição, simples e autoexplicativa, deverá passar por uma evolução natural à medida que novos planetas e novas configurações planetárias forem encontrados.

## A BUSCA POR OUTRAS TERRAS

# Planetas extrassolares

### O PRIMEIRO EXTRASSOLAR

Os primeiros planetas fora do sistema solar foram descobertos em torno de um pulsar em 1992. Três anos depois, observou-se outro, orbitando uma estrela da chamada sequência principal, ou seja, que ainda está gerando luz e calor como resultado da fusão de núcleos de hidrogênio em hélio, como é o caso do Sol e da maior parte das estrelas que vemos a olho nu no céu. Isso abriu uma nova vertente, de consequências múltiplas, na astronomia e ciências afins.

Na verdade, o início da busca por exoplanetas se deu com a introdução da fotografia na astronomia no final do século 19. Por meio de medidas da va-

riação da posição de estrelas, foi possível descobrir estrelas de baixa luminosidade que orbitam aquelas mais brilhantes, pois a atração gravitacional mútua entre pares de estrelas faz com que elas girem ao redor de um ponto comum entre elas e apresentem, assim, um deslocamento periódico. A estrela Sirius B, companheira invisível de Sirius, foi descoberta dessa maneira em 1862 (figura 1).

Esse tipo de fenômeno pode obviamente também ser provocado pela presença de planetas orbitando a estrela, embora o deslocamento sofrido periodicamente pela estrela do sistema, em função da menor atração gravitacional exercida pelo planeta, será menor que no caso de um par de estrelas. Acreditando nessa possibilidade, o astrônomo ▶

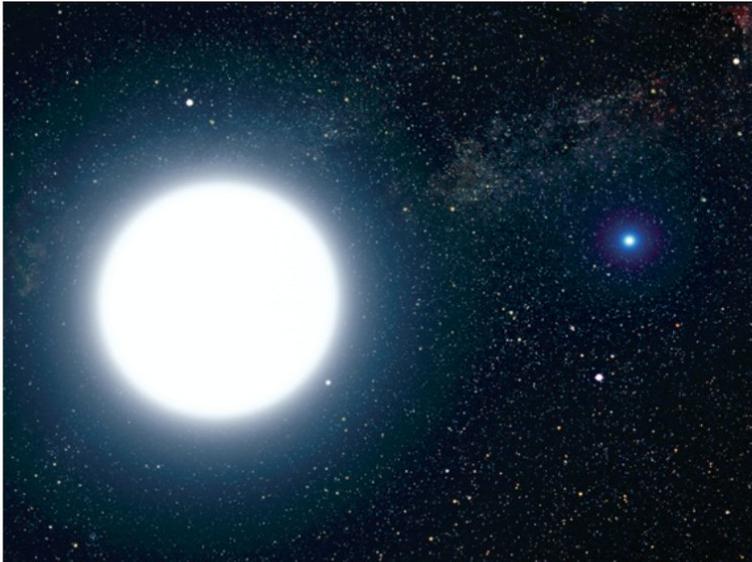


Figura 1. Concepção artística de Sirius e Sirius B (ponto azulado à direita). Esta última foi descoberta em 1862, em função da perturbação gravitacional que causava na órbita de sua companheira de maior massa

## COMO PROCURAR UM EXOPLANETA

Atualmente, o principal método utilizado para a descoberta de outros mundos é medir a variação da velocidade da estrela em relação à linha de visada do observador na Terra (velocimetria radial). Essa medida só pode ser realizada com utilização de uma técnica chamada espectroscopia, um dos grandes avanços da astronomia do século 19. Por meio dessa técnica, as estrelas deixaram de ser apenas pontos brilhantes no firmamento, e, pela primeira vez, foi possível aprender muito mais sobre suas características intrínsecas, como temperatura e composição química.

Cerca de um século após sua introdução, a espectroscopia voltou a ampliar os horizontes da astronomia, sendo a ferramenta mais bem sucedida para a busca de exoplanetas. Esse método baseia-se na propriedade de que a luz emitida por um objeto em movimento tem sua 'cor' (frequência) alterada. Quando ele se aproxima de um observador (no caso, a Terra), a luz do objeto tende a sofrer um desvio para o azul (os astrofísicos dizem que ocorre um encurtamento do comprimento de onda). Quando se afasta dele, sofre um desvio para o vermelho (o comprimento de onda alonga-se). É um fenômeno similar ao que ocorre com o som da sirene de uma ambulância quando se aproxima ou quando se afasta de nós, ficando, respectivamente, mais agudo ou mais grave. Esse método já foi responsável pela descoberta e/ou confirmação de mais de 92% dos exoplanetas catalogados até a presente data.

holandês Piet van de Kamp (1901-1995) iniciou, em 1937, no Observatório Sproul (Estados Unidos), um programa para identificar estrelas com planetas por meio desse método. Apesar de suas observações terem sido colocadas em dúvida, seu programa observacional foi um dos primeiros dedicado a essas descobertas.

A ideia de que talvez os seres humanos não estejam sozinhos no universo originou programas de busca por civilizações alienígenas utilizando ondas de rádio. A primeira dessas iniciativas, o Projeto Ozma, proposta pelo astrônomo inglês Frank Drake, iniciada em 1960, estimulou a retomada da procura por planetas extrassolares. O projeto resultou posteriormente no bastante conhecido experimento Seti (sigla, em inglês, para Busca por Inteligência Extraterrestre).

A partir desse ponto, a ciência abriu mais uma vertente de pesquisa.

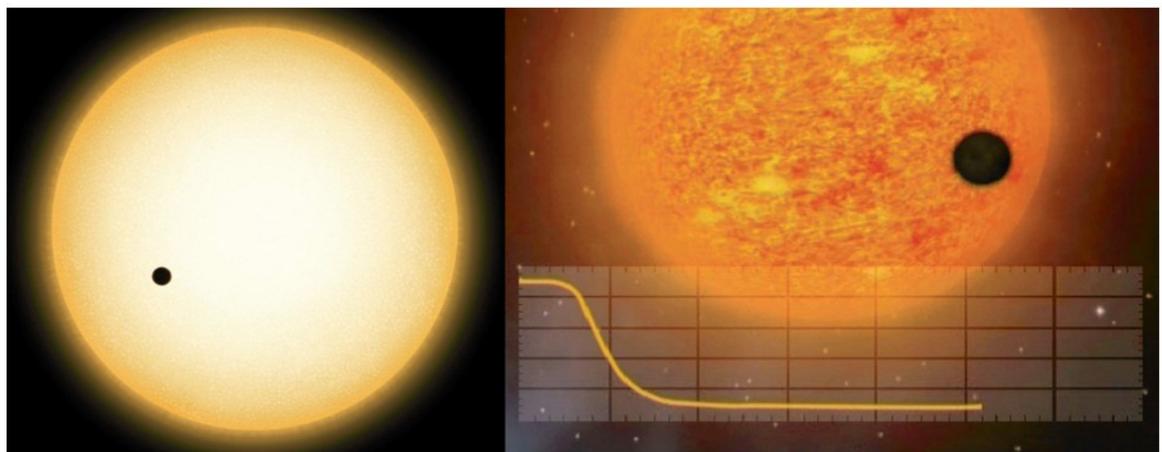


Figura 2. Simulação de trânsito da estrela HD149026

(1) NASA, ESA, G. BAUD (STSC)/ (2) ONES

©ESO / (3)D. AGUIAR

Vale lembrar que há outros métodos para detecção de exoplanetas, como o de microlentes gravitacionais, cronometragem de pulsares, imagem direta e trânsito planetário. Este último, muito utilizado ultimamente, consiste em detectar o planeta passando sobre a estrela, o que causa uma variação mensurável da sua luz que chega à Terra (figura 2).

Existem atualmente dois satélites que foram projetados especificamente para ‘caçar’ exoplanetas: i) o europeu CoRoT (sigla para Convecção, Rotação e Trânsito Planetário), em funcionamento há três anos, com participação ativa do Brasil; ii) o norte-americano Kepler, lançado em março último. Ambos devem detectar exoplanetas observando a variação do brilho das estrelas causada por objetos que passam pela sua frente. Tanto o CoRoT quanto o Kepler têm precisão fotométrica suficiente para detectar planetas pequenos e rochosos como o nosso.

## JÚPITERES QUENTES E SUPERTERRAS

Dos 353 exoplanetas conhecidos até o momento, apenas 59 foram detectados por meio do método de trânsito, mas a tendência é que esse número cresça a taxas cada vez maiores. Note que o método da velocimetria radial é tanto mais sensível quanto maior for o exoplaneta e mais perto este estiver da estrela. E, no caso de trânsito, quanto maior o planeta, maior será a variação de brilho que ele causaria. Logo, é fácil perceber que será mais fácil a detecção de corpos de alta massa e mais próximos à estrela. Esse fato se reflete diretamente nos resultados obtidos. Nos 353 exoplanetas catalogados, ocorre uma significativa predominância de objetos que, no jargão dos astrônomos, são chamados de Júpiteres Quentes. Esses objetos são assim chamados por terem massas da ordem ou até maiores que a massa de Júpiter (o maior planeta do sistema solar, com massa cerca de 320 vezes maior que a da Terra) e estão em órbitas mais próximas de suas estrelas do que Mercúrio está do Sol.

Os Júpiteres Quentes, embora bastante comuns hoje em dia – um exemplo é o planeta HD 189733 b (figura 3) – ocupam posições orbitais que não estão de acordo com a teoria de formação planetária atual, que diz que os planetas rochosos devem se formar nas regiões mais próximas da estrela, e os gasosos, nas regiões mais externas. Não se sabia, até há pouco, explicar como era possível um planeta gigante gasoso resistir por muito tempo aos ventos

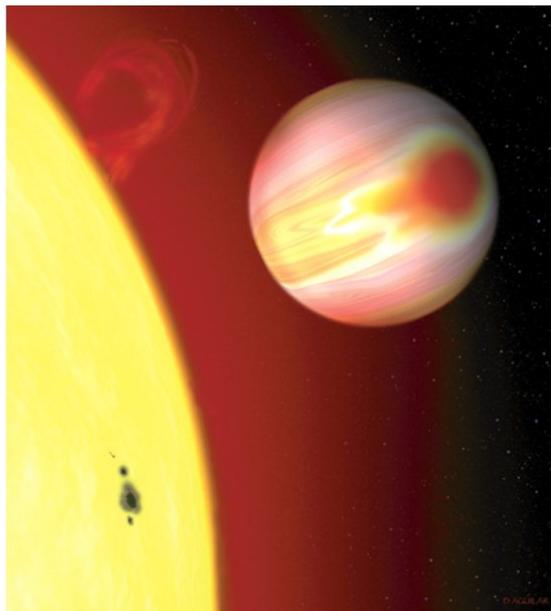


Figura 3. Concepção artística do Júpiter Quente HD189733 b



Figura 4. Concepção artística do Gliese 581c, com cinco vezes a massa da Terra, descoberto a 20 anos-luz de distância de nosso planeta

estelares em regiões tão próximas da estrela. Atualmente, vários astrônomos tentam explicar esse fato, por exemplo, com a migração dos planetas gigantes externos para o interior dos sistemas planetários, mas ainda não se chegou a um consenso.

Descobriram-se também superterras, isto é, planetas rochosos como a Terra, porém com massas de duas a oito vezes maiores. O limite aceito hoje para a massa máxima de um planeta rochoso é por volta de cinco a oito vezes a massa da Terra, como Gliese 581c, com cinco massas terrestres (figura 4). Se o objeto ultrapassar esse limite, ele terá força gravitacional suficiente para atrair gases mais voláteis e, portanto, começar a formar um objeto gasoso, como aconteceu com os gigantes gasosos do nosso sistema solar, Júpiter, Saturno, Urano e Netuno.

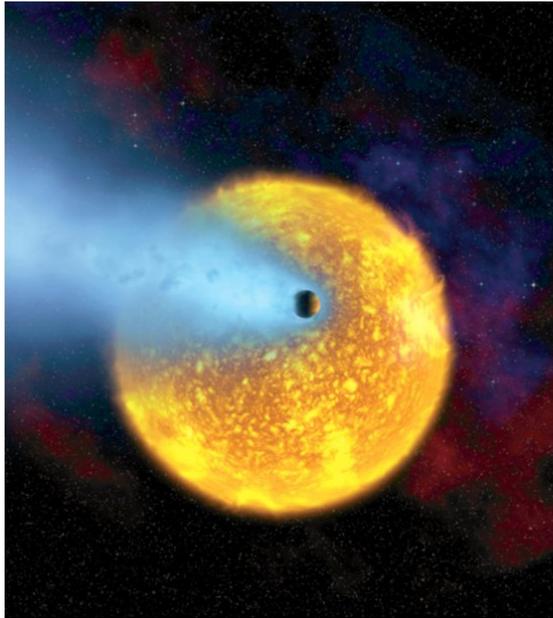


Figura 5. Concepção artística da atmosfera de Osiris sendo expelida pela pressão de radiação da estrela

## EXOPLANETAS QUE DESAPARECEM

Descobertas recentes, como a do CoRoT-7 b, em fevereiro deste ano, introduzem mais pimenta na discussão. Embora o CoRoT-7 b tenha cerca de seis vezes a massa da Terra, acredita-se que esse objeto, orbitando sua estrela, a CoRoT-7, possa ter sido no passado um gigante gasoso com órbita muito pequena. Novos modelos numéricos demonstram que esse objeto pode ter sido um planeta com tamanho semelhante ao de Netuno, cuja atmosfera tenha sido lentamente expelida para o espaço devido ao efeito da radiação de sua estrela. A esse fenômeno, os astrônomos atribuem o nome de planetas com atmosfera despida. Segundo esse modelo, um gigante gasoso de tamanho semelhante ao de Júpiter poderia ter sua atmosfera inteiramente arrancada, caso percorra órbita com distância inferior a 2% de uma unidade astronômica (UA)

com relação a uma estrela semelhante ao Sol. (Uma UA é a distância que separa a Terra do Sol e vale 150 milhões de quilômetros.)

Caso semelhante acontece com o planeta Osiris, HD 209458 b, situado na constelação de Pégasus (figura 5). Ele está muito próximo de sua estrela e, nesse caso, medidas com o telescópio espacial Hubble indicam que o planeta perderá toda sua atmosfera gasosa em cerca de 1 bilhão de anos.

Exoplanetas em órbitas muito pequenas (isto é, muito próximas de suas estrelas) podem ser engolidos por elas. Modelos computacionais mostram que a força da gravidade da estrela, a essas distâncias, pode atrair um planeta a ponto de ambos se chocarem. Esses estudos afirmam que é possível notar que o fenômeno poderia ter ocorrido com alguns sistemas exoplanetários. A observação direta mostrou que, em alguns deles, os planetas que deveriam estar mais próximos de sua estrela ou não existem mais, ou a precisão instrumental ainda não permite essa observação.

Conforme o objeto se aproxima cada vez mais da estrela, a força gravitacional fica mais intensa, causando uma deformação na superfície desta última e provocando ondas que distorcem sua forma (marés). Quanto maior essa distorção, mais rapidamente o planeta é atraído na sua direção, até que sua gravidade supere a força de coesão do exoplaneta. Com isso, ou o exoplaneta é destruído antes de atingir a superfície da estrela, ou sua órbita acaba entrando em intersecção com a atmosfera da estrela, cujo calor faz o exoplaneta derreter. Assim, o CoRoT-7 b, que tem distância orbital de 2,4 milhões de km, menor que a de Mercúrio em torno do Sol, estaria em vias de ser absorvido por sua estrela, a CoRoT-7. Porém, estudos recentes indicam que há grande possibilidade de haver outros corpos no sistema exoplanetário dessa estrela. E, talvez, o CoRoT-7 b se salve.

Figura 6. Sistemas Planetários Múltiplos: 55 Cancri (à esquerda) e Gliese 581



(5) NASA / (6) NIKOLAUS SULZENAUER

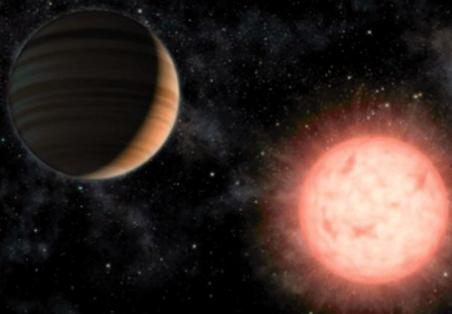


Figura 7. Concepção artística mostra o gigante gasoso VB 10 b (à esquerda)

## Em busca de candidatos a exoplanetas

Os autores deste artigo atuam juntos na área de astrofísica estelar e exoplanetas. Atualmente, analisam modelos para teste de formação planetária por meio do estudo de estrelas jovens em nossa galáxia, com idades de dezenas de milhões de anos, candidatas a terem exoplanetas.

## DESCOBERTAS RECENTES

Do mesmo modo que o nosso sistema solar, é de se esperar que as estrelas tenham provavelmente mais que um planeta em torno de si. Atualmente, conhecem-se 37 sistemas exoplanetários múltiplos, como os das estrelas 55 Cancri, com cinco exoplanetas detectados, e Gliese 581, com quatro. Eles são muito conhecidos devido ao interesse astrobiológico que representam, uma vez que cada um tem um planeta em suas respectivas zonas habitáveis. Essa zona é uma região anelar ao redor da estrela onde pode haver água líquida, um dos principais elementos precursores para a vida (como a conhecemos) e é calculada levando-se em conta somente esse fato. Devemos lembrar que o efeito estufa e outros fatores podem alterar significativamente as condições de temperatura de um planeta. Os planetas em questão são o planeta rochoso Gliese 581 c e gasoso 55 Cancri f (figura 6). Note que o interesse neste último, obviamente, não é encontrar vida nele, mas sim em suas possíveis luas, que podem ser rochosas.

Outras descobertas, como a do exoplaneta HD80606 b, também causaram surpresas entre os astrônomos. Trata-se de um objeto do tamanho de Júpiter, localizado ao redor de uma estrela similar ao Sol, mas que tem uma órbita elíptica incomum. Quando esse exoplaneta atinge o ponto de afastamento máximo da estrela, alcança uma distância de 123 milhões de km, semelhante à que separa a Terra do Sol. Por outro lado, no ponto de afastamento mínimo, a distância é 10 vezes menor que a de Mercúrio em torno do Sol. Com essa grande variação de distância em relação à estrela, sua temperatura superficial pode variar entre 3 K e 1.200 K, ou seja, de -270°C a cerca de 930°C.

Outra recente descoberta foi a de um exoplaneta com massa seis vezes superior à de Júpiter e que fica a 20 anos-luz da Terra, na constelação da Águia (cada ano-luz equivale a cerca de 9,5 trilhões de quilômetros). Esse gigante gasoso, chamado VB 10 b, é um planeta frio devido à sua grande órbita (figura 7). O interessante é que existem estudos indicando que esse exoplaneta não está sozinho. Como no caso do CoRoT-7 b, é possível que haja planetas rochosos, como a Terra, em torno da estrela VB 10 e mais próximos dela.

## VOLTAR DE ONDE PARTIMOS

Avanços tecnológicos, desde satélites com precisões altíssimas até telescópios de dezenas de metros de diâmetro, estão em progresso. Porém, o estudo dos exoplanetas não termina na descoberta de outros mundos, mas se concentra no cerne da astronomia: procurar por respostas sobre o universo. As descobertas atuais apontam para possíveis explicações alternativas de como se formou o sistema solar.

Por outro lado, seria este pálido ponto azul no universo o único a abrigar vida? E se fosse assim, por quê? Se existe vida lá fora, que tipo de vida seria essa? Que outras formas ela poderia assumir? Certamente, um dia, essas respostas serão encontradas, e uma simples e milenar questão poderá ser respondida: “Estamos sós no universo?”

Como escreveu o poeta norte-americano T. S. Eliot (1888-1965), em ‘Little Gidding’, um dos poemas do fabuloso Four Quartets, publicados em 1943: “Nós nunca cessaremos de explorar, e o fim de toda nossa exploração será voltarmos ao lugar de onde partimos, e o conhecermos pela primeira vez.” ■



### Sugestões para leitura

MAYOR, M. e FREI, P.-Y. *New worlds in the cosmos: the discovery of exoplanets.* Cambridge: Cambridge University Press, 2003.

DORMINEY, B. *Distant wanderers: the search for planets beyond the solar system.* Cambridge: Cambridge University Press, 2003.

MASON, J. W. (ed.) *Exoplanets: detection, formation, properties, habitability.* Berlim: Springer, 2008.

### Na internet:

SCHNEIDER, J. Enciclopédia dos planetas extrassolares: <http://exoplanet.eu/>.

# FLORESTA ATLÂNTICA

## Fragmentação, degeneração

*A rápida expansão das atividades humanas impõe o desafio de entender como tais ações afetam os ambientes naturais e a biodiversidade. Este artigo aborda os efeitos da perda e da fragmentação de habitats em florestas tropicais, com ênfase nos resultados de quase uma década de estudos em uma paisagem originalmente de mata atlântica e hoje dominada pela cana-de-açúcar, no Nordeste. Além de reforçar a noção de que a fragmentação empobrece drasticamente a flora e a fauna originais e altera as interações entre plantas e animais, esses resultados indicam que ela induz um amplo processo de degeneração florestal, comprometendo seriamente os 'serviços' prestados pelas florestas, entre eles o sequestro de carbono, a produção de água e a conservação da biodiversidade. Para enfrentar essa situação é preciso que diversos setores da sociedade se articulem com o objetivo comum de proteger a floresta e transformá-la em uma oportunidade para o desenvolvimento sustentável do país.*

**Marcelo Tabarelli**  
**Severino Ribeiro Pinto**

Laboratório de Ecologia Vegetal,  
Departamento de Botânica, Universidade Federal de Pernambuco

**Inara Roberta Leal**

Laboratório de Interação Planta-Animal,  
Departamento de Botânica, Universidade Federal de Pernambuco

# ICA NORDESTINA

## *e perda de biodiversidade*

**A destruição e a fragmentação dos ambientes naturais** são as maiores ameaças à integridade e à diversidade biológica das florestas tropicais. Nas próximas décadas, mesmo os trechos mais remotos e preservados dessas florestas poderão ser convertidos em 'arquipélagos' de fragmentos florestais (figura 1), devido ao rápido crescimento e à dispersão geográfica de populações humanas nos principais países tropicais. Esse processo, diretamente associado à expansão da chamada fronteira agrícola, tende a deixar as áreas de floresta remanescentes – protegidas em unidades de conservação ou não – imersas em paisagens dominadas por pastagens, plantações e áreas urbanas.

O destino de grande parte da biodiversidade das florestas tropicais, portanto, dependerá da capacidade dessas paisagens produzidas por ações humanas – os agromosaicos – de conservar plantas e animais, o que é chamado de 'serviços de conservação'. Esse é o caso típico da floresta atlântica brasileira, atualmente reduzida a pequenas 'ilhas' de floresta em grande parte de sua área de distribuição original.

Manter e ampliar os serviços de conservação da biodiversidade nessas paisagens alteradas impõe o desafio de entender como a perda e a fragmentação de habitats altera a flora e a fauna originais das florestas tropicais.

Felizmente, nas últimas duas décadas, a pesquisa sobre fragmentação florestal permitiu detectar alguns padrões gerais: (1) a perda e a fragmentação de habitats atuam ao mesmo tempo e em sinergia com outras formas de perturbação humana, como o corte de madeira, o fogo e a caça; e (2) as mudanças (em geral rápidas e profundas) causadas na floresta pela fragmentação resultam, principalmente, da criação de bordas florestais, da ruptura de interações biológicas, da subdivisão e do isolamento das populações de plantas e animais

Figura 1. A Usina Serra Grande, em Alagoas, exibe a paisagem típica da Zona da Mata nordestina, na qual as áreas remanescentes de floresta atlântica apresentam-se como fragmentos (ou 'ilhas' de floresta) imersos em uma matriz de cana-de-açúcar, formando os 'arquipélagos florestais'

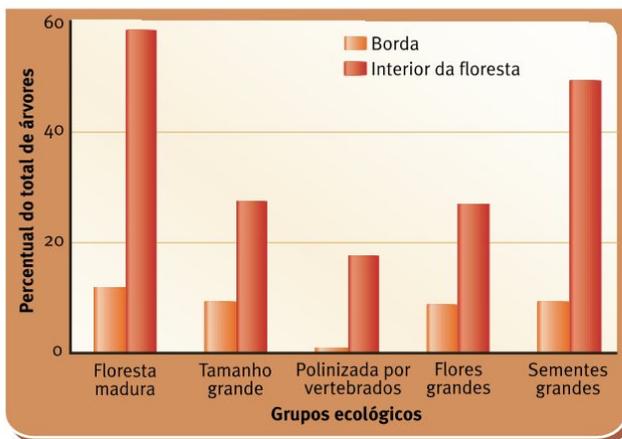
FOTO DE ADRIANO GAMBARINI



Figura 2. Fragmento de floresta cercado pela lavoura de cana-de-açúcar na época da colheita. O contraste entre os dois ambientes (floresta e matriz) é tão grande que quase parece uma floresta ao lado de um deserto. Nas bordas da floresta (nos limites com a plantação) ocorrem alterações em várias características ecológicas, e esses efeitos podem avançar mais de 400 m floresta adentro. A criação de bordas é o principal agente de degeneração das florestas

e da proliferação de espécies invasoras. Além disso, a intensidade dessas mudanças depende de características dos fragmentos florestais, como tamanho e forma, mas também de características de toda a paisagem, como o nível de cobertura florestal e o tipo de ambiente que circunda os fragmentos (a matriz dominante). Matrizes de baixa biomassa, como as pastagens, por exemplo, tendem a provocar efeitos de borda mais intensos sobre os fragmentos florestais (figura 2).

Do ponto de vista da conservação da biodiversidade, a constatação mais importante é o desaparecimento de vários grupos de plantas e animais dos pequenos fragmentos florestais e a tendência à sua extinção onde a paisagem foi extremamente



fragmentada pela ação humana. Entre os grupos mais vulneráveis estão grandes carnívoros, aves que habitam o interior da floresta, vertebrados de médio e grande portes que se alimentam de frutas, grandes árvores e formigas-correição (que têm hábito nômade). Não é por acaso que grande parte das espécies brasileiras oficialmente ameaçadas de extinção só ocorre na floresta atlântica.

Apesar desse relativo conhecimento, falta ainda uma visão mais completa e integradora dos efeitos da fragmentação. Essa visão é fundamental para que se possam estabelecer diretrizes de manejo e de uso e ocupação do solo capazes de reduzir tais efeitos e para fortalecer a capacidade de as paisagens fragmentadas atuarem a favor da conservação da biodiversidade e prestarem serviços ambientais relevantes, como o sequestro de carbono e a produção de água. Esses serviços complementam os prestados por unidades de conservação (parques, reservas e outros), mais importantes quanto à preservação da diversidade biológica.

FOTO DE INARA LEM

## LIÇÕES DA FLORESTA ATLÂNTICA NORDESTINA

Um aspecto-chave sobre a fragmentação de habitats é identificar que efeitos são realmente persistentes e capazes de afetar de modo permanente a dinâmica biológica das paisagens alteradas. Nesse contexto, florestas fragmentadas há várias décadas, ou até séculos, podem fornecer evidências sobre esses efeitos persistentes ou sobre aqueles que surgem muito tempo após a fragmentação. A floresta atlântica nordestina – que originalmente cobria uma faixa contínua de Alagoas ao Rio Grande do Norte (Zona da Mata) – oferece uma boa oportunidade para estudos de fragmentação. Várias de suas paisagens fragmentadas são seculares e estão envolvidas há muito tempo por uma matriz estável e homogênea: a lavoura de cana-de-açúcar.

Em uma dessas velhas paisagens (Usina Serra Grande, em Alagoas), uma grande equipe da Universidade Federal de Pernambuco e colaboradores têm investigado desde 2000 as mudanças nas comunidades de árvores e nos padrões de algumas

Figura 3. A presença de certas espécies de árvores típicas de floresta madura tende a diminuir nas áreas de borda florestal. Entre essas árvores estão as que só conseguem germinar e crescer na floresta mais úmida e sombreada, as de grande porte, as polinizadas por vertebrados e aquelas com flores, frutos e sementes grandes

Figura 4. A maior quantidade de plantas pioneiras, menos resistentes às saúvas, e a redução da diversidade e da densidade de predadores provocam o aumento da densidade dessas formigas nas bordas de floresta. Com mais alimento e menos inimigos naturais, a densidade das populações de saúvas chega a ser 20 vezes maior que em florestas maduras e conservadas



interações planta-animal associadas à fragmentação e à criação de bordas florestais. Estudos em 30 fragmentos florestais, incluindo a Mata de Coimbra (o maior remanescente da floresta atlântica na região, com 3,5 mil hectares) deram origem a pelo menos três achados relevantes.

O primeiro é o de que, nas bordas e em pequenos fragmentos florestais, há drásticas mudanças na comunidade de árvores: a riqueza de espécies é reduzida pela metade, as árvores pioneiras (as que ocupam primeiro as áreas abertas) proliferam e as espécies de outros grupos ecológicos típicos de florestas não perturbadas entram em declínio – como, por exemplo, as árvores de grande porte, aquelas polinizadas por vertebrados, as que têm flores, frutos e sementes grandes e as intolerantes a altos níveis de luminosidade, situação comum nas bordas dos fragmentos (figura 3). Na escala da paisagem, os fragmentos tornam-se cada vez mais semelhantes quanto à composição de espécies e grupos ecológicos, fenômeno que podemos chamar de homogeneização biológica.

Mudanças microclimáticas causadas pela formação de bordas (os chamados 'efeitos de borda'), como aumento na disponibilidade de luz, dessecação do habitat e maior turbulência causada por ventos, são provavelmente os principais mecanismos que impulsionam a drástica alteração da floresta fragmentada. Além desses efeitos de borda primários, o colapso de serviços de dispersão de sementes e de polinização por vertebrados, a competição com plantas pioneiras e a maior predação de sementes contribuem para as mudanças até agora documentadas em Serra Grande.

O segundo achado é o de que, em ambientes afetados por efeitos de borda, as mudanças na comunidade de árvores ocorrem em paralelo com a explosão das populações de formigas-cortadeiras, e provavelmente o primeiro problema é a causa do segundo. De forma geral, as formigas-

cortadeiras do gênero *Atta*, conhecidas como saúvas, habitam as florestas neotropicais e têm suas populações fortemente reguladas pela oferta de alimentos (controle base-topo) e pela predação (controle topo-base). Na floresta não perturbada, predominam as plantas tolerantes à sombra que, em geral, apresentam muitas defesas químicas e estruturais contra herbívoros, como as saúvas. Entretanto, com a fragmentação e a criação das bordas, ampliam-se os ambientes iluminados que favorecem as plantas pioneiras, as quais têm menos defesas e, por isso, são mais atacadas pelas saúvas.

A maior oferta de alimentos explicaria aumentos de até 20 vezes na densidade de colônias dessas formigas nas bordas e nos pequenos fragmentos florestais de Serra Grande (figura 4). O estudo dos efeitos dessa explosão sobre a floresta apenas começou, mas eles incluem maior destruição de folhas, plântulas, frutos e sementes e abertura de clareiras naturais (associadas aos grandes ninhos das saúvas). Já foi constatado que a criação dessas clareiras altera o microclima do sub-bosque (a região abaixo das copas das árvores maiores), principalmente a quantidade de luz que alcança o chão da floresta. Mais luz e mais ataques às plantas no entorno dos ninhos parecem afetar drasticamente a composição da flora e o processo de regeneração da floresta. Investigamos a hipótese de que a proliferação de saúvas intensifica as modificações do ambiente florestal ao longo das bordas e nos pequenos fragmentos, e o resultado, em síntese, é: mais borda → mais saúva, mais saúva → mais borda (figura 5).

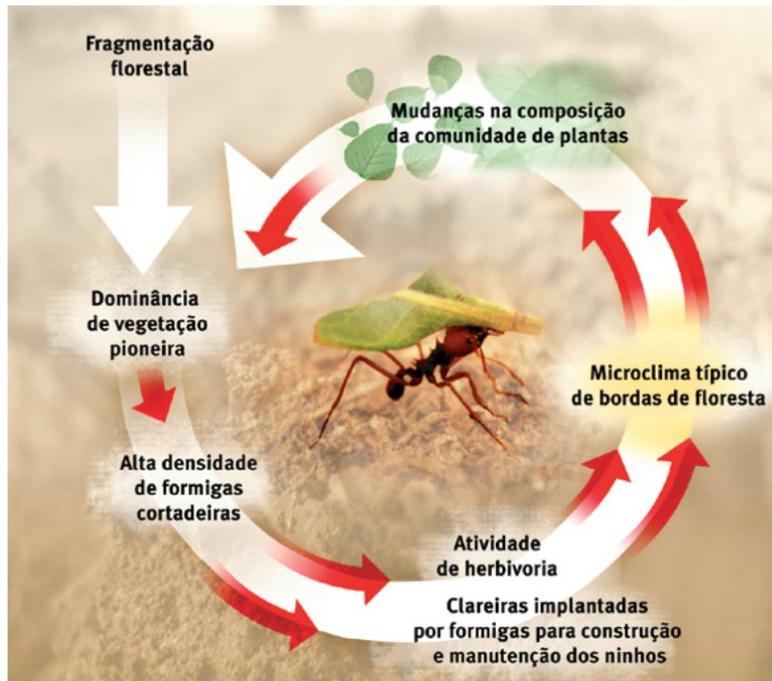


Figura 5. O esquema mostra que o processo de fragmentação favorece a dominância da vegetação pioneira nas bordas de floresta (seta branca) e promove o aumento na densidade de saúvas. Essas formigas também ajudam a manter essa vegetação pioneira (setas vermelhas), porque o alto consumo de folhas e a criação de clareiras para a construção de seus ninhos permitem maior entrada de luz mesmo no interior dos fragmentos florestais, gerando condições microclimáticas semelhantes às das bordas. Essa alteração muda a composição de espécies vegetais na área dos ninhos e nos arredores, inibindo o crescimento de plantas características de floresta madura e, mais uma vez, favorecendo o estabelecimento da vegetação pioneira

O último e, talvez, mais importante achado refere-se ao caminho que a floresta segue após uma perturbação. De forma geral, as florestas tropicais se regeneram após perturbações humanas, como o corte e a queima para uso temporário das áreas com agricultura – após o uso, formam-se florestas secundárias ou em regeneração que, com o tempo, passam do estágio de capoeira para o de floresta madura. A fragmentação parece levar a floresta a um processo inverso: bordas e pequenos fragmentos parecem florestas secundárias com menos de 50 anos de idade em termos de riqueza, composição taxonômica e ecológica de plantas.

Essa convergência de características é uma evidência de que a fragmentação e a criação de bordas transformam a floresta madura em uma capoeira permanente, o que representa o caminho inverso da regeneração. Esse processo de degene-

ração ou ‘secundarização’ da floresta, marcado principalmente por redução na riqueza de espécies, proliferação de plantas pioneiras e colapso da biomassa, tem implicações drásticas para a retenção de biodiversidade e a prestação de serviços ambientais pelas paisagens fragmentadas.

Florestas secundárias em estágios iniciais de regeneração geralmente abrigam apenas uma pequena parte da diversidade biológica existente em florestas maduras. Nos estudos que realizamos, em pequenos fragmentos de floresta em Serra Grande, a densidade de árvores em 0,1 hectare (ha), por exemplo, atinge em média 101,6 indivíduos em florestas maduras, mas diminui para 51,6 nas secundárias. A riqueza de espécies de árvores por 0,1 ha também cai de 36,8, em média, em florestas maduras, para 20,6 nas secundárias. Essa redução é ainda maior na proporção de espécies de floresta madura (de 58,2%, em média, para 14,4%), na de grandes árvores (de 27,4%, em média, para 16,1%) e na de espécies polinizadas por vertebrados (de 17,5% para 6,9%). A redução da

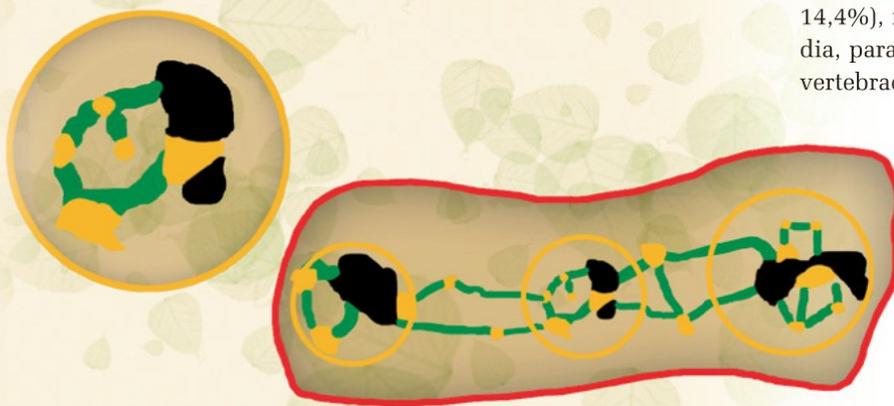


Figura 6. Em um corredor regional de biodiversidade, núcleos de áreas protegidas – públicas (em preto) e privadas (em amarelo) são conectados por meio de corredores florestais (em verde) e permanecem imersos em paisagens alteradas pela ação humana, onde o uso do solo deve ser pouco agressivo à biodiversidade e aos processos ecossistêmicos

biomassa nas florestas secundárias também diminui a ciclagem de nutrientes, o que prejudica serviços ambientais como o sequestro de carbono, a proteção do solo e o controle climático.

## O CORREDOR DE BIODIVERSIDADE

A mais recente estratégia da biologia da conservação para a manutenção da biodiversidade em paisagens fragmentadas está baseada no estabelecimento de uma rede de áreas protegidas públicas e privadas, conectadas por corredores florestais e imersas em paisagens com matrizes pouco agressivas à diversidade biológica, como a matriz de agrofloresta. Esse conjunto compõe o 'corredor de biodiversidade' (figura 6), hoje a unidade básica de planejamento e desenvolvimento de ações de conservação, seja por governos ou agentes como as organizações não governamentais (ONGs).

Nossos achados em Serra Grande, aliados ao conhecimento gerado em outros estudos sobre fragmentação florestal, trazem um alerta: caso as florestas remanescentes apresentem predominantemente habitats alterados pelos efeitos de borda, como ocorre nos pequenos fragmentos, os corredores de biodiversidade terão pouco valor de conservação e de prestação de serviços ambientais. Sua eficácia, em outras palavras, depende da proteção de grandes áreas de floresta (acima de 10 mil hectares), pois blocos de pouca interferência dos efeitos de borda são insubstituíveis em qualquer estratégia de conservação que vise proteger uma amostra significativa da diversidade biológica das florestas tropicais.

Ainda temos muito a aprender sobre os efeitos da fragmentação de habitats e sobre a dinâmica biológica de paisagens fragmentadas. Objetivamente, precisamos determinar em que medida a floresta fragmentada se assemelha a áreas em estágio inicial ou intermediário de regeneração e que fatores controlam essa semelhança. Do ponto de vista das ações concretas de conservação, porém, até o momento não existe qualquer ideia mais plausível que a de integrar agromosaicos e unidades de conservação em corredores de biodiversidade.

Em muitos setores da floresta atlântica brasileira, implantar esses corredores é um desafio científico, político, social e econômico de grande magnitude. A floresta atlântica nordestina, por exemplo, está atualmente reduzida a menos de 5% de sua cobertura original. Grande parte das áreas

## As aves nos fragmentos

A maior parte das áreas remanescentes de floresta atlântica em Pernambuco e Alagoas está situada em terras pertencentes a grandes usinas de álcool e açúcar. Em 2005, uma investigação do número de espécies e subespécies de aves nas áreas de várias usinas (realizada pela bióloga Sônia A. Roda) mostrou que essas paisagens fragmentadas ainda conservam parcelas substanciais da diversidade desse grupo na região, o que as torna de extrema importância para a conservação dessa fauna. Podem ser citados, como exemplos, os números referentes a cinco usinas (três em Pernambuco e duas em Alagoas). Na área da Usina Serra Grande (AL), que abriga a Mata de Coimbra, foram observadas 21 espécies endêmicas da floresta atlântica nordestina (75% das aves endêmicas dessa floresta que ocorrem na região). Em Serra Grande, 28 aves estão ameaçadas de extinção (nas categorias 'criticamente ameaçada', 'em perigo' e 'vulnerável'), segundo a lista do Ministério do Meio Ambiente. Também estão ameaçadas de extinção 20 espécies de aves observadas na Usina Cruangi (PE), 26 espécies na Usina Frei Caneca (PE), 16 espécies na Usina Santo Antonio (AL) e 22 espécies na Usina Trapiche (PE).



remanescentes (e da biodiversidade) está nas mãos da iniciativa privada (ver 'As aves nos fragmentos') e a maioria das poucas unidades de conservação é pequena e carece de implantação mínima. À medida que a floresta se degenera, menor seu valor de conservação e seu potencial de prestar serviços ambientais, o que reduz gradativamente o apelo para protegê-la e restaurá-la.

Para transformar arquipélagos de pequenos fragmentos florestais em corredores de biodiversidade e, assim, resgatar da extinção iminente dezenas de espécies animais e vegetais e permitir que a floresta preste os serviços ambientais de que necessitamos, é preciso eleger a restauração florestal como política pública de desenvolvimento econômico e social. A restauração é importante não só para ampliar a quantidade de habitat florestal remanescente, mas também para conectar fragmentos-chave na escala da paisagem. O Estado, a iniciativa privada (no caso do Nordeste, o setor sucroalcooleiro), as universidades e as ONGs precisam trabalhar em parceria enquanto existe alguma chance para a flora e a fauna da floresta atlântica nordestina. Esta é uma excelente oportunidade para demonstrar que paisagens agrícolas, se bem manejadas, podem ter valor complementar de conservação, prestar serviços ambientais estratégicos e contribuir de forma mais efetiva para o desenvolvimento sustentável das sociedades. ■

### Sugestões para leitura

- GIRÃO, L. C.; LOPES, A. V., TABARELLI, M. & BRUNA, E. M. 'Changes in tree reproductive traits reduce functional diversity in a fragmented Atlantic Forest landscape', in *PLoS One* (Public Library of Science), v. 2, e908, 2007 (publicação disponível apenas on-line).
- GUIMARÃES, M. 'Ilhas de floresta', in *Pesquisa Fapesp*, n. 153, p. 72, 2008.
- TABARELLI, M.; LOPES, A. V. & PERES, C. A. 'Edge-effects drive tropical forest fragments towards an early-successional system', in *Biotropica*, v. 40, p. 657, 2008.
- WALTZ, I. 'Menos floresta, mais formigas', in *Ciência Hoje*, n. 255, p. 60, 2008.

*Aos poucos, os supercondutores estão invadindo nosso cotidiano, estando presentes em equipamentos de medicina de diagnóstico, trens supervelozes que ‘flutuam’ sobre os trilhos e máquinas gigantesacas para o estudo da física de partículas. Esses materiais, que conduzem corrente elétrica sem perda de energia, carregam consigo uma longa lista de promessas, que aos poucos vêm sendo cumpridas.*

*Há cerca de 20 anos, foi descoberta uma nova classe desses compostos: a que apresenta a supercondutividade a ‘altas’ temperaturas. Desde então, os físicos da área, inclusive no Brasil, vêm tentando desvendar os segredos desses materiais, para entender um dos mais intrigantes – e, por enquanto, misteriosos – fenômenos da natureza.*

*Nas próximas páginas, o leitor fará uma viagem pelos continentes da supercondutividade, inclusive com direito a uma visita à ‘terra incógnita’, para conhecer essa região explorada pelos especialistas, mas ainda misteriosa.*

**Antonio R. de C. Romaguera**

*Departamento de Física,  
Universidade Federal Rural de Pernambuco*

**Cristiane Morais Smith**

*Instituto de Física Teórica,  
Universidade de Utrecht (Holanda)*

**Mauro M. Doria**

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

# SUPER DE ALTA

## PASSADO, PRESENTE E FUTURO DE

# CONDUTIVIDADE TEMPERATURA CRÍTICA

Em 1911, o físico **Heike Kamerlingh Onnes (1853-1926)** mostrou, em seu laboratório de Leiden (Holanda), que a resistência metálica do mercúrio caía abruptamente a zero quando a temperatura da amostra ficava abaixo de 268,95 graus celsius negativos. Estava descoberta a supercondutividade, fenômeno no qual não há perda de energia na passagem de corrente elétrica. Esse e outros resultados sobre o comportamento da matéria a baixíssimas temperaturas deram a esse holandês o prêmio Nobel de Física de 1913.

A ausência de resistência na passagem da corrente faz dos supercondutores materiais úteis para aplicações em situações em que se busca a economia de energia. Atualmente, essas aplicações vão desde aparelhos de ressonância magnética nuclear, comumente usados para realizar diagnósticos médicos, até aceleradores de partículas, como o LHC (sigla, em inglês, para Grande Colisor de Hádrons), na Suíça. Neste último, estão fios feitos de ligas de nióbio-titânio e de nióbio-estanho, que se tornam supercondutores apenas abaixo de suas temperaturas críticas, 263,15 e 254,85 graus celsius negativos, respectivamente. Cada material supercondutor tem sua temperatura crítica, acima da qual a supercondutividade desaparece. ▶

Ímã levita sobre um supercondutor de alta temperatura crítica, resfriado com nitrogênio líquido. Uma corrente elétrica flui da superfície do supercondutor formando um campo magnético que repele o ímã. Esse fenômeno, conhecido como efeito Meissner, é o que possibilita trens supereletricos levitarem sobre o trilho

LOS ALAMOS NATIONAL LABORATORY

## UM FENÔMENO AINDA MISTERIOSO

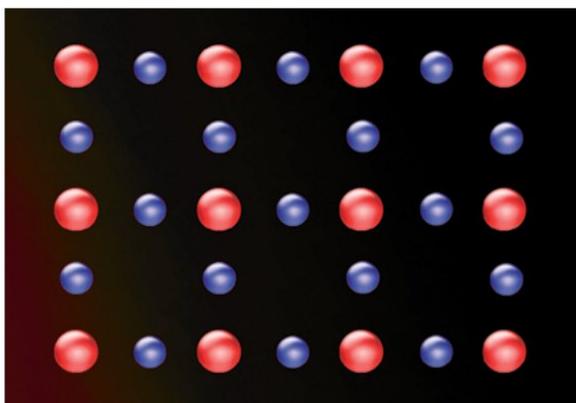


Figura 1. A imagem mostra – em um corte transversal – os fios de material supercondutor usados no Grande Colisor de Hádrons (LHC), envolvidos em uma matriz de cobre. Quando resfriados até a temperatura crítica, na presença de um campo magnético, os 8 mil filamentos de nióbio-titânio desses fios apresentam resistência nula e conduzem elevada corrente elétrica sem perda de energia

A ausência de perda de energia por calor compensa o custo da refrigeração: enquanto fios de cobre comuns transportam, no máximo, 30 ampères de corrente elétrica, os de nióbio-titânio usados no LHC podem atingir mais de 40 mil ampères (figura 1).

## DANÇA COLETIVA

Cerca de 50 anos depois da descoberta de Onnes, o fenômeno da supercondutividade foi entendido graças a uma teoria, de 1957, de três físicos norte-americanos: John Bardeen (1908-1991), Leon Cooper e Robert Schrieffer. Essa teoria é conhecida pela sigla BCS (iniciais dos três sobrenomes) e deu a eles o prêmio Nobel de 1972.



A teoria BCS explicou que a supercondutividade deve-se ao fato de os elétrons formarem pares (chamados pares de Cooper). A teoria BCS também previu a existência de uma energia mínima necessária para quebrar cada um desses pares, o chamado hiato de energia (tradução para o termo em inglês *gap*).

A corrente elétrica flui sem perda de energia abaixo da temperatura crítica por causa da sincronização dos pares de elétrons, em uma espécie de dança coletiva, formando uma única entidade que trafega sem colisões pelo material. Nos materiais simplesmente condutores, como nos fios caseiros feitos de cobre, os elétrons movimentam-se ‘solitariamente’, sem se agruparem, chocando-se constantemente uns com os outros e com impurezas e imperfeições no interior do fio ao conduzir a corrente. Daí advém a perda de energia na forma de calor.

## ALTAS TEMPERATURAS

Em 1986, o físico suíço Alexander Müller e o alemão Georg Bednorz descobriram materiais que apresentavam supercondutividade a ‘altas’ temperaturas, o que lhes valeu o prêmio Nobel em 1987. A denominação alta temperatura vem do fato de que a temperatura crítica – embora ainda muito baixa – está acima da temperatura de liquefação do nitrogênio (198,79 graus celsius negativos), um gás comumente usado na refrigeração.

Novas possibilidades de aplicações práticas surgiram com os supercondutores de alta temperatura crítica ou apenas ATCs (tradução da expressão inglesa *High-Tc*). Esse é o caso do  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+x}$ , formado por cinco diferentes elementos químicos (bismuto, estrôncio, cálcio, cobre e oxigênio) e cuja temperatura crítica é de 183,15 graus celsius negativos.

No estado supercondutor, o  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+x}$  transforma-se em um detector e emissor natural de radiação eletromagnética na faixa de frequências de THz (terahertz, que significa um trilhão de oscilações por segundo). A fabricação de fontes emissoras nessas frequências tem sido um problema até o momento. Esse tipo de radiação tem a habilidade de penetrar papel, roupas, cartolina, plástico e outros materiais, o que torna esse composto importante, por exemplo, para a segurança de aeroportos ou para investigar cargas transportadas.

Figura 2. Os planos formados de átomos de cobre e oxigênio são elementos básicos dos compostos de alta temperatura crítica. Os átomos de cobre (em vermelho) ocupam os vértices, e os de oxigênio (em azul), os segmentos de uma rede quadrada

FOTO PARTICLE LOUPEZ/CERN

CEIDIO FELIUS AUTORES



## CONTINENTE DE NÉEL

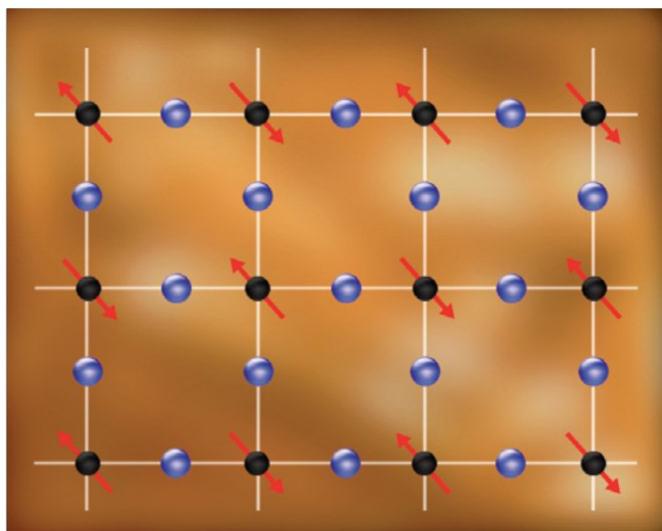
No 'continente' antiferromagnético – ou de Néel, homenagem ao físico francês Louis Eugene Néel (1904-2000), Nobel de Física de 1970 –, a dopagem é nula ou muito baixa. Nesse regime, o material não conduz corrente, comportando-se como um composto magnético. O *spin* é a fonte desse magnetismo. A figura 4 mostra a disposição dos *spins* no continente antiferromagnético.

No continente de Néel, os buracos formam uma rede de *spins*, de modo que cada *spin* sempre aponta em direção oposta à de seus quatro primeiros vizinhos. Esse estado ordenado de *spins* pode ser destruído de duas maneiras: i) por aumento da temperatura da amostra, ao ultrapassar a temperatura de Néel (cerca de 30°C); ii) por aumento da dopagem, porque um pequeno acréscimo desta última apenas reduz a temperatura de Néel, mas um acréscimo maior dela destrói totalmente o estado magnético. Neste último caso, os buracos – agora, em grande quantidade – começam a se mover para conduzir corrente elétrica.

Nos dois casos, saímos do continente de Néel e adentramos a terra incógnita.

## CONTINENTE SUPERCONDUTOR

No mapa-múndi, o continente supercondutor tem o formato de uma abóbada, delimitada por linha fronteira que é a própria temperatura crítica para cada dopagem do composto ATC. Dentro da abóbada, os buracos formam os pares de Cooper. Fora dela, o composto apresenta resistência elétrica, como nos



fios elétricos comuns e, portanto, não deve ser mais considerado como um supercondutor. Porém, veremos desdobramentos dessa definição mais adiante.

A dopagem que produz a máxima temperatura crítica – posicionada no ponto mais alto da abóbada – é chamada ótima. Abaixo dela, o composto é denominado subdopado; acima dela, superdopado. A temperatura crítica está muito abaixo da temperatura de Néel.

## ILHAS NANOSCÓPICAS

Na época dos descobrimentos, os navegadores traziam relatos conflitantes de suas viagens. O mesmo se passa agora com os físicos ao tentarem descrever suas experiências conduzidas nas diversas regiões do mapa-múndi, em especial na 'terra incógnita'.

Graças à técnica STM, os físicos concluíram que o próprio continente supercondutor ainda precisa ser mais bem explorado e definido. Descobriram que, mesmo dentro da abóbada, o estado supercondutor é altamente heterogêneo – assim como a foz de um rio em forma de delta –, alternando regiões nanoscópicas supercondutoras com outras não supercondutoras. A mudança de dopagem ou de temperatura apenas muda o tamanho e a forma dessas regiões, porém sem afetar sua existência.

Mas foi no estudo das regiões da 'terra incógnita', aquela área fora dos dois continentes descritos acima, que o STM (ver 'O STM e os ATC: binômio proveitoso') trouxe grandes novidades. Nos últimos anos, descobriu-se algo inusitado: fora da abóbada supercondutora, ainda permanecem ilhas supercondutoras. Portanto, mesmo um pouco acima da temperatura crítica, existem pares de Cooper em um estado especial (resistivo), ocupando ilhas nanoscópicas.

Em resumo: a supercondutividade sobrevive de maneira localizada fora da abóbada!

Muito além dos dois continentes, surge uma linha misteriosa que atravessa, de cima para baixo, nosso mapa-múndi e, como defendem alguns pesquisadores, penetra a abóbada supercondutora – note a linha pontilhada na figura 3 –, em um ponto que é ainda motivo de debate entre os físicos. À esquerda dessa linha, nos domínios da terra incógnita, o composto seria um metal 'estranho' – nome indicativo das dúvidas sobre essa região que atribulam os físicos –;

Figura 4. Representação gráfica de um buraco em cada átomo de cobre (pontos pretos) com seu respectivo *spin* (setas vermelhas), em formação antiferromagnética, ou seja, alterando sentidos 'norte' e 'sul', 'para cima' e 'para baixo'. Os pontos azuis são os átomos de oxigênio

à direita, o composto é tratado como um metal comum. Atualmente, essa linha é denominada de pseudo-hiato (ou, em inglês, *pseudo-gap*).

## NO ALTO DA GARAGEM

A física dos materiais condutores de eletricidade, sejam eles supercondutores ou não, baseia-se no chamado princípio de exclusão, descoberto pelo físico austríaco Wolfgang Pauli (1900-1958), em 1924.

Para nossos propósitos aqui, podemos imaginar esse princípio como o que dá aos elétrons um comportamento similar ao de carros estacionados em um edifício-garagem, onde cada vaga representa, no caso, uma 'propriedade' física dessas partículas (os físicos a denominam estado quântico) e não uma posição espacial delas. A analogia é útil apenas para entender o princípio de Pauli, que diz que dois elétrons (ou buracos) não podem estar no mesmo estado quântico, assim como dois carros não podem estar na mesma vaga do edifício-garagem.

Nesse edifício, obrigatoriamente, preenchem-se as vagas do andar mais baixo para o mais alto, ou seja, da menor para a maior energia.

Como na vida real, é no alto dessa garagem que há maior probabilidade de acharmos vagas livres. Nos materiais condutores de eletricidade, essa região, no topo, é chamada superfície de Fermi, homenagem ao físico italiano Enrico Fermi (1901-1954), Nobel de Física de 1938.

Os elétrons muito abaixo da superfície de Fermi são inertes, isto é, não conduzem corrente elétrica, pois estão impossibilitados de se mover, visto que as vagas (estados quânticos) em sua vizinhança estão todas ocupadas. São apenas os elétrons do alto, na superfície de Fermi, que podem formar os pares de Cooper.

Os ATCs são edifícios-garagem com cerca de  $10^{21}$  buracos por  $\text{cm}^3$ !

## PEÇA DO QUEBRA-CABEÇA

No ano passado, o grupo de Ali Yazdani, da Universidade Princeton (Estados Unidos), fez descobertas que prometem revolucionar nosso entendimento dos supercondutores de alta temperatura crítica. O alvo da equipe foi o composto já apresentado aqui: o  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+x}$ , que tem sido o favorito para estudos com o STM, por apresentar superfície extremamente uniforme. No caso desse composto, o hiato de energia não apresenta um valor fixo, homogêneo, como nos supercondutores convencio-

## O STM E OS ATCS: BINÔMIO PROVEITOSO

O microscópio de varredura por tunelamento – mais conhecido pela sigla inglesa STM – está revolucionando nosso entendimento sobre os supercondutores de alta temperatura crítica, chamados ATCs, ao fazer medidas locais, na escala nanoscópica, da energia necessária para quebrar um par de Cooper.

Com esse equipamento, aplica-se uma voltagem entre a ponta de uma agulha externa e a superfície do supercondutor, medindo-se a corrente elétrica que flui entre elas (figura 5). Sabendo-se os valores da voltagem e da corrente, obtemos a resistência elétrica naquele ponto onde 'repousa' a agulha. Tudo isso na escala nanoscópica.

Em princípio, o alto vácuo que separa a agulha da superfície não permitiria a passagem de corrente entre elas. Mas aqui reside a riqueza (e a estranheza!) do mundo quântico: os elétrons (e buracos) passam ('tunelam', dizem os físicos) de um lado para o outro. Macroscopicamente, seria o equivalente a atravessarmos uma parede e sairmos ilesos do outro lado!

No caso dos supercondutores, a fonte desse elétron (ou buraco) é um dos componentes de um par de Cooper. Assim, com um STM, conseguimos medir a energia necessária para quebrar um desses pares. E isso é justamente o hiato de energia, que, com esse equipamento, pode ser determinado ponto a ponto sobre a superfície do material supercondutor.

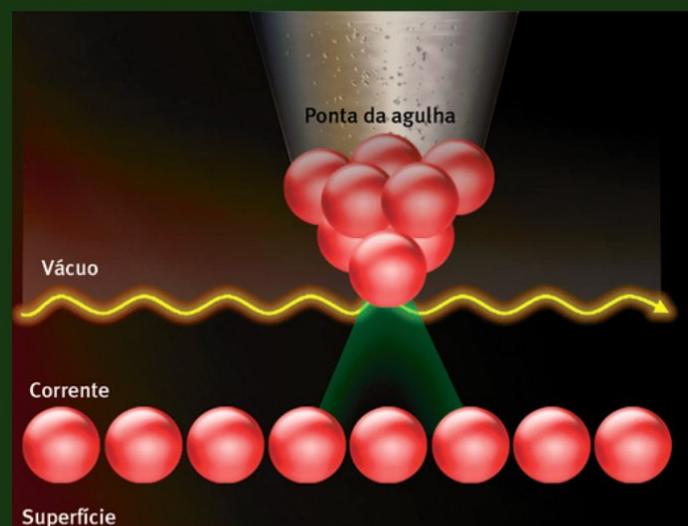


Figura 5. Visão pictórica de um STM (microscópio de varredura por tunelamento). A agulha nanométrica é uma ponta formada por um aglomerado de átomos, como um cacho de uvas. Ela é cuidadosamente posicionada a uma distância equivalente a frações de nanômetros da superfície do supercondutor. Na varredura, a agulha se desloca no plano horizontal, com precisão nanométrica

## IMPUREZAS E CAMPO MAGNÉTICO

Na região entre o continente de Néel e o do supercondutor, surge um estado intermediário que alterna faixas magnéticas e supercondutoras e cujas propriedades podem ser desvendadas ao se introduzir impurezas no composto. Esse foi um dos problemas estudados por um dos autores deste artigo (CMS). A existência de dois patamares de temperatura associados ao desaparecimento da supercondutividade no material  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+x}$  pode ser inferida também pela presença de um campo magnético aplicado sobre a amostra, como mostraram dois outros autores (MMD e ARCR).

Exemplos da pesquisa dos autores deste artigo estão em *Physical Review Letters* (v. 87, p. 177.010, 2001) e *Physical Review B* (v. 76, p. 052.504, 2007).

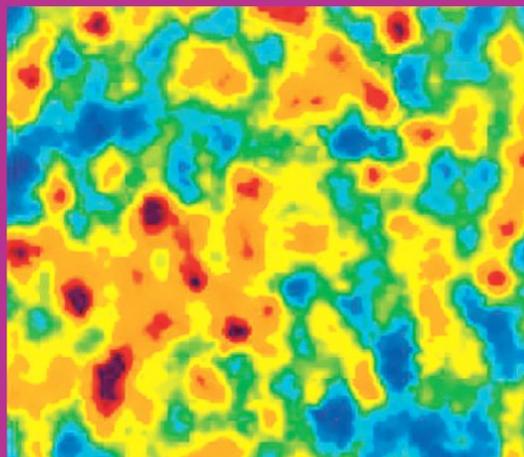


Figura 6. Domínios nanoscópicos em que a energia para a quebra de um par de Cooper é heterogênea, ou seja, varia de um local a outro. Na figura, relativa ao composto  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+x}$ , a energia de quebra é mais baixa nas áreas em azul escuro e mais alta nas áreas em vermelho escuro

### Sugestões para leitura

DORIA, M. M. e ROMAGUERA, A. R. C. 'Supercondutividade: que vibrações são essas?' *Ciência Hoje* 249, junho 2008.

CALDAS, H. 'Um novo estado da matéria – a fluidez com pares separados'. *Ciência Hoje* 246, março 2008.

A. YAZDANI et al. 'Visualizing pair formation on the atomic scale in the high-TC superconductor  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+x}$ '. *Nature* v. 447, pp. 569-572, 2007.

### Na internet

O misterioso mundo da supercondutividade <http://cienciahoje.uol.com.br/91450>

Decifradores de mistérios do mundo quântico <http://cienciahoje.uol.com.br/825>

Negócios quentes para materiais frios <http://cienciahoje.uol.com.br/94742>

Supercondutores com aplicações promissoras <http://cienciahoje.uol.com.br/2551>

nais. Essa grandeza só é constante no interior de domínios, definidos por figuras de tamanhos e contornos ainda misteriosos (figura 6).

Yazdani verificou que esses domínios supercondutores desaparecem em temperaturas distintas, alguns em temperaturas mais baixas e outros em temperaturas mais altas que a própria temperatura crítica. Assim, surpreendentemente, algumas regiões perduram para além do 'continente' da supercondutividade, ou seja, além da abóbada, já em terras incógnitas.

Para entendermos essa promessa de revolução, vamos rever o passado. Em 1957, os físicos norte-americanos Michael Tinkham e Rolf Eldridge Glover III (1924-2004) fizeram medidas fundamentais para comprovar a teoria BCS. Verificaram que a razão entre o hiato de energia e a temperatura crítica é uma constante, cujo valor não varia de supercondutor para supercondutor, sendo, portanto, independente de propriedades do material, como previsto pela própria teoria BCS.

Agora, Yazdani mostrou que existe algo similar para os ATCs, embora a teoria para esses compostos ainda não tenha sido feita. Usando STM, ele comprovou que, para cada ilha nanoscópica, a razão entre o hiato de energia em seu interior e a temperatura de desaparecimento da supercondutividade local é uma constante 2,3

vezes maior do que aquela prevista pela teoria BCS. Essas duas grandezas variam de ilha para ilha, mas a razão entre elas não, segundo Yazdani, permanecendo sempre igual a esse misterioso valor.

Esse resultado sugere haver para os ATCs dois patamares de temperatura: i) um associado à formação dos pares dentro de cada um desses diminutos domínios; ii) outro ligado à sincronização dos pares de Cooper de diversos domínios, para fazê-los se comportar como uma entidade única condutora de corrente.

Sem dúvida, Yazdani aportou em uma 'terra incógnita' que, vale lembrar, já havia sido relatada por outros físicos. Com isso, uma peça muito importante acaba de se encaixar no quebra-cabeça dos ATCs. Mas muitas outras precisam encontrar seu lugar antes de entendermos o mecanismo da supercondutividade nesses materiais – e, para isso, vêm colaborando os autores deste artigo (ver 'Impurezas e campo magnético').

As novas técnicas experimentais capazes de operar na escala nanoscópica irão certamente representar um papel importantíssimo para desbravar a terra incógnita. E, quem sabe, em um futuro não distante, os supercondutores a altas temperaturas críticas concretizem todas as tarefas que os físicos vislumbram hoje para esses fantásticos – e ainda misteriosos – materiais. ■

Manaus foi a cidade escolhida para sediar a 61ª edição da Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), que aconteceu entre os dias 12 e 17 de julho deste ano, com o mote 'Amazônia: ciência e cultura'. Como não poderia deixar de ser, o debate priorizou temas relacionados ao desenvolvimento da região: gestão de recursos, preservação ambiental, saúde e mudanças climáticas foram alguns dos assuntos discutidos em simpósios e mesas-redondas. Sediado no *campus* da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), o evento contou com a participação de um público recorde estimado em 13 mil pessoas. Confira nas próximas páginas um pequeno registro do que foi discutido na ocasião.

**SOCIOECONOMIA** Costumes de ribeirinhos, mais que leis, regem atividade pesqueira na Amazônia

## Acordos e conflitos

Como é feita a pesca na Amazônia? Quem são os envolvidos na atividade? Essas são perguntas relevantes que alguns estudos vêm tentando responder apesar do desafio que representam a imensidão dos rios amazônicos e as diversas formas de exploração dos recursos pesqueiros na região. Os dados coletados até agora mostram que acordos locais firmados entre os ribeirinhos costumam ter maior peso na gestão da pesca que as leis oficiais, e que os conflitos relacionados à atividade se dão, principalmente, entre os pescadores de subsistência e os comerciais, mas também acontecem entre pescadores e fazendeiros.

O sociólogo Antônio Carlos Witkoski, da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), é um dos pesquisadores que se debruçam sobre o tema. Ele e sua equipe investigam o uso dos recursos pesqueiros em três comunidades do lago Grande, no município de Manacapuru (AM). Witkoski conta que a área é explorada há muito tempo e que a população local é muito dependente da pesca. "Esse é um mo-

tivo de preocupação, já que quanto maior a dependência de um único recurso, maior a possibilidade de surgirem conflitos", explica.

O levantamento da atividade pesqueira nessas comunidades mostrou a existência de três tipos principais de conflitos: 1) entre pescadores de subsistência e pescadores comerciais de outras cidades; 2) entre pescadores de subsistência e pescadores comerciais locais; e 3) entre pescadores e fazendeiros. As discordâncias, no entanto, nem sempre são explícitas, o que dificulta sua resolução. "Houve protestos, por exemplo, contra a instalação de criadores de búfalos em uma das comunidades, mas em outros casos, os conflitos foram silenciados por relações de parentesco ou ficaram apenas no plano simbólico", afirma o sociólogo.

### Mais controle

Os conflitos trazem consigo a evidência de que há acordos, mesmo que informais, sobre a gestão dos recursos pesqueiros. "Dizer que não há manejo da pesca na Ama-

zônia é desconhecer a realidade. Em cada lago, cada lagoa, há acordos locais, não oficiais, que regem o uso dos recursos", afirma o oceanógrafo Vandick da Silva Batista, da Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

Segundo ele, esses acordos, baseados em crenças e costumes, tanto podem tornar a atividade mais sustentável, ajudando, por exemplo, a garantir a segurança alimentar, quanto resultar em ineficiência econômica. "Mas, em geral, são eles que, em conjunto com a própria natureza da região, garantem a preservação dos recursos pesqueiros amazônicos", afirma. Para o pesquisador, os governos deveriam reconhecer essas formas locais de gestão e dar suporte a elas para que se estruturam de modo a beneficiar toda a comunidade. "É preciso entender a motivação dos pescadores", defende.

Geraldo Bernardino, engenheiro de pesca e Secretário Executivo de Pesca e Aquicultura do Amazonas, garante que o governo vem buscando novas formas de lidar com a situação. "O governo fede-

## Radiografia da pesca na região

Atualmente o estado do Amazonas produz 160 mil toneladas de pesca por ano. Desse total, 70 mil toneladas são comercializadas e 90 mil são usadas para a subsistência. “Para se ter uma ideia, no Brasil a média de consumo é de 6 kg anuais de pescado por pessoa. Em Manaus, essa média sobe para 22 kg e, nas áreas rurais da Amazônia, pode chegar a 180 kg”, conta Geraldo Bernardino. Segundo ele, do total de pescado comercializado na região, cerca de 10 mil são exportados através do Alto Solimões, 60% são enviados para Manaus e o restante vai para frigoríficos de estados como São Paulo e Minas Gerais.

Pesca esportiva e de peixes ornamentais também são atividades importantes quando se analisa o uso dos recursos pesqueiros na Amazônia. Os dados oficiais mostram que apenas a região dos rios Negro, Madeira e seus afluentes recebe, por temporada, 9 mil turistas interessados na atividade, movimentando até R\$ 35 milhões e gerando cerca de mil empregos diretos. “Precisamos regular a atividade para que não aconteça aqui o que ocorreu no Pantanal ou em Goiás, onde a pesca esportiva precisou ser proibida em vários locais devido ao mau gerenciamento dos estoques e por ter prejudicado a pesca tradicional”, afirma.

Em relação à captura de peixes ornamentais, a preocupação é a competição com outros países. “O Brasil ocupa o 18º lugar na lista de exportadores de peixes ornamentais, mas outros países estão começando a reproduzir nossas espécies em cativeiro, como é o caso do cardinal”, alerta Bernardino. Segundo ele, o fato é preocupante já que apenas na região do rio Negro a venda de peixes ornamentais representa 60% da renda de mais de 2 mil famílias. “Entre as ações para lidar com essa questão estamos incentivando a organização dos pescadores e a diversificação das áreas de captura”, diz o engenheiro. “Estamos trabalhando também no ordenamento da atividade e na atualização da legislação sobre o tema. Nossa ideia é que o ordenamento pesqueiro considere todo o ecossistema”, completa.

ral acaba de criar o Ministério da Pesca e Aquicultura e a nova Lei da Pesca também foi aprovada”, lembra, salientando que isso demonstra um reconhecimento da importância da atividade.

O engenheiro cita como novas medidas no Amazonas o fortalecimento das cooperativas e associações de pescadores; a reativação de vários terminais pesqueiros públicos (locais onde o pescado é armazenado e distribuído); e a realização de um novo cadastramento dos pescadores, de forma que possam receber o chamado salário defeso, pago em épocas de reprodução de algumas espécies, quando a pesca fica proibida. “Mas é claro que

há desafios. Há muita corrupção no pagamento do salário defeso; precisamos de mais técnicos capacitados para atuar na área; e de mais estudos sobre a reprodução e a genética de muitos peixes”, enumera.

Para o Antônio Carlos Witkoski, acima de tudo, é preciso repensar o modo de incorporação do conhecimento tradicional ao sistema de produção. “É o modo como os ribeirinhos entendem o mundo que irá nortear as ações deles. Precisamos de uma nova ciência, que incorpore esses conhecimentos”, conclui.

**Mariana Ferraz**  
Ciência Hoje/RJ

## AMAZÔNIA MONITORADA DO ALTO

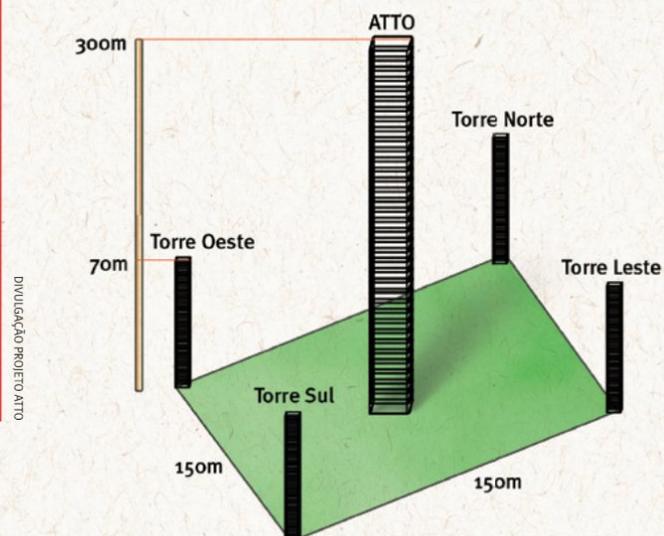
Como a floresta amazônica interage com a atmosfera? É o que os cientistas buscarão responder com a construção de uma torre de 300 m de altura no meio de uma grande área preservada da Amazônia. Do alto, os equipamentos irão monitorar as trocas de gás carbônico, metano e vapor d'água. Os dados serão importantes, não só para melhorar o conhecimento sobre a floresta, mas também para saber como ela reage às mudanças climáticas.

O projeto, batizado de Observatório Amazônico da Torre Alta (ATTO), é inspirado em outro semelhante instalado na Sibéria e será concretizado a partir de uma parceria entre Brasil e Alemanha. “É a realização de um sonho”, diz o físico e gerente brasileiro da iniciativa, Antonio Manzi, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Com 320 m (aproximadamente a mesma altura da torre Eiffel, em Paris, na França), a torre será rodeada por quatro torres menores. Dessa forma, garante o pesquisador, será possível monitorar tanto os movimentos verticais quanto horizontais das trocas gasosas entre a biosfera e a atmosfera.

A torre será instalada na Reserva de Desenvolvimento Sustentável de Uatumã, a cerca de 150 km de Manaus. O local foi escolhido por estar livre da influência de grandes corpos d'água, como rios e igarapés. “Buscamos uma região que representasse bem o ecossistema de terra firme, alvo dos estudos”, diz Manzi.

Prevista para entrar em funcionamento em 2011, a torre deverá gerar dados por 20 ou 30 anos. “Esse é um projeto que servirá a toda a comunidade científica”, entusiasma-se o pesquisador.

Montagem, a partir de modelo semelhante na Sibéria, do Observatório Amazônico da Torre Alta, que terá 320 m e entrará em funcionamento em 2011



# De olho no peixe-boi

ALEXANDRE FONSECA

Dois peixes-boi criados em cativeiro retornaram aos rios da Amazônia este ano com um adereço diferente: um aparelho que monitora seus movimentos. Com isso, pela primeira vez os cientistas conhecerão os detalhes do comportamento do animal em seu ambiente natural, já que a visualização é dificultada pela cor escura das águas. Os dados coletados ajudarão na elaboração de estratégias de conservação da espécie.

A reintrodução dos peixes-boi é considerada um desafio pelos cientistas do Laboratório de Mamíferos Aquáticos do Instituto de Pesquisas da Amazônia (Inpa), responsável pelo projeto. Vera Maria Ferreira da Silva, bióloga que coordena a iniciativa, conta que a tarefa não é simples, pois os animais se acostumam com o ambiente do cativeiro. “Costumamos brincar que, uma vez devolvidos à natureza, eles ficam procurando a parede do tanque”, diz ela.

Brincadeiras à parte, a preocupação é real. Silva lembra que é preciso avaliar tanto a sobrevivência do animal na natureza, onde é vítima da caça ilegal, quanto a segurança em relação a doenças típicas do cativeiro. “Antes de serem soltos, os animais passam por uma avaliação completa de saúde. Um dos critérios para a soltura é a ausência de doenças como toxoplasmose, leptospirose e de bactérias. Não podemos correr o risco de levar doenças do cativeiro para a natureza”, explica.

Até agora, quatro animais machos foram devolvidos ao am-



## Séculos de caça, 30 anos de pesquisa

Carne para consumo e gordura para acender lamparinas. Esses foram, durante muito tempo, os destinos dos peixes-boi da Amazônia (*Trichechus inunguis*). Muito caçada desde o início da colonização brasileira, a espécie ficou à beira da extinção. “Há registros do padre Antonio Vieira, de 1658, nos quais ele já relata a caça do peixe-boi”, conta a bióloga Vera Maria Ferreira da Silva. “E estima-se que apenas entre os anos de 1935 e 1954 tenham sido mortos mais de 200 mil indivíduos”, completa.

Para ajudar a evitar a extinção, há 30 anos os cientistas do Inpa mantêm, no Bosque da Ciência, em Manaus, tanques onde filhotes órfãos de peixes-boi resgatados da natureza recebem tratamento e são estudados. Descobertas sobre a fisiologia do animal – capaz de passar mais de 20 minutos submerso –, sobre seu metabolismo, que permite um jejum de cerca de 200 dias; sobre sua importância ecológica no controle do crescimento de plantas aquáticas, seu principal alimento; além da primeira reprodução em cativeiro bem-sucedida na história foram algumas das conquistas. “Começamos com dois pequenos tanques de plástico”, recorda Silva. “Hoje temos uma boa estrutura e abrigamos 36 indivíduos”, comemora.

Segundo a bióloga, os animais chegam ao local, principalmente trazidos pelo Ibama [Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis] e por pessoas de comunidades ribeirinhas e, em geral, apresentam grave quadro de desnutrição. “Trabalhamos para sua recuperação e o objetivo é devolvê-los à natureza”, explica. Silva conta que se estuda atualmente a possibilidade de os animais passarem por um tipo de ‘estágio’ em ambientes naturais antes de serem definitivamente soltos. “Dessa forma, estaríamos garantindo a adaptação. Mas essa alternativa precisa ser mais bem avaliada”, conclui a pesquisadora.

À esquerda, pesquisadores monitoram reintrodução de um peixe-boi na natureza. À direita os animais são acompanhados por meio de radiotelemetria

biente. Dos dois primeiros, reintroduzidos em 2008, um morreu seis meses depois de solto. Os outros dois, libertados em 2009, são agora monitorados com o novo instrumento. “O aparelho tem tecnologia japonesa e foi adaptado às características do ambiente amazônico e ao comportamento do animal”, conta a bióloga. Entre as adequações, está a programação para se soltar sozinho e flutuar depois de desprendido, de modo que o pesquisador possa recuperá-lo. “Além disso, o aparelho mede parâmetros como velocidade de deslocamento, ângulo do corpo e temperatura da água”, diz Silva.

### População crescente

O local escolhido para a reintrodução dos animais foi o rio Cueiras, nas proximidades de Manaus. Segundo Silva, a escolha se deveu ao fato de ali já haver um trabalho consistente de conscientização da população sobre a importância de se preservar a espécie. “Os peixes-boi criados em cativeiro são muito dóceis e se aproximam das embarcações. Isso representa um problema para a reintrodução, já que os animais podem ser facilmente caçados”, diz a bióloga.

Apesar dessa ameaça, as evidências levam a crer que a população de peixes-boi em ambientes naturais esteja aumentando. “Estudos genéticos mostram que as populações podem estar crescendo. Além disso, nesses primeiros meses do ano já recebemos oito filhotes de peixe-boi, o que pode tanto ser resultado do crescimento da população, quanto da maior informação das pessoas e do aumento da fiscalização”, pondera. De todo modo, a pesquisadora garante: “a caça de milhares de exemplares, que fez com que a espécie quase fosse extinta, ficou definitivamente no passado”.

**Mariana Ferraz**

*Ciência Hoje/RJ*

**QUÍMICA** Pesquisadores estudam moléculas para combater parasita

# Novas armas contra a doença de Chagas

**H**á 100 anos o médico Carlos Chagas descobria a doença que levaria seu nome. Apesar de um século ter se passado, ainda não há cura ou vacina para esse mal. O tratamento atualmente conta com apenas dois medicamentos, que têm baixa eficácia. Mas essa situação pode mudar nos próximos anos graças aos esforços de pesquisadores da Universidade de São Paulo (USP), em São Carlos (SP), e da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).

Segundo dados da Organização Mundial da Saúde (OMS), há hoje 18 milhões de pessoas infectadas com o *Trypanosoma cruzi*, o agente causador da doença de Chagas. Esse mal é considerado uma doença negligenciada, ou seja, não há um grande esfor-

ço de pesquisa voltado ao tema. “A indústria farmacêutica investe menos de 0,01% dos US\$ 70 bilhões destinados à pesquisa e ao desenvolvimento nessa classe de doenças”, informa Adriano Defini Andricopulo, coordenador do Laboratório de Química Medicinal e Funcional (LQMC) do Instituto de Física de São Carlos da USP.

Os dois fármacos usados no tratamento da doença de Chagas, o nifurtimox e o benzonidazol, foram desenvolvidos há mais de 30 anos. Esses remédios, no entanto, têm uso limitado, pois só atuam na fase aguda da doença, logo após a infecção. No período crônico, cujos sintomas podem aparecer após 15 anos e envolvem lesões cardíacas, esses medicamentos são ineficazes.

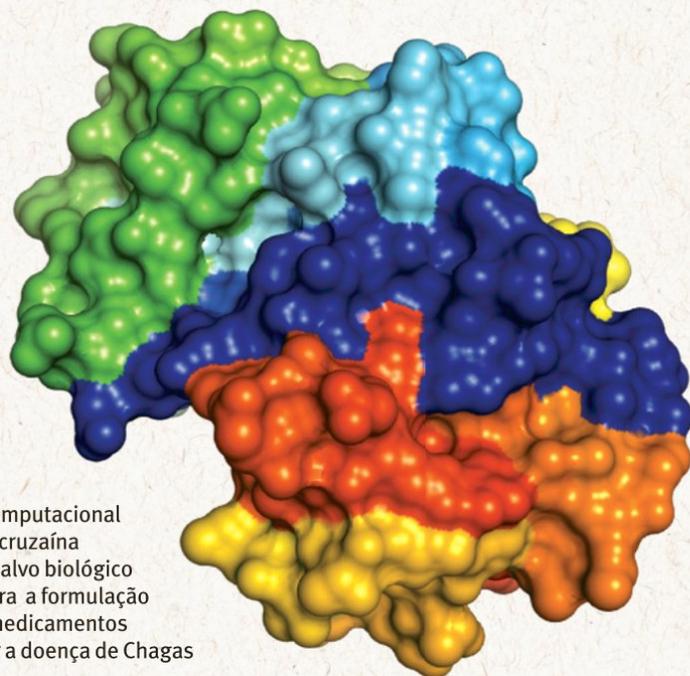


Imagem computacional da enzima cruzafina de *T. cruzi*, alvo biológico atrativo para a formulação de novos medicamentos para tratar a doença de Chagas

## Alternativas

Parte de uma grande rede de interação, o LQMC realiza trabalhos de identificação de possíveis alvos biológicos, triagem de produtos naturais e compostos sintéticos na busca de novas moléculas, estudos de interação dessas novas substâncias químicas com os alvos no parasita por meio de modelagem molecular e ensaios *in vitro* e *in vivo*. Os pesquisadores trabalham no momento com dois alvos no *T. cruzi*, as proteínas gliceraldeído-3-fosfato desidrogenase (GAPDH) e a cruzaina. A primeira tem um papel fundamental no metabolismo da glicose e no processo de geração da energia que mantém o parasita vivo, com sua inibição levando à morte. Já a cruzaina está diretamente envolvida no desenvolvimento e diferenciação do *T. cruzi*, bem como na invasão e alteração da resposta imune do hospedeiro.

Contra a GAPDH, a equipe do LQMC está testando derivados de chalepina e ácido anacárdico, extraídos do jaborandi (*Pilocarpus* sp.) e do cajueiro (*Anacardium occidentale*), respectivamente. Ambas as substâncias apresentam bom potencial em testes *in vitro*. Derivados de chalcona, molécula extraída da aroeira-do-sertão (*Myracrodruon urundeuva*), mostraram atividade similar contra a cruzaina. “As concentrações de inibição dessas substâncias são baixas, ou seja, com pouca quantidade conseguimos bons resultados. Agora, devemos partir para os testes *in vivo*”, comenta o químico.

## TDR contra Chagas

Desde 2008, Andricopulo e sua equipe fazem parte do Programa Especial para Pesquisa e Treinamento em Doenças Tropicais (TDR, na sigla em inglês)

da OMS, cuja finalidade é coordenar esforços globais de combate a doenças tropicais negligenciadas. A TDR envolve pesquisadores, governos e indústria em uma ação conjunta para identificar e desenvolver novos fármacos contra doenças tropicais negligenciadas, como malária, esquistossomose e a própria Chagas, entre outras. “Toda a parte de planejamento em química medicinal e ensaios biológicos é nossa responsabilidade. A etapa de síntese das moléculas promissoras – extremamente importante – fica a cargo do professor Luiz Carlos Dias, da Unicamp”, informa Andricopulo.

Atualmente, o LQMC está realizando testes avançados *in vitro* e *in vivo* com várias substâncias sintéticas no projeto do TDR. “Os testes mostraram que algumas moléculas são capazes de reduzir em torno de 80% a presença de *T. cruzi* nos camundongos infectados e aumentar sua sobrevida”, revela o químico. Ele conta que não pode revelar detalhes sobre os novos candidatos a fármacos devido a cláusulas de sigilo da rede. “A TDR é bastante focada em produzir um novo medicamento útil para o tratamento da doença de Chagas. Tanto que, se um possível fármaco não gera bons resultados, o projeto é encerrado e imediatamente procura-se iniciar outro”, completa. Segundo Andricopulo, a perspectiva é que um desses candidatos a fármaco chegue à fase de testes clínicos daqui a dois anos.

**Fred Furtado**  
Ciência Hoje/RJ

## MEDICINA

### GRIFE CONTRA DOENÇA DE CHAGAS?

Uma vacina para a doença de Chagas capaz de imunizar os pacientes também contra a gripe. O primeiro passo para a concretização desse objetivo ambicioso acaba de ser dado por cientistas brasileiros. Eles construíram um vírus da influenza modificado que traz em seu material genético, um gene do *Trypanosoma cruzi*, protozoário causador da doença de Chagas. A expectativa é que, quando expostos ao novo vírus, animais – e futuramente, humanos – apresentem resposta imunológica contra as duas doenças, ficando protegidos da infecção por ambas.

O feito é fruto da pesquisa de mestrado em bioquímica e imunologia de Rafael Polidoro, bolsista do Departamento de Bioquímica e Imunologia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), sob orientação do bioquímico Ricardo Tostes Gazzinelli e do microbiologista Alexandre Vieira Machado, ambos do Centro de Pesquisa René Rachou, da Fundação Oswaldo Cruz de Minas Gerais. Polidoro conta que foi preciso um ano de trabalho até que o vírus modificado estivesse pronto. “Usamos uma técnica conhecida como genética reversa para inserir um gene do *T. cruzi* no vírus da gripe”, explica. “Com isso, construímos um vírus capaz de induzir as células infectadas a produzirem uma proteína, a ASP-2, que protege contra a infecção pelo protozoário”, completa.

Agora os pesquisadores estão realizando testes com camundongos para saber o grau de imunização obtido com a exposição ao novo vírus. “Acabamos de administrar o vírus nos animais. Em pouco tempo daremos a dose de reforço, do mesmo modo como é feito na vacinação em humanos. Só então poderemos submeter os camundongos ao chamado teste desafio, no qual eles serão expostos ao protozoário que causa a doença de Chagas.”

Além de representar um passo para a descoberta de uma vacina contra a doença de Chagas – que atualmente mata cerca de 16 mil pessoas por ano no mundo –, o vírus criado por Polidoro foi patenteado e poderá ser usado, por exemplo, para o desenvolvimento de vacinas que protejam contra mais de um tipo de gripe.



## FECHANDO O CICLO DO CARBONO

“Para se ter um estudo completo do ciclo do carbono nas florestas tropicais, é preciso avaliar o estoque desse elemento nas árvores que estão mortas e em decomposição, a chamada necromassa. E, na mata atlântica, não há estudos que considerem esse fator”. A afirmação é de quem busca ajudar a preencher essa lacuna – a bióloga Larissa Giorgeti Veiga, da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Os dados coletados por ela até agora mostram que, na mata atlântica, a decomposição, e a consequente liberação do carbono para a atmosfera, é mais rápida em áreas mais baixas, como a floresta de restinga, que em locais de altitude mais elevada. A hipótese é que a variação do microclima esteja por trás dessa diferença.

A cada seis meses, Veiga visita trechos da serra do Mar em São Paulo, para avaliar o estoque, produção e a decomposição de árvores mortas que continuam em pé e também de troncos caídos. A área estudada abrange desde a vegetação de restinga, ao nível do mar, até a floresta montana, a 1.000 m de altitude. “Queremos entender como as variações de temperatura, umidade, luz e outras condições que variam com a altitude afetam o estoque, a produção, a decomposição e a consequente liberação do carbono para a atmosfera”, explica. “Para isso, avaliamos periodicamente o diâmetro ou perímetro e grau de decomposição dos troncos em diferentes altitudes da mata atlântica”, completa.

Os resultados mostram que o estoque de madeira morta e a velocidade de decomposição variam com a altitude, mas a própria pesquisadora afirma que é preciso investigar mais. “Hoje é moda falar em emissão de carbono, mas há pouquíssimos estudos sobre o estoque desse elemento na madeira morta. Precisamos fechar o ciclo do carbono incluindo esses dados para entendermos plenamente o papel das florestas tropicais nas mudanças climáticas.” O estudo de Veiga é parte de seu mestrado, sob orientação do biólogo Carlos Alfredo Joly, e integra o Projeto Gradiente Funcional do Programa Biota/Fapesp, cujo objetivo é relacionar padrões de biodiversidade com o funcionamento da mata atlântica no estado de São Paulo.

## TECNOLOGIA PARA LOCAIS REMOTOS DA AMAZÔNIA

Chico Mendes vai ajudar os cientistas a realizarem o sonho de alcançar áreas remotas da Amazônia. Claro, não se trata do líder seringueiro, mas de um robô desenvolvido pelo Laboratório de Robótica do Centro de Pesquisas da Petrobras, batizado em sua homenagem.

Criado para monitorar dutos de derivados de petróleo instalados em áreas inóspitas, o robô já desperta o interesse de pesquisadores por ser uma plataforma de desenvolvimento multimissão com capacidade de receber diferentes tipos de sensores e realizar funções científicas como o levantamento de parâmetros físico-químicos da água e coleta de materiais diversos, como espécimes da fauna e flora e larvas de mosquito. Mais recentemente, ele foi equipado com um explosímetro, visando ao monitoramento de gases emitidos por reservatórios de hidrelétricas, em locais de difícil acesso.

Ney Robinson Salvi dos Reis coordena a equipe que criou e trabalha no aperfeiçoamento do robô. Engenheiro do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento (Cenpes), da Petrobras, ele visitou a Amazônia pela primeira vez em 2004 e desde então busca adequar a tecnologia inovadora – já protegida por três patentes – para uso em benefício do desenvolvimento da região. “Muitas vezes os pesquisadores não conseguem andar ou mesmo ter acesso a áreas alagadas ou sua presença na mata interfere nos hábitos e características da



**Modelo de robô médio em região de Igapó, na Amazônia. Batizado de Chico Mendes, o robô auxilia os pesquisadores a alcançarem áreas remotas da região**

região em estudo, podendo ‘mascarar’ os resultados e informações colhidas a respeito do assunto que querem estudar”, diz o engenheiro.

Na 61ª reunião da SBPC, quando foi fazer uma conferência sobre o tema, Reis assistiu a uma palestra de um pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa) com o sugestivo nome de ‘Sons da Floresta’. Ele conta que surgiu ali o desejo, e consequente proposta, de um trabalho conjunto com o Inpa, visando equipar ‘Chiquinho’, como o robô é carinhosamente chamado, para capturar os sons da floresta, ajudando a compor o que chamam de “paisagem sonora”. “Esse trabalho requer a entrada de pessoas na mata com gravadores e cuidado para não espantar os pássaros. Isso poderia ser feito pelo robô,” avalia.

Hoje existem protótipos do robô Chico Mendes em tamanhos pequeno e médio. Mas o sonho maior de Reis é construir um modelo grande, que possa ser tripulado. “Iniciamos esse detalhamento recentemente e, se tudo der certo, em um ano teremos o primeiro protótipo desse tipo”, finaliza.

DIVULGAÇÃO LABORATÓRIO DE ROBÓTICA - CENPES

**Modelo de robô pequeno em região de Aningal, na Amazônia**



ARTES Pesquisa mapeia principais artistas populares do país

## Valorização do autor

**R**egistrar, em fotos e textos, a arte popular brasileira. Com esse objetivo, os historiadores e os jornalistas Beth Lima e Valfrido Lima atravessaram todo o país, correndo atrás de pistas de artistas, que, na maioria das vezes, permanecem desconhecidos. O resultado da pesquisa, iniciada em 2002 e que compreendeu quatro anos de viagens, está no livro *Em nome do autor* (Proposta Editorial), cujo título expressa o propósito de romper o anonimato em que esses artistas se encontram.

“Esse foi um dos compromissos do nosso projeto. Ir até onde o artista mora e tornar público seu endereço”, afirma Valfrido Lima. Com base em pesquisa bibliográfica e também nas indicações dos próprios artistas entrevistados, os jornalistas visitaram mais de mil artistas populares até chegar aos 320 nomes incluídos no livro. “Fizemos uma verdadeira garimpagem para elaborar esse painel”, conta Lima.

A vida nem sempre tem sido benevolente com esses artistas. “Para sobreviverem, muitos deles vendem suas peças por preços módicos, que nos grandes centros urbanos acabam sendo vendidos por quantias inimagináveis para eles”, diz o jornalista, acrescentando que a falta de reconhecimento foi uma queixa comum nas entrevistas.

A inclusão dos endereços no livro pode ajudar no acesso direto aos artistas e mesmo em contatos com outras cidades para as quais eles não costumam vender. “Todos os 320 artistas receberam um exemplar do livro e vários

mandaram mensagens dizendo como isso foi importante para eles, pois, além de sentirem seu trabalho valorizado, o livro permitiu que pudessem ver o que está sendo produzido em outras partes do país. Acredito que o livro mudou a vida de muita gente”, diz ele, lembrando a história de Marta Maria, de Sete Lagoas (MG), que hoje já fez exposições individuais em Belo Horizonte e passou a ter uma produção bem mais esmerada do que a mostrada no livro.

Os pesquisadores notaram, entretanto, que mesmo antes da distribuição da obra, havia coincidências curiosas com alguns artistas que nunca se conheceram, apresentando uma produção muito parecida. Lima cita, por exemplo, Manuel Graciano Cardoso, de Juazeiro do Norte (CE), e Antônio Passarinheiro, de Bocaíuva do Sul (PR), com seus bichos sorridentes.

### Materiais diversos

Organizado segundo a região geográfica, o livro mostra a diversidade de estilos e materiais da arte popular brasileira. Cimento, pedra, barro, madeira, tecido, bola de gude, papéis coloridos, bambu, balata defumada (obtida a partir da extração do látex), raízes, sementes, capim-dourado, palitos de fósforo, arenito e refugos metálicos são alguns dos muitos materiais utilizados. Em geral, nos locais onde sobressai um grande artista, ele acaba criando discípulos, que, em alguns casos, apenas reproduzem aquelas peças que se tornaram célebres. “Mas, dentre esses dis-

cípulos, alguns ganham caminho próprio”, destaca Lima.

O pesquisador observa que, embora existam iniciativas isoladas de apoio à arte popular, a maioria dos programas é voltada para o artesanato gerador de renda e não para o trabalho artístico. Segundo ele, além de mais pesquisas, a arte popular deveria ser incluída nos currículos escolares e museus e institutos dedicados ao tema deveriam ser criados para que esse trabalho alcançasse maior divulgação. Ele lembra que em São Paulo, por exemplo, além do Memorial da América Latina, que tem um setor dedicado à arte popular do continente, não há museus sobre o tema. “A divulgação dessa arte é tão escassa que morre um grande mestre, como Raimundo Saraiva Cardoso, o mestre Cardoso, de Icoaraci, Belém (PA), falecido em 2006, e não sai uma linha nos jornais”, lamenta.

**Sheila Kaplan**  
*Ciência Hoje/RJ*

Algumas obras de arte popular guardam semelhanças, mesmo se os autores nunca tiveram a chance de se conhecer. É o caso dos bichos criados por Manuel Graciano, do Ceará, e por Antônio Passarinheiro (no alto da página), do Paraná



# Gigante dos mares em areias fluminenses

**E**m 9 de julho último, um macho adulto de *Megachasma pelagios* – raríssimo tubarão descrito pela primeira vez nos anos 80 – foi encontrado encalhado e recém-morto na Praia Grande, em Arraial do Cabo (RJ), pelos pesquisadores brasileiros que assinam este artigo. O espécime representa o 43º exemplar de *M. pelagios* conhecido no mundo e apenas o terceiro registrado no oceano Atlântico. Um animal jovem havia sido capturado na costa de São Paulo em 1995 e outro achado no mesmo ano em Dakar, Senegal.

A descoberta foi feita durante um dos monitoramentos regulares de praia conduzidos pelo Projeto Aves, Quelônios e Mamíferos Marinhos da Bacia de Campos, realizado em conjunto pelo Instituto Oceanites e pela Escola Nacional de Saúde Pública, da Fiocruz, dentro do Projeto Habitats – Heterogeneidade Ambiental da Bacia de Campos, coordena-

nado pelo Centro de Pesquisas (Cenpes) da Petrobras.

Com 5,39 m de comprimento, o exemplar aparenta ter morrido por causas naturais, uma vez que não foram encontradas marcas que pudessem ser atribuídas à captura em redes ou à colisão com embarcação a motor. A necropsia mostrou que o estômago do tubarão estava completamente vazio, o que pode indicar que ele não vinha se alimentando há algum tempo.

## Uma descoberta ao acaso

O primeiro *Megachasma pelagios* foi descrito em 1983. A descoberta aconteceu totalmente ao acaso, envolvendo um exemplar que se prendeu acidentalmente em uma âncora de um navio da marinha norte-americana ao largo de Oahu, Havaí, em 1976. Ao ser examinado por especialistas, revelou que não se tratava apenas de uma nova espécie, mas tam-

bém de um novo gênero e família de tubarão, mais tarde denominada Megachasmidae. Foi considerada uma das descobertas zoológicas mais fantásticas do século 20, rivalizando até com o celacanto, conhecido como ‘fóssil vivo’.

O nome do gênero é composto por um prefixo grego (*mega* = grande) e um sufixo latino (*chasma* = cavidade); *pelagios* vem do latim e significa ‘oceânico, do mar’. Considerado extremamente raro, cada registro do também chamado tubarão-de-boca-grande é documentado em detalhe e passa a integrar um catálogo internacional.

O *Megachasma pelagios* pode ser considerado um gigante dos mares, chegando a medir mais de 5,5 m de comprimento e passar de 1 tonelada. Como o seu nome bem diz, sua boca é extremamente grande, coberta por mais de 50 fileiras de dentes pontiagudos e curvados para trás, das



Exemplar de *Megachasma pelagios* encalhado na Praia Grande, em Arraial do Cabo (RJ), em 9 de julho de 2009. No alto, é possível ver a boca extremamente grande do animal

## Entre os mais raros do mundo

Passados 25 anos de sua descoberta, o *Megachasma pelagios* é ainda hoje considerado um dos tubarões mais raros do mundo. No total, somando-se os espécimes capturados, encontrados encaalhados em praias e observados no mar, eram conhecidos até o momento 42 registros da espécie espalhados pelas zonas tropicais e subtropicais dos três oceanos. A maior parte dos espécimes encontrados concentra-se no Pacífico, seguido pelo Índico; no Atlântico, apenas dois exemplares haviam sido reportados.

Embora o ecossistema marinho corra sério risco de entrar em colapso por conta da superexploração de seus recursos, nosso conhecimento sobre os oceanos ainda é incipiente, fato nitidamente ilustrado por diversas descobertas fantásticas relacionadas à vida marinha nas três últimas décadas. Entre esses achados, o tubarão-de-boca-grande pode ser apontado como um dos mais notáveis e um exemplo vivo do nosso desconhecimento sobre a fauna marinha. Um artigo científico sobre o animal deverá ser apresentado em breve a uma revista especializada.

A descoberta de um novo *M. pelagios* na costa brasileira demonstra a importância do monitoramento regular de trechos de costa e de estudos de caracterização da biodiversidade marinha em longo prazo. Pesquisas dessa natureza podem ser apontadas como uma efetiva ferramenta para melhor compreender o desconhecido, mas criticamente ameaçado, ecossistema marinho.

**Luciano M. Lima, Bruno Rennó e Salvatore Siciliano**

*Projeto de Monitoramento de Aves, Quelônios e Mamíferos Marinhos da Baía de Campos, Instituto Oceanites*

quais apenas três são funcionais. Além disso, a nadadeira dorsal relativamente pequena e a cauda com o lobo superior bastante alongado contribuem para dar um aspecto desproporcional ao animal, o que o torna facilmente distinguível de qualquer outro tubarão.

Diferente de qualquer outra espécie de elasmobrânquio e curiosamente semelhante às grandes baleias, como a jubarte (*Megaptera novaeangliae*), a estratégia de busca por alimento do tubarão-de-boca-grande envolve o engolfamento de zooplâncton. Ao se alimentar, o animal engolfa grande quantidade de água na cavidade bucofaringeal enquanto nada ativamente com a boca aberta. Para suportar esse volume de água e as presas nela contidas, a pele dos lados ventrais e laterais da boca, que é muito elástica, é distendida. Posteriormente, a boca se fecha, a água é expelida pelas guelras e o alimento, engolido. Dada a sua dependência por zooplâncton, o *Megachasma pelagios* realiza deslocamentos verticais diários na coluna da água acompanhando suas presas, podendo atingir até 180 m de profundidade.

## OBESIDADE INFANTIL EM FAVELAS

Das crianças que vivem nas favelas Caranguejo e Fragoso, na região metropolitana de Recife (PE), 12,5 estão acima do peso ou são obesas. A constatação é de um trabalho de três anos realizado pelo Instituto de Medicina Integral Professor Fernando Figueira (Imip). Das 733 crianças entre sete e 10 anos de idade estudadas, foram consideradas com sobrepeso e obesas aquelas que obtinham índices de massa corporal acima de 85 e 95 percentis, respectivamente, usando como referência os valores do Centro de Controle e Prevenção de Doenças norte-americano (CDC, na sigla em inglês). Do total de indivíduos avaliados, 73 estavam acima do peso e 19 apresentavam obesidade.

“De acordo com nossos dados, esse alto índice é resultado do grande sedentarismo”, conta o pediatra João Guilherme Bezerra Alves, coordenador do programa de pós-graduação em Saúde Materno-Infantil da UFPE e um dos autores do estudo. Segundo ele, além da inatividade física, outro fator que contribui para esse quadro é a questão econômica, que limita as opções de alimentação dos residentes das favelas. “Eles costumam consumir de comidas mais calóricas, com alto valor energético e teor de gordura, como frituras, e não têm acesso a fontes de proteína, como peixes e frutas”, explica o pediatra.

Os pesquisadores agora estudam na favela de Santo Amaro, também em Recife, a correlação entre baixa estatura das crianças e desnutrição das mães, durante a gestação. A ideia é também comparar os dados obtidos na nova comunidade quanto ao peso das crianças com aqueles do Caranguejo e do Fragoso.

**COLEÇÃO DE INSETOS MODERNIZADA • Os armários de aço que abrigavam os 5 milhões de insetos da Coleção Entomológica do Instituto Oswaldo Cruz (IOC/Fiocruz) foram substituídos por estantes deslizantes, que facilitam o acesso ao acervo, são mais seguras e aproveitam melhor o espaço. As novas instalações possibilitam a ampliação da coleção, que é uma das maiores coleções entomológicas da América Latina e revela a diversidade dos insetos da fauna brasileira. O projeto de modernização, fruto da parceria entre o IOC e a Casa de Oswaldo Cruz (COC), inclui ainda uma página na internet (<http://www.ioc.fiocruz.br/ce/index.htm>) que traz informações sobre o acervo, galeria de fotos e a história da coleção.**



# Alta tecnologia em voos: aliada ou vilã?

**E**m menos de um mês, dois acidentes aéreos ganharam as páginas do noticiário nacional e internacional. O Airbus A330, da Air France, caiu no oceano Atlântico no dia 31 de maio, quando fazia a rota Rio-Paris, com 228 pessoas a bordo. Também envolvido em um desastre recente, o Airbus A310-300, da Yemenia (companhia aérea do Iêmen), sumiu dos radares uma hora antes do pouso, no dia 29 de junho, causando a morte de 149 pessoas.

Essas duas aeronaves, assim como tantas outras do consórcio

de empresas fundado em 1970 pela Alemanha, França, Espanha e Grã-Bretanha, contam com o que há de mais moderno na aviação: sistemas automatizados que reduzem a interferência do piloto, visando evitar possíveis falhas humanas.

O professor e instrutor de voo Éder Henriqson, da Faculdade de Ciências Aeronáuticas (Faca) da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), analisa esse tipo de falha sob uma perspectiva ainda pouco difundida. Em sua tese de doutorado intitulada 'Erro

humano na aviação na perspectiva da engenharia de sistemas cognitivos', o erro não é uma ação equivocada, mas uma atitude racional localizada que se reflete no sistema.

A partir dessa visão – em que um acidente ou incidente nunca é decorrência de um único fator – pode-se entender o contexto dos acontecimentos, facilitando o desenvolvimento de novas estratégias de segurança de voo. “O piloto precisa ter autonomia para lidar com algo que não está previsto, podendo recuperar possíveis falhas do sistema”, acredita.

## Segurança

Apesar dos avanços tecnológicos nos últimos 30 anos, o incremento nos índices de segurança não foi significativo. O sistema de análise e monitoramento do voo, que passa características como a velocidade e a altitude diretamente para a operadora, via satélite, esteve entre as novidades criadas. Entretanto, mesmo com as melhorias, o número de desastres aéreos não diminuiu.

Conforme a Organização de Aviação Civil Internacional, até um acidente de decolagem por milhão está dentro das normas de segurança. Por ano, o limite fica em 50 grandes acidentes em nível mundial. No Brasil, não existe um documento publicado com esses índices, mas acredita-se que o país esteja dentro dos padrões de segurança.



Simulador de voo da PUCRS, com o qual os alunos aprendem antes de pilotar uma aeronave de verdade



Painel de Boeing 747, em que o piloto percebe mais facilmente as manobras e 'decisões' da aeronave

## Erro humano

Henriqson lembra que na visão tradicional – adotada pelos maiores fabricantes do mundo – modifica-se a própria máquina, aperfeiçoando e incluindo mais tecnologia, para evitar possíveis erros, pois o ser humano é visto como a parte frágil do sistema. Os recentes desastres aéreos, por outro lado, apontam que tal filosofia pode estar se mostrando restrita e perigosa. Piloto com mais de 18 mil horas de voo no Boeing 777, pela Varig, e atual piloto da Gol Linhas Aéreas, Luiz Felipe Barros de Barros explica por quê: “Os aviões são seguros, mas a gente fica com o pé atrás quando aparecem problemas técnicos. Na maioria das vezes, o piloto não tem tempo de reagir”, enfatiza.

Há, inclusive, estudos que revelam o tempo de resposta de um piloto bem treinado para processar os sinais de alerta do avião. Em média, leva-se de um a três segundos em cada etapa: perceber, entender e agir. Ou seja, um

piloto bem treinado leva, no mínimo, três e no máximo nove segundos para tomar uma atitude. “Isso, em alta velocidade, numa pista curta e molhada, é muito tempo”, explica Henriqson.

## O que fazer?

O vice-diretor da Faca e ex-gerente de engenharia da antiga Varig, Hildebrando Hoffmann, acredita que o grau de conhecimento sistêmico da maioria dos pilotos não é tão profundo, o que pode prejudicar a tomada de decisões em situações de emergências. “Existe uma gama de informações que o operador precisa compreender para agir”, lembra Henriqson.

Fora isso, mesmo que o piloto automático não seja utilizado, nos Airbus os computadores de um sistema chamado Flight Envelope Protection continuam atuando em segundo plano. Eles impedem ou limitam as reações do avião para que ele fique dentro do envelope normal de operação.

As aeronaves muito automatizadas também não contam com o *feedback* tático, uma das alternativas que auxilia o piloto a enxergar além da tecnologia. Ele permite, por exemplo, que o manche e o manche se movimentem de acordo com as manobras do avião. Esses dados, em conjunto com os fornecidos pelos painéis, contribuem para que o piloto reconheça mais rápido o que está acontecendo e, assim, ajudando-o a antecipar a situação futura da aeronave, possibilitando uma ação mais rápida e efetiva.

Na visão de Henriqson, um equipamento tolerante à adaptação do operador contribuiria para aumentar a segurança de voo. Com essa flexibilidade, o piloto teria mais capacidade de improviso e de lidar com o que é complexo. A opinião é compartilhada pelo comandante Barros: “A automação veio para auxiliar o piloto e nunca deverá sobrepujá-lo”.

**Caroline Eidt**

Especial para *Ciência Hoje/RS*

# Cegos ‘antenados’

Um aluno cego chega para uma aula de computação gráfica na universidade e o professor, em vez de apenas liberá-lo da aula – como muitas vezes acontece –, decide buscar ferramentas para que complete o curso. A situação é real. Aconteceu em 1993 e foi o estopim para o desenvolvimento do Dosvox, programa que permite o uso de computadores por pessoas com severas limitações visuais. Dezesesseis anos depois, um estudo sobre o impacto do Dosvox na vida dos cegos confirma: programas de computação são uma das principais e mais eficazes ferramentas para inclusão social dessas pessoas.

“Quando aquele rapaz apareceu na sala de aula querendo aprender, eu vi que deveria dar suporte a ele”, recorda o engenheiro de computação José Antonio dos Santos Borges, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). O pesquisador é o criador do Dosvox e autor do estudo que avaliou as mudanças na vida dos deficientes visuais desde

sua criação. Ele conta que o início do trabalho foi bastante difícil. Não existiam interfaces, impressoras ou programas adaptados para cegos que falassem português. “Construímos tudo a partir do nada”, afirma.

Hoje o Dosvox tem milhares de usuários e desdobramentos para ensino de música, geometria, cartografia, além de jogos interativos, entre outros. Segundo Borges, a grande revolução que permitiu esse avanço foi o desenvolvimento de sintetizadores de voz, aparelhos que leem para o cego as informações mostradas no computador. “Desde a criação dos primeiros sintetizadores de voz, muita coisa mudou. Hoje os cegos são muito ativos na internet. Existem listas de discussão, salas de bate-papo, comunidades virtuais, conversa em voz pela Internet, tudo numa intensa interação”, enumera Borges.

## Ambiente real

O Dosvox é o programa que permite que os sintetizadores de voz operem em português e, além desse ‘tradutor’, oferece editor, impressor e formatador de textos e de Braille, e aplicativos para ensino de diversas matérias. Com isso, o programa facilita não só a vida social dos deficientes visuais, mas também sua inserção nas escolas e no mercado de trabalho.

Borges lembra, porém, que os deficientes precisarão sempre ‘correr atrás’ para não ficar em desvantagem em relação a pessoas com visão normal. “Aquele aluno que finalmente conseguiu usar a tecnologia e fazer seus trabalhos na universidade de maneira independente logo descobriu que os outros estudantes estavam usando tipos de letras novos, mais bonitos. Ele percebeu que, mesmo que seu trabalho

ILUSTRAÇÃO ALEDO



fosse perfeito em termos de conteúdo, apresentava um diferencial gráfico. Então se deu conta de que era preciso buscar mais facilidades”, exemplifica. “Mas a diferença entre cegos e videntes é bem menor hoje que no passado.”

Segundo o pesquisador, o cenário do desenvolvimento de novas tecnologias para deficientes visuais no Brasil não é muito diferente daquele de países como os Estados Unidos. A diferença é o acesso dos cegos aos produtos. “Aqui a maior parte da população cega é de classes menos favorecidas e os produtos ainda são muito caros. Uma impressora Braille muito simples, por exemplo, pode custar R\$ 8 mil”, afirma. Borges também explica que nos Estados Unidos o governo subsidia empresas que tenham projetos na área. “No Brasil há pouco interesse das empresas”, lamenta. Mas o engenheiro reconhece que o governo vem fazendo investimentos importantes, em particular na área educacional. “Este ano cada aluno cego do ensino médio de escolas federais recebeu um computador portátil adaptado às suas necessidades”, conta.

E como os desafios para que deficientes visuais não sejam ‘deixados para trás’ são muitos, a equipe de Borges, que tem dois integrantes cegos, está sempre aperfeiçoando os produtos já existentes e criando novas opções. No momento eles trabalham em uma adaptação do Dosvox – criado para operar em sistema Windows – para Linux. A pesquisa é impulsionada pelo fato de o governo pretender usar o programa, gratuito, em todas as repartições públicas e escolas, eliminando gastos com a compra dos direitos de uso do Windows. “Já há uma versão preliminar. O programa completo deve ficar pronto na metade de 2010”, adianta o pesquisador.

**Mariana Ferraz**  
Ciência Hoje/RJ

## ASTRONOMIA

### MAPEAMENTO DO UNIVERSO ABAIXO DE 0°C

As condições climáticas da Antártida têm aquecido o investimento em pesquisa astronômica na região e os resultados já começam a aparecer. O maior telescópio instalado no continente gelado acaba de fazer suas primeiras imagens de aglomerados de galáxias. O monitoramento desses objetos celestes deve ajudar a mapear a estrutura do universo. Os dados foram apresentados em primeira mão na 27ª Assembleia Geral da União Astronômica Internacional (IAU), que reuniu mais de 2.100 participantes de quase 80 países entre os dias 3 e 14 de agosto no Rio de Janeiro para discutir os avanços da astronomia mundial.

As imagens foram feitas pelo Telescópio do Polo Sul (SPT, na sigla em inglês) a partir do mapeamento da chamada radiação cósmica de fundo, emitida após o *Big Bang*, explosão que deu origem ao universo. “A radiação cósmica de fundo é capaz de evidenciar a estrutura do universo, pois os corpos celestes interferem nas ondas eletromagnéticas que chegam à Terra”, explica John Carlstrom, da Universidade de Chicago (Estados Unidos), uma das nove instituições que fazem parte da colaboração responsável pelo SPT. Segundo ele, a intenção é verificar

como a estrutura do universo está avançando desde o *Big Bang*, e a observação da evolução dos aglomerados de galáxias pode trazer muitas pistas nesse sentido.

A escolha da Antártida para a instalação do SPT, o maior telescópio do mundo para medir radiação cósmica, não foi ao acaso. O continente tem as condições ideais para a observação do tipo de onda detectado por esse instrumento. O clima extremamente frio e seco – com temperatura média durante o inverno abaixo de -60°C – aumenta a sensibilidade do equipamento. Além disso, a menor quantidade de vapor d’água na atmosfera evita a absorção da radiação.

As altitudes elevadas – entre 3 mil e 4 mil metros, aproximadamente – e a atmosfera transparente e estável, além do grande número de horas de observação por ano, já que o continente fica na escuridão durante os meses de inverno, também contribuem para que a Antártida seja considerada um excelente local para a prática da astronomia. Segundo os pesquisadores, todo esse incentivo da natureza compensa o investimento em infraestrutura de pesquisa astronômica feito por vários países nos últimos anos na região, apesar das dificuldades logísticas.

COLABORAÇÃO SPT



**Montagem do Telescópio do Polo Sul na estação de pesquisa construída pelos Estados Unidos na Antártida. O dispositivo tem espelho principal de 10 m de diâmetro e começou a operar em 2007**

# Medicina assistida

**A** modelagem e simulação computacional dos sistemas fisiológicos humanos, a reconstrução craniofacial e o desenvolvimento de sistemas de informação em saúde são alguns dos projetos em informática que visam auxiliar a medicina no futuro. Desenvolvidos pelo Instituto Nacional de Ciência & Tecnologia em Medicina Assistida por Computação Científica (INCT-Macc), uma rede de pesquisa constituída por 23 laboratórios em 11 estados e 10 instituições do exterior, os projetos têm como objetivo utilizar programas e sistemas de computador para auxiliar na resolução de problemas médicos.

Sediado no Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC), em Petrópolis (RJ), o Macc foi criado graças a um edi-

tal do Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT) voltado à formação de redes de conhecimento por meio da associação de diferentes grupos de pesquisa, os INCTs. “A proposta do Macc foi aprovada em 27 de novembro do ano passado e em primeiro de junho último assinamos o convênio que permitirá a liberação dos recursos para o início das atividades”, conta o engenheiro Raúl Antonino Feijóo, coordenador do INCT-Macc.

Segundo Feijóo, o instituto nasceu de um projeto de modelagem do sistema hemodinâmico desenvolvido no LNCC, em 1999, e agora conta com um grupo técnico que envolve matemáticos, engenheiros e físicos, e corresponde a 85% dos 128 doutores ligados ao Macc. Os outros 15% são médicos que trabalham em conjunto com os pesquisadores. A cada ano, o instituto será avaliado de maneira independente por especialistas internacionais. “Eles vão verificar o cumprimento de nossas metas nas cinco áreas que serão estudadas aqui”, diz.

## Homem digital

A primeira área de atuação dos pesquisadores do Macc é a de modelagem e simulação de sistemas fisiológicos humanos, mais especificamente o cardiovascular e o envolvido na fratura de ossos. “Nossos vasos são um sistema de tubulações com uma dinâmica própria que abrange a propagação de ondas, bem como pressão e velocidade de fluido”, descreve Feijóo. Para entender esses fenômenos e poder prever como o organismo reage a determinados estímulos, os cientistas criam um modelo físico-

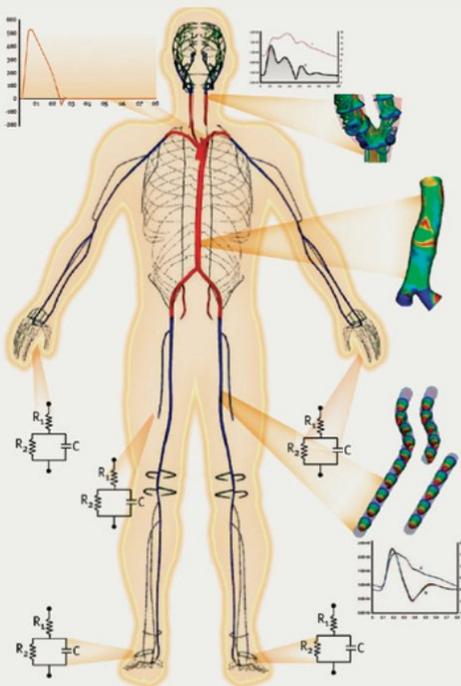
matemático do sistema e depois uma simulação computacional do mesmo.

“Assim, podemos atender a cada paciente específico. Ou seja, criar uma simulação de cada indivíduo e prever como ele reagirá a determinados tratamentos”, explica o engenheiro. Ele acrescenta que esse foi o projeto original que levou à criação do Macc e que o grande desafio hoje, no mundo, é modelar todos os sistemas do corpo de maneira a se ter uma espécie de homem digital.

## Imagens para reconstrução

A segunda área de atuação do INCT-Macc abrange o processamento avançado de imagens médicas. Esse projeto tem como objetivo não só a visualização do espaço interno do corpo como também a modelagem em três dimensões (3D). Essa tecnologia permitirá o processamento das imagens de alta precisão criadas atualmente para diagnósticos, utilizando-as para reconstruir estruturas do corpo de maneira virtual. Com o modelo computacional será possível determinar a geometria da parte estudada e inseri-la no modelo maior do corpo.

Um exemplo de aplicação seria a reconstrução digital de um osso por meio de tomografia para servir como modelo de uma prótese, como no caso de um traumatismo craniano. “Poderíamos ainda simular por computador o reposicionamento de um osso fraturado na posição correta, conseguindo prever possíveis problemas durante o procedimento cirúrgico”, informa Feijóo.



A modelagem e simulação do sistema cardiovascular é uma das cinco áreas de atuação do INCT-Macc

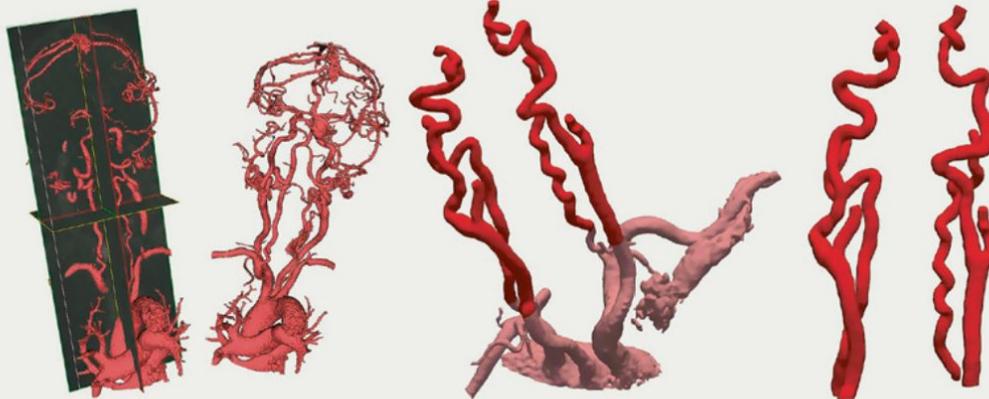
## Realidade virtual

O terceiro projeto do Macc parece mais saído de um romance de ficção científica: a construção de ambientes colaborativos de realidade virtual e aumentada. Enquanto a tecnologia atual permite a visualização do espaço interno por câmeras, a proposta dos pesquisadores é aperfeiçoar um espaço tridimensional imersivo, ou seja, no qual o médico ou cirurgião se sentisse dentro do ambiente projetado. “Não é a mesma coisa que um cinema 3D, pois aí o público é mero espectador. Já em um mundo virtual, ele é um dos atores”, esclarece Feijóo.

No caso do Macc, um dos ambientes imersivos é uma sala na qual o chão, o teto e três das paredes apresentam imagens 3D inter-relacionadas e controladas pelo computador, criando a ilusão de tridimensionalidade por meio de óculos especiais. Outros acessórios complementaríamos a experiência, como luvas capazes de transmitir a sensação de tato e rastreadores de posição que diriam ao computador a posição e ações do usuário, permitindo o ajuste da imagem projetada conforme seus movimentos. Isso seria a realidade virtual, mas também é possível implementar a chamada realidade aumentada. Nesse modo, informações adicionais sobre a estrutura dos tecidos poderiam ser sobrepostas às imagens reais.

Salas como a descrita são chamadas de *cave* (caverna, em inglês) e já existem no Brasil. “Em geral, são muito caras, da ordem de milhões, mas conseguimos construir uma por cerca de R\$ 200 mil, nos tornando um dos primeiros grupos do país com uma *cave* de baixo custo”, revela Feijóo.

O protótipo da *cave* do Macc foi construído a partir de 2004 e agora os pesquisadores pretendem usar a instalação para treinamento em medicina. “Com acesso a uma rede de dados de alta velocidade seria



possível ter vários grupos trabalhando com a mesma imagem simultaneamente e trocando informações em tempo real”, completa o engenheiro.

## Atendimento sem fio

Maneiras de auxiliar a tomada de decisão em atendimentos médicos emergenciais constituem a quarta área de pesquisa do Macc. Segundo Feijóo, em casos de enfarte, a dificuldade de salvar o paciente aumenta quanto mais demorado é o atendimento inicial. “Os primeiros 30 minutos são críticos, por isso seria importante que o emergencista já pudesse realizar o tratamento inicial com fármacos, diminuindo a possibilidade de procedimentos posteriores mais custosos”, esclarece.

Para tanto, é necessário que os médicos no hospital possam guiar o procedimento e ter acesso aos dados sobre a condição do paciente em tempo real. O projeto do Macc se concentra nessa tarefa de desenvolver um sistema pelo qual essas informações são enviadas diretamente de uma ambulância. Implementamos um sistema que integra um eletrocardiógrafo portátil, ligado ao paciente, com um computador de mão, o qual transmite os dados do atendimento para os médicos no hospital por meio de tecnologia de comunicação sem fio”, conta o coordenador. Ele afirma que essa tecno-

logia, desenvolvida em colaboração com o Departamento de Cardiologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), também poderá ser empregada nas áreas de vigilância e de saúde pública.

## Alta velocidade

O quinto projeto do instituto tem como objetivo dar suporte às quatro áreas citadas e lida com os chamados ambientes de computação distribuída de alto desempenho. A modelagem dos sistemas fisiológicos humanos precisa resolver entre 10 milhões e 100 milhões de equações da dinâmica dos fluidos. O poder computacional necessário para esse tipo de cálculo requer o uso de sistemas de *cluster* (agrupamento, em inglês) – grupos de vários computadores conectados entre si e que dividem a resolução do mesmo problema.

O LNCC é um Centro Nacional de Processamento de Alto Desempenho (Cenapad) e administra sete centros que têm sistemas de *cluster*. “Podemos reunir todas essas máquinas em rede e ‘criar’ um computador ainda maior, de maneira a permitir que os laboratórios envolvidos no INCT-Macc tenham acesso à capacidade de computação necessária para atingir suas metas”, conclui Feijóo.

**Fred Furtado**  
Ciência Hoje/RJ

A modelagem de vasos sanguíneos permite o atendimento a cada indivíduo, com previsão de sua reação aos tratamentos

# Elixir da lembrança

**N**o futuro, pessoas com dificuldade para memorizar poderão ter um importante aliado terapêutico: o butirato sódico, um neuroprotetor que reforça sinapses e melhora o processo de aprendizagem e memorização. Em estudo recente, feito com camundongos, pesquisadores usaram a substância para modular a memória de longa duração de um modo nunca explorado antes e obtiveram resultados promissores. O trabalho foi realizado por uma equipe do Centro de Neurobiologia da Aprendizagem

e Memória da Universidade da Califórnia, Irvine (Estados Unidos), liderada pelo neurobiólogo Marcelo Wood, com a participação do biólogo brasileiro Gustavo Reolon, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Os resultados da pesquisa foram publicados no periódico *Proceedings of the National Academy of Sciences* (PNAS).

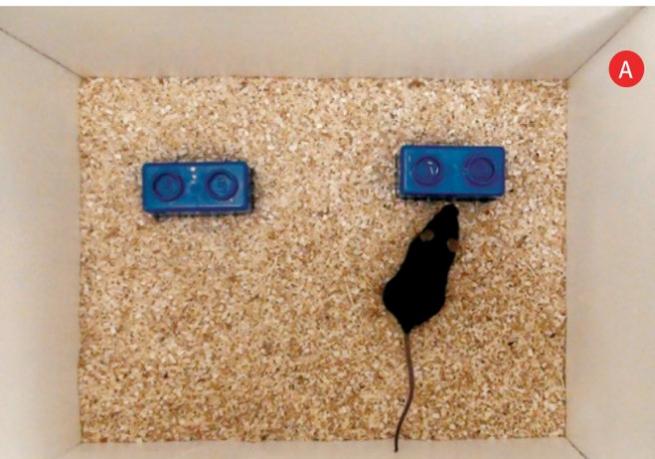
Reolon explica que as lembranças de curto prazo duram em geral pouco tempo (de minutos a horas), enquanto as de longa duração, que armazenam informações individuais, linguagem e conhecimento, duram um período muito maior. Durante a formação das memórias de longa duração, acredita-se que alguns genes produzam proteínas que reforçam as sinapses responsáveis pela formação e manutenção da memória. “Mas algumas enzimas, como as histonas desacetilases (HDACs, na sigla em inglês), freiam a ação desses genes, prejudicando a formação das memórias duradouras”, ressalta o biólogo.

Para impedir a ação dessas enzimas, os pesquisadores utilizaram o butirato sódico, substância já conhecida na literatura

científica por ser capaz de inibir as HDACs. Segundo Reolon, os camundongos que receberam injeções de butirato sódico foram capazes de reconhecer, por mais de sete dias, objetos anteriormente manipulados. Sem a injeção da substância por via intraperitoneal (na região do abdome), não havia lembrança alguma. Esses achados inéditos demonstram que é possível, a partir do entendimento de mecanismos moleculares, melhorar a aprendizagem e estender a duração da memória.

A tarefa de reconhecimento de objetos pelos animais consistia em uma fase de treino e outra de teste. Antes do início do treino, os camundongos eram manipulados diariamente e habituados a uma caixa retangular branca por alguns minutos. “Já na fase de treino, eram postos no campo com dois objetos idênticos – que podiam ser blocos de lego ou copos de vidro, entre outros – e aí ficavam durante três minutos”, relata o pesquisador da UFRGS.

Após cada tentativa de reconhecimento dos objetos, estes eram totalmente limpos para garantir que não guardavam nenhuma pista olfativa. Durante os testes, os roedores exploraram o ambiente por cinco minutos na presença de um objeto familiar e de um objeto novo. Reolon conta que os camundongos gostam de novidades, tendendo a manusear objetos não conhecidos. “Se explorassem mais o objeto novo, era um sinal de que reconheciam o outro como familiar, ou seja, que se lembravam de já tê-lo explorado antes”, salienta.



Camundongo reconhece objetos no Centro de Neurobiologia da Aprendizagem e Memória da Universidade da Califórnia. Inicialmente o animal é exposto a dois blocos de lego idênticos (A). Mais tarde ele é posto em contato com um objeto familiar (bloco de lego) e um objeto novo (copo de vidro) (B). Como gosta de novidade, o camundongo, que já conhecia o bloco de lego, prefere explorar o copo de vidro

## ABISMO QUE PERMANECE

A desigualdade de renda entre negros e brancos está longe de diminuir no Brasil. A triste conclusão é de um estudo apresentado no 14º Congresso Brasileiro de Sociologia, realizado em julho último no Rio de Janeiro. Segundo a pesquisa, a baixa mobilidade social e o passado escravista do país são as principais barreiras à tão sonhada igualdade.

O sociólogo Rafael Guerreiro Osório, do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), autor do estudo, utilizou dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), entre 1976 e 2006, para analisar a renda de negros e brancos nascidos entre 1957 e 1966. Osório comparou a renda desses indivíduos quando eram crianças ou adolescentes e viviam com os pais e quando se tornaram adultos e passaram a se sustentar.

Os resultados mostram que, quando a renda de brancos e negros é comparada, o padrão de mobilidade – quantos empobreceram ou enriqueceram – é muito semelhante. Então, por que a renda de ambos não se equaliza com o tempo? “Como os negros partem de uma posição econômica inferior, situação que se perpetua desde a abolição da escravatura, e a mobilidade é baixa, isso faz com que eles fiquem circulando nos níveis mais baixos da distribuição global de renda”, explica Osório. Ele acrescenta que o problema é decorrente de um ciclo vicioso: a posição econômica dos pais é um forte indicador da futura renda dos filhos. Na sociedade atual, as pessoas ocupam posições relativamente semelhantes às ocupadas por seus pais no passado.

Para mudar o quadro da desigualdade racial de renda no país, é preciso, segundo o sociólogo, mais do que combater o racismo e a discriminação por meio de ações afirmativas: “São necessárias também políticas para minorar as diferenças regionais e uma melhoria radical no sistema de ensino para que se reduza a desigualdade de oportunidades por meio da compensação do déficit de capital cultural que os estudantes trazem de casa”, aponta Osório.



### Droga do futuro?

De amplo poder terapêutico, o butirato sódico, assim como outros inibidores de HDACs, já é usado para combater certos tipos de câncer, por interromper a divisão de células tumorais. Algumas dessas substâncias já foram aprovadas pela Food and Drug Administration (órgão que regula a comercialização de drogas e alimentos nos Estados Unidos) para uso em humanos. A equipe da Universidade da Califórnia também aponta o potencial do butirato sódico para tratar doenças neurodegenerativas, uma vez que a substância reforça a densidade sináptica e age como neuroprotetor.

A doença de Alzheimer – que a cada 70 segundos começa a se desenvolver em um cidadão dos Estados Unidos, segundo a Associação Norte-americana para a Doença de Alzheimer – e o mal de Huntington (disfunção cerebral hereditária que evolui com degeneração do corpo e da mente) poderiam ser combatidos com esse fármaco. Wood explica que a memória de longa duração é fundamental no processo de memória e que ela se deteriora rapidamente em pessoas idosas ou em pacientes com doenças neurodegenerativas.

Concepção artística do uso de camundongos no estudo de mecanismos moleculares epigenéticos (que envolvem modificações químicas do próprio DNA ou das proteínas a ele associadas) relacionados com a formação da memória de longa duração

O pesquisador da UFRGS prevê também a possibilidade de, futuramente, as pessoas utilizarem butirato sódico para melhorar o desempenho da memória. Por exemplo, durante o período pré-vestibular, que requer do estudante memorização de uma grande quantidade de informações, a substância seria de grande utilidade. A partir desses resultados, a equipe dará continuidade a suas investigações e aprofundará estudos na tentativa de compreender melhor a formação da memória e o papel das HDACs nesse processo. De acordo com Wood, o futuro da pesquisa nessa área está na produção de inibidores de HDACs específicos, tendo em vista a amplitude de seu potencial terapêutico.

**Luan Galani**

Especial para *Ciência Hoje*/PR

FOTO DE LEONARDO WIEN/FOLHA IMAGEM



# Pressão controlada

**D**epois de mais de duas décadas de estudos sobre hipertensão, pesquisadores da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) chegaram a um novo fármaco, que promete eficácia e menores efeitos colaterais no tratamento dessa doença crônica, que afeta cerca de 30 milhões de brasileiros e pode causar insuficiência cardíaca e renal, infarto do miocárdio e acidente vascular cerebral. O medicamento tem como base a descoberta do receptor para o peptídeo angiotensina 1-7, que desencadeia um mecanismo capaz de reduzir a pressão arterial. A pesquisa foi apresentada no 17º Encontro Anual da Sociedade Brasileira de Hipertensão (SBH),

realizado, juntamente com o 18º Simpósio Científico da Sociedade Interamericana de Hipertensão (IASH, na sigla em inglês), em agosto último, em Belo Horizonte.

O desenvolvimento desse novo medicamento – que já obteve patente na China e se encontra em análise no Brasil, Japão, Canadá, Estados Unidos e países da Europa –, resulta de um esforço conjunto de várias áreas da universidade, reunidas no Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Nano-Biofarmacêutica (N-Biofar), coordenado por Robson Augusto Souza dos Santos, responsável pelo achado e presidente do encontro sobre hipertensão.

Ao somar recursos da nanotecnologia, a partir da colaboração de Rubén Dario Sinisterra, do Departamento de Química do Instituto de Ciências Exatas (ICEx) da UFMG, entre outros pesquisadores, foi possível encapsular a angiotensina 1-7, ou seja, transformá-la em comprimido, com sistema de liberação controlada. Para o encapsulamento do anti-hipertensivo, foi utilizada a ciclodextrina, substância formada por moléculas de glicose de dimensões nanométricas, que apresentam em seu interior uma cavidade hidrofóbica (que repele a água) onde fica abrigado o princípio ativo. Além de não alterar as propriedades da angiotensina 1-7, o fármaco permite a lenta absorção da droga pelo organismo, o que reduz sua toxicidade e a torna mais eficaz.

na Cleveland Clinic Foundation, em Ohio, Estados Unidos, em 1987, quando ele identificou a angiotensina 1-7. Ele buscava verificar se a administração de inibidores da enzima conversora da angiotensina teria influência no funcionamento do sistema nervoso central. Por meio de ensaios pré-clínicos em ratos, Santos constatou que essa substância atua bloqueando ações de outro peptídeo do sistema renina-angiotensina, um dos responsáveis pelo controle da pressão arterial. “Era uma pesquisa básica que se tornou aplicada”, conta ele.

No Laboratório de Hipertensão da UFMG foram realizados testes em ratos para estudar os mecanismos neurais e hormonais envolvidos no desenvolvimento e na manutenção da pressão arterial. O experimento mostrou que a substância, que produz vasodilatação (aumento do diâmetro dos vasos sanguíneos), altera pouco ou nada a pressão em animais normais. Já em ratos hipertensos, ela protege o coração e reduz a pressão arterial. Essa é a principal diferença desse composto em relação aos demais medicamentos existentes para tratar a hipertensão. Enquanto estes atuam por meio do bloqueio do eixo que aumenta a pressão arterial, o novo fármaco age sobre o eixo que diminui a pressão. A droga pode possibilitar também, segundo o pesquisador, a redução das lesões em órgãos-alvo dos pacientes hipertensos, como coração, rim e cérebro, e produz menos efeitos colaterais, uma vez que se trata de um peptídeo endógeno, isto é, que já existe em nosso organismo.



## Pulo do gato

O medicamento resulta de pesquisa iniciada há 22 anos por Santos, durante seu pós-doutorado

## Hipertensão e aterosclerose

A hipertensão acelera a progressão da aterosclerose, mas, embora a associação das duas doenças seja muito frequente, ela ainda não é bem reconhecida pelos médicos. A observação foi feita pelo Diretor da Unidade Clínica de Aterosclerose do Instituto do Coração (Incor) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (USP), Protasio Lemos da Luz, no 17º Encontro Anual da Sociedade Brasileira de Hipertensão (SBH).

“No ambulatório e nas unidades coronarianas do Incor, a hipertensão é o fator de risco mais prevalente”, conta Luz. A hipertensão produz alterações do endotélio vascular, diminuindo a capacidade de dilatação das artérias e, a longo prazo, produz a aterosclerose. Essa doença, que se caracteriza pela presença de placas de colesterol no interior da artéria, é a causa de grande parte dos acidentes cardiovasculares, como infartos, angina, morte súbita e acidentes vasculares cerebrais.

“O problema é que, como a hipertensão é silenciosa, a maioria das pessoas não cuida muito disso. Muitas vezes, ela só é percebida quando o doente é surpreendido por uma grave doença coronariana ou um acidente vascular encefálico”, alerta o cardiologista. Ele observa que, quando tratadas as duas doenças, a progressão da aterosclerose é mais lenta e, em algumas situações, se interrompe. “Pesquisas mostram que em aproximadamente 20% dos casos o tratamento conjunto das duas produz a regressão da aterosclerose”.

Santos relata que “o pulo do gato foi conseguirmos efetuar a administração oral do peptídeo, que até agora era administrado apenas por via venosa”. O encapsulamento em ciclodextrina faz com que o fármaco seja conduzido até o intestino grosso, onde, atravessando a membrana gastrointestinal, é absorvido gradualmente pelo organismo. Com o sistema de liberação controlada, a formulação consegue passar intacta pelo estômago e pelo intestino delgado até cair na circulação sanguínea. Assim, evita-se a pouca absorção e a rápida eliminação características dos medicamentos atualmente existentes, e o aproveitamento da droga é potencializado.

Nos testes em ratos com infarto do miocárdio, a via oral foi capaz de reduzir aproximadamente 50% da área de lesão derivada da obstrução da coronária. Foi verificado, ainda, um efeito antidia-

betogênico. Os estudos clínicos com pacientes já começaram com a administração do medicamento pela via endovenosa e agora serão iniciados os ensaios com o comprimido. Santos calcula que, se os testes forem bem sucedidos, a droga poderá chegar ao público em dois a três anos.

Ele observa, ainda, que a pesquisa com a angiotensina 1-7 poderá levar ao desenvolvimento de outros fármacos para diversas disfunções orgânicas. Um dos estudos examina a aplicação do peptídeo contra a disfunção erétil, uma vez que a substância favorece a liberação de óxido nítrico, gás vasodilatador presente no mecanismo de ação de outros medicamentos para esse fim disponíveis no mercado.

**Sheila Kaplan\***  
*Ciência Hoje/RJ*

\*A repórter viajou a Belo Horizonte a convite do evento.

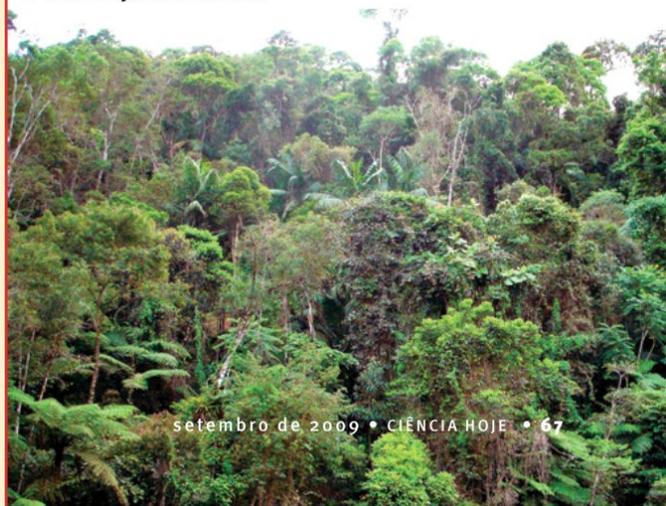
## CIÊNCIA PARA DEFICIENTES AUDITIVOS •

A Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) inaugura curso de extensão em biociências para surdos, o primeiro curso técnico inteiramente voltado para deficientes auditivos no Brasil. O curso será oferecido a sete estudantes do ensino médio que serão capacitados tanto para fazer ciência quanto para ensiná-la a outros surdos. O programa terá duração de um ano, com aulas diárias, e poderá ser transformado oficialmente em curso de nível médio profissionalizante. Também será oferecida uma especialização em biociências e física para intérpretes da língua brasileira de sinais (Libras). A iniciativa é uma parceria do Instituto de Bioquímica Médica (IBqM/UFRJ) com o Instituto Nacional de Ensino de Surdos (Ines).

## FITOTERAPIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL •

Estimular a produção de plantas medicinais nativas da mata atlântica na região do Maciço da Pedra Branca, na Zona Oeste do Rio de Janeiro, é o objetivo do projeto que vem sendo desenvolvido pela bióloga Sandra Magalhães, coordenadora da Plataforma Agroecológica de Fitomedicamentos (PAF) e do Centro de Produtos Naturais, que funciona em Farmanguinhos, na Fiocruz. O projeto engloba o cultivo, o beneficiamento e a comercialização das plantas, de modo a promover o desenvolvimento socioambiental da região. O trabalho junto aos agricultores para melhorar a produtividade e as condições de escoamento da produção visa, ainda, suprir o mercado varejista e as grandes redes de supermercados. Segundo a Organização Mundial de Saúde, 82% da população mundial consomem produtos fitoterápicos e, no Brasil, o setor movimenta anualmente R\$ 1 bilhão e emprega mais de 100 mil pessoas, de acordo com a Associação Brasileira das Empresas do Setor Fitoterápico e de Produtos para Promoção da Saúde.

FOTO DE PEDRO H. BERNARDO/FOLHA IMAGEM



## Justiça restaurativa contra a violência

Proporcionar a recuperação da mulher que sofreu violência no ambiente doméstico vai além da punição do agressor. É o que propõe o trabalho de conclusão de curso de Quelen Brondani de Aquino, estudante de direito da Universidade de Santa Cruz do Sul (Unisc), Rio Grande do Sul. A escolha do tema não foi casual. Brondani é policial militar e acompanha de perto inúmeros casos de mulheres agredidas pelos próprios companheiros. O caso de uma mulher grávida de oito meses agredida pelo marido no dia de Natal foi o marco de um conjunto de situações que Brondani presenciou em sua rotina como policial e que a levou a pesquisar academicamente a violência doméstica.

Em seu trabalho de conclusão de curso, orientado por Marli Marlene Moraes da Costa e Rosane Teresinha Carvalho Porto, ambas professoras da Unisc, Brondani analisa os princípios da justiça restaurativa, que

tem como objetivo diminuir os traumas causados pela violência e impedir que ela aconteça novamente.

Um exemplo é o trabalho feito na Terceira Vara da Infância e da Juventude de Porto Alegre, um dos três locais que aplicam a justiça restaurativa no Brasil. Tanto o adolescente infrator quanto a vítima são escutados por profissionais, como psicólogos e assistentes sociais. Depois, os dois são colocados frente e frente, com a ajuda de um mediador, para que o infrator se dê conta do dano que causou e para que a vítima entenda os motivos que levaram o adolescente a cometer o crime. “Desse modo, o menor infrator é orientado a não cometer mais delitos”, explica Brondani.

Ela acredita que a justiça restaurativa possa ser aplicada também em casos de violência contra a mulher, como complementação à aplicação da pena contra o agressor. “Por meio

do diálogo, é possível recuperar a cidadania da vítima”, afirma. Mas Brondani lembra que não só a mulher precisa de acompanhamento. “O agressor não deixa de ser uma vítima, do alcoolismo, por exemplo”, ressalta. “Já as crianças que crescem nesse ambiente podem ser produtoras de violência no futuro.” Por isso, os processos restaurativos são aplicados a todos os envolvidos no conflito.

Com o estudo, Brondani venceu a 4ª edição do Prêmio Construindo a Igualdade de Gênero, na categoria estudante de graduação, outorgado pelo Centro Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), em conjunto com a Secretaria Especial de Políticas para as Mulheres (SPM/PR), o Ministério da Educação e o Fundo de Desenvolvimento das Nações Unidas para a Mulher. Ela pretende agora usar o mestrado para dar continuidade às pesquisas.

## Silêncio para os botos

Os ruídos provocados pelo tráfego de embarcações podem alterar significativamente a vida dos organismos aquáticos. Essa afirmação, comprovada por estudos anteriores, desafiou a estudante de ciências biológicas Anna Karoline Andrade a fazer a inédita caracterização da paisagem acústica do estuário do rio Itajaí-Açu, em seu trabalho de conclusão de curso na Universidade do Vale do Itajaí (Univali), em Santa Catarina. Andrade busca entender como os sons produzidos pelas embarcações podem afetar o comportamento de um simpático animal que habita a região: o boto.

O estudo, orientado pelo biólogo André Barreto, pretende identificar os principais ruídos do ambiente e avaliar possíveis mudanças que estes possam provocar no comportamento dos botos da espécie *Tursiops truncatus*. “O que temos observado com frequência é que eles se afastam do local durante a passagem de embarcações”, diz Andrade, acrescentando que a área é muito utilizada para a alimentação desses animais.

Em diversos locais do mundo tem-se verificado a ocorrência de alterações na vocalização dos botos e outras espécies de cetáceos na presença de ruídos intensos. Em saídas de campo mensais, a estudante utiliza um hidrofone para gravar os sons provenientes das embarcações e dos animais em sete pontos do estuário. Ela pretende comparar a frequência dos sons produzidos pelos botos do rio Itajaí-Açu com sons da mesma espécie já descritos na literatura científica.

Andrade é voluntária de iniciação científica do programa Botos do Itajaí, que realiza o monitoramento dos botos na região da foz do rio Itajaí-Açu, onde se localiza o porto de Itajaí. Ela ressalta que a vocalização é muito importante para os mamíferos aquáticos, que utilizam os sons para a localização de presas e para se comunicarem. “Com os ruídos das embarcações, eles podem ficar desorientados e, se o barulho for muito intenso, podem até sofrer danos fisiológicos, como perdas na audição”, afirma.

## Angelo Fraga Bernardino

Programa de Pós-graduação em Oceanografia Biológica,  
Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo



# Biodiversidade no mar profundo

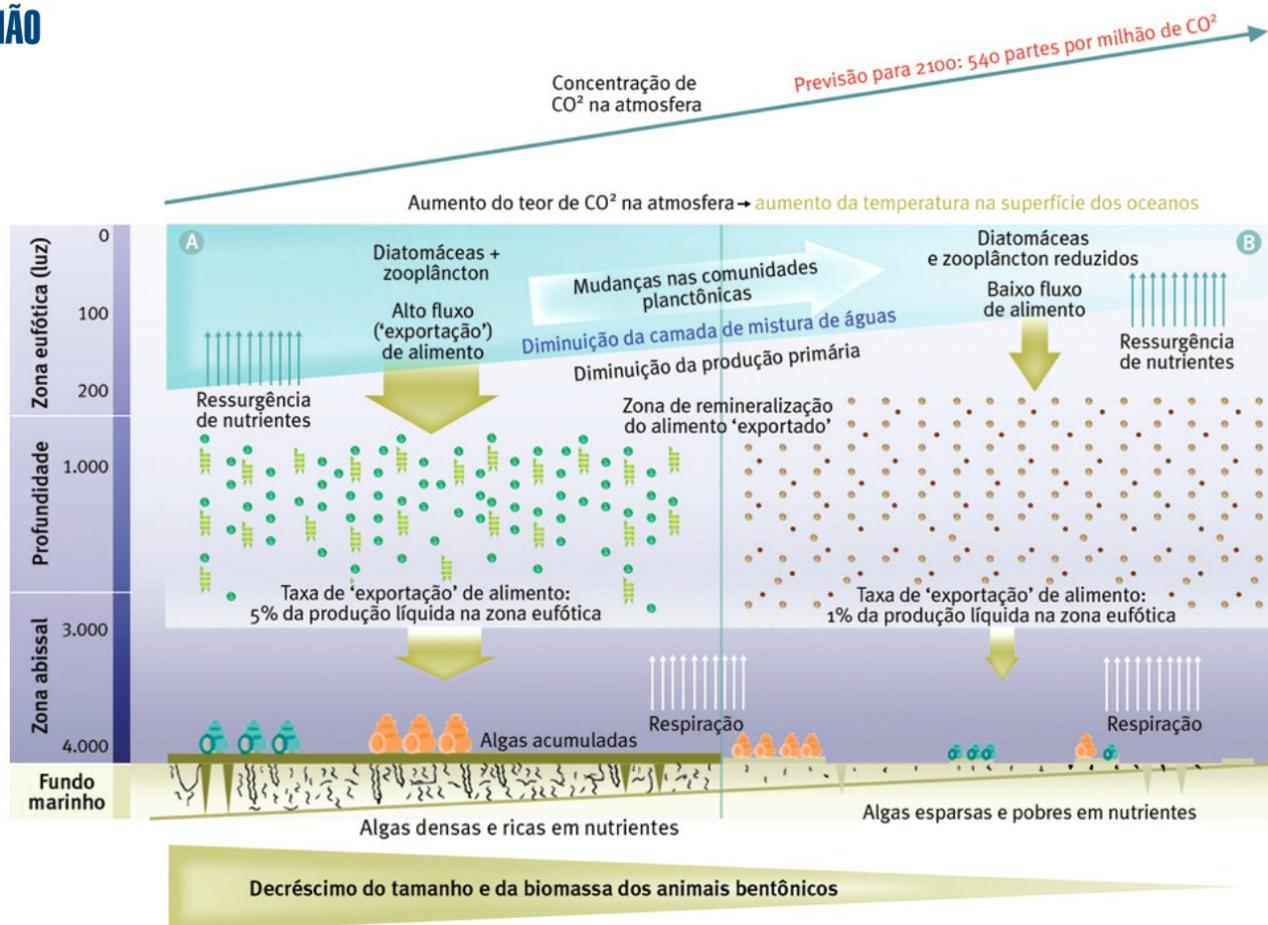
**Quando pensamos em ecossistemas marinhos de elevada biodiversidade, vêm à mente aqueles em que há variedade e abundância de organismos, como os recifes de corais. Não é comum lembrarmos dos ambientes profundos dos mares, onde a luz não chega. No entanto, estudos revelam que a biodiversidade, em ecossistemas situados milhares de metros abaixo da superfície dos oceanos, equipara-se à existente nas regiões biologicamente mais ricas do planeta e pode ser considerada peça-chave no ciclo global do carbono e na manutenção da vida nos mares.**

**O**s ecossistemas de mar profundo estão entre os mais extensos e remotos da Terra. Esses ambientes, que representam mais de 50% da superfície do planeta, são as áreas oceânicas situadas abaixo dos 200 m de profundidade, caracterizadas por total ausência de luz solar, baixas temperaturas e extrema pressão hidrostática, o que torna a vida um desafio para qualquer organismo. No entanto, a maior dificuldade para os seres vivos que habitam o leito marinho profundo é a extrema limitação alimentar. Isso acontece porque a ausência de luz (a partir de cerca de 150 m abaixo da superfície do mar) impede qualquer atividade fotossintética – ou seja, sem a energia da radiação solar, não há síntese de moléculas orgânicas pelo processo de fotossíntese, realizado por plantas verdes e certas algas e bactérias.

Por esse motivo, os organismos que vivem no leito do mar profundo dependem do alimento produzido nas ricas superfícies oceânicas e ‘exportado’ para as profundezas. A quantidade de nutrientes que chegam ao fundo, porém, é limitada pela decomposição bacteriana ao longo da extensa coluna d’água. Assim, quanto menor a produtividade na superfície, ou quanto mais

profundo o oceano, menor será a quantidade e a qualidade do alimento disponível para os seres vivos do fundo (bentônicos). Esse processo controla importantes variações graduais na diversidade de organismos (gradientes biológicos) existentes nos oceanos, como revelou estudo publicado na revista científica *Trends in Ecology and Evolution* (v. 23, nº 9, 2008), do qual participaram pesquisadores brasileiros.

**O**s níveis de diversidade biológica no fundo de mar, em grandes profundidades, rivalizam com ricos ecossistemas marinhos e terrestres, como as florestas tropicais. A alta biodiversidade no mar profundo, porém, é um enigma, tendo em vista que essas comunidades recebem limitado aporte alimentar, o que em geral reduz a densidade de organismos. A produtividade primária nos oceanos – ou seja, a produção de compostos orgânicos pelos organismos fotossintetizantes do plâncton e, em consequência, o crescimento deste – é regulada por fatores como disponibilidade de nutrientes e intensidade da luz na coluna d’água. As bacias oceânicas apresentam diversos padrões espaciais e temporais na produtividade primária, o que provoca dife-



Esquema das principais alterações que o aumento da temperatura das águas superficiais, resultante da maior concentração de gás carbônico na atmosfera, causará na ecologia e na funcionalidade dos oceanos decorrentes. À esquerda, a situação atual, em que a produção de matéria orgânica (alimento), que ocorre basicamente na faixa que recebe a luz solar (zona eufótica), permite uma exportação eficiente de alimento para regiões profundas, sustentando grande riqueza de indivíduos no fundo marinho. À direita, situação hipotética na qual o aquecimento superficial dos oceanos diminui a zona eufótica, levando a uma redução no aporte de alimento em regiões profundas. Isso reduziria também a biomassa total e o tamanho dos organismos dessas regiões, o que prejudicaria o 'enterramento' de carbono nos sedimentos marinhos, com sérias consequências no ciclo global de carbono

renças regionais nos aportes de alimento, ou energia, para o mar profundo, e essas diferenças determinam a biomassa e a abundância de organismos no assoalho dessas bacias.

Identificar regiões oceânicas profundas de alta biodiversidade permitiria priorizar a conservação dessas áreas e manter os 'serviços ambientais' que proporcionam. Esses 'serviços' são benéficos, para os humanos, decorrentes da funcionalidade natural de um dado ambiente, a qual é mantida pelos organismos que ali vivem. No caso de ecossistemas profundos, seu funcionamento depende do número e da biomassa de organismos, e de sua atividade nos sedimentos

marinhos, promovendo o 'enterramento' do carbono orgânico produzido pelo plâncton nas regiões próximas à superfície dos mares. O resultado é que o ciclo global do carbono está intimamente relacionado aos níveis de biodiversidade e atividade dos organismos em ecossistemas de mar profundo, que favorecem o armazenamento do CO<sub>2</sub> atmosférico nos oceanos, o que ajuda a manter estável o clima do planeta. Assim, qualquer alteração impactante nessas comunidades, que reduza sua capacidade de 'sequestrar' carbono, pode ter sérias consequências climáticas.

Da mesma forma, mudanças do clima podem afetar as comunidades de mar profundo. Como

a vida nesse ecossistema depende da produção primária nos oceanos, fenômenos climáticos como El Niño e La Niña, que alteram a temperatura das águas superficiais do oceano Pacífico, podem afetar a produtividade nessas águas e, em certos casos, diminuir o fluxo e a qualidade do alimento 'exportado' para regiões profundas, reduzindo a biomassa, a abundância e as taxas de respiração das comunidades bentônicas abissais. Na hipótese de um prolongado decréscimo na produtividade oceânica, os efeitos negativos sobre o plâncton marinho podem ter reflexos na biodiversidade no mar profundo, levando à extinção de espécies animais.



# A floresta redesenhada

## Um futuro para a Amazônia

**Bertha Becker e Claudio Stenner**

São Paulo, Oficina de Textos, 152 p., R\$ 51



**E**sta obra, parte da série 'Inventando o futuro', apresenta-se como resultado de quase meio século de trabalho de campo na Amazônia brasileira da geógrafa Bertha Becker, bem como de vivências, descobertas no contato com realidades tão distintas, debates e consultorias. A análise imbricada de tempos e de espaços reflete a formação geográfica que possuem ambos os autores.

Privilegiando a Amazônia florestal como um potencial de inovação, o livro trata de alguns temas símbolos do debate contemporâneo. Os títulos dos capítulos mostram o foco na tecnologia, abordagem privilegiada dos autores, iniciando com grandes temas globais, para, no final, focar o local. No entanto, os assuntos não dialogam entre si, eles são tratados de maneira autônoma (provavelmente por terem sido já publicados – ou não – na forma de artigos), sem uma 'costura' ou pelo menos uma transição que articule bem as ideias, à exceção dos temas biodiversidade e águas.

Interessante perceber que o modo de expressão usado em vários momentos é uma linguagem emocional, distinguindo-o muito das conhecidas obras de Becker. Ela até conclui o livro com uma pequena história de amor – de mais de 40 anos – pela Amazônia.

A Amazônia revelada pelos autores "surpreende pela magnitude da natureza e da cultura, pela diversidade interna e pela pobreza de seus habitantes". Em vários momentos, eles valorizam as contradições vividas na região, ressaltando o falso dilema entre desenvolvimento e conservação. Inovam os autores nas conclusões parciais quando exploram os caminhos futuros, defendendo que, sem tecnologia, o futuro da Amazônia está comprometido.

Os autores redesenham a Amazônia, marcada pela importância da tecnologia de cada tempo, retomando argumentos de Becker e fazendo uma releitura do espaço produzido pela ciência, tecnologia e inovação. Nesse sentido, permitem-se explorar as origens, delimitando as marcas da ciência, tecnologia e inovação como essenciais à transformação no uso dos recursos naturais (ou as drogas do sertão), na vulgarização de plantas e na organização sociopolítica da complexa população presente na região.

Ao tratar a biodiversidade como a especiaria do século 21, destacam-na como um novo valor da natureza – expressando que esse valor da natureza amazônica já fora reconhecido desde as primeiras viagens dos botânicos. São novos conceitos, construí-

dos nos fóruns internacionais, como os de (bio)tecnologia, meio ambiente, biodiversidade, patrimônio natural, que formam outro quadro de referências científicas e tecnológicas.

Todos esses conceitos têm seu valor estratégico, social, geopolítico, comercial. Um valor de acumulação e uma representação simbólica. No primeiro capítulo, os autores descrevem os subsectores econômicos a serem explorados pelo uso e conservação da biodiversidade. Já no último, as reflexões de Becker e Stenner apontam para os conceitos construídos geopoliticamente por meio das convenções e acordos internacionais. Seus posicionamentos, eminentemente nacionalistas em face à questão do exercício de soberania dos países sobre suas Amazônias, pecam por não analisarem o que pensam os dirigentes e as populações das outras Amazônias nacionais, sobretudo em relação ao poder do Brasil.

A disputa pela água e seu valor econômico também é objeto de reflexão dos autores, que lembram a posição estratégica e geopolítica da Amazônia. Os problemas de

abastecimento, tratamento e transporte de água nas cidades amazônicas remetem ao paradoxo das comunidades que moram ao lado de rios caudalosos, mas que não têm água para o consumo. É com a difusão da noção de 'água virtual' – proposta por A.Y. Hoekstra em 2003, segundo a qual o planeta vai se dividir entre países exportadores e importadores de água – que os autores inovam, chamando a atenção para a necessidade de que a gestão dos recursos hídricos se antecipe à crise anunciada de escassez.

Invertendo a lógica da exportação e conectando as populações da floresta, os autores analisam as redes técnicas – as convencionais (redes hidrográfica, rodoviária, aeroportuária, das corporações) e as infovias, que posicionam a Amazônia no território brasileiro. Eles valorizam os fluxos, as ligações, os bancos de dados, o monitoramento e controle do território por tais redes, ressaltando que só haverá futuro para a região com a criação e disseminação dos mesmos mecanismos, por meio das infovias comunitárias. Mas a análise da logística em escala continental – energia, telecomunicações, integração física – não se integra muito bem com a valorização das infovias comunitárias.

Manaus, considerada uma cidade mundial no meio da floresta, é analisada tanto por sua posição privilegiada em momentos históricos distintos, quanto pela sua transformação em enclave regional. Para os autores, Manaus deve se antecipar, assumindo riscos e se planejando. Apesar das numerosas críticas direcionadas a ela por concentrar benefícios em apenas algumas partes da cidade, contribuindo

para agravar a pobreza, o desemprego, a violência, a desigualdade e uma maior exclusão, Manaus deveria, segundo Becker e Stenner, buscar agregar valor com os serviços ambientais prestados, aproveitando-se da posição estratégica e geográfica que ocupa na bacia amazônica.

No capítulo final, não há respostas prontas, mas o convite para alargar mais os caminhos diversificados para o futuro – desejado e possível – para a Amazônia. De todos os lados surgem oportunidades que não podem ser desperdiçadas: i) o espaço amazônico como fonte de vida do planeta; ii) as cidades da floresta estrategicamente localizadas devem organizar a estrutura produtiva da região.

Entre os desafios a superar, os autores priorizaram a questão fundiária e das desigualdades; a conexão das redes e cidades e, finalmente, o modelo de cidade urbanizada na floresta, que deve gerar inovações. O território do futuro tem que comportar, a seu ver, as áreas de preservação, as baixas densidades demográficas, a integração de projetos logísticos e minerais, os ZEE [Zonamento Ecológico Econômico], as regiões minerais e, finalmente, explorar as áreas já alteradas, como as florestas plantadas, as agroindustriais, as regiões rural-urbanas ou as regiões policêntricas. As frases finais do livro defendem, mais uma vez, a necessidade de uma verdadeira revolução científico-tecnológica, reforçando o já conhecido posicionamento de Bertha Becker.

**Neli Aparecida de Mello**  
Departamento de Geografia,  
Universidade de São Paulo

## Qual o problema?

**Marco Moriconi**

Rio de Janeiro, Instituto  
Ciência Hoje/Faperj,  
112 p., R\$ 15

Como dividir 100 moedas de ouro entre piratas? Qual o caminho mais curto para uma formiga chegar a um torrão de açúcar? Estes são alguns dos 40 desafios matemáticos publicados neste livro, sendo 35 oriundos da coluna homônima da revista *Ciência Hoje* e cinco inéditos. Publicados desde agosto de 2005, esses problemas divertem o leitor e mostram, com simplicidade e humor, que um belo argumento matemático pode ser apreciado do mesmo jeito que um filme ou uma refeição. A obra é oportuna e original, já que a quase totalidade dos títulos com propostas semelhantes é de autores estrangeiros.



## A Terra em balanço – ecologia e o espírito humano

**Al Gore**

São Paulo, editora Gaia,  
352 p. R\$ 47

A crise ecológica global é o tema do livro escrito por Al Gore, vice-presidente dos Estados Unidos durante o governo de Bill Clinton, de 1993 a 2001. A obra é resultado de uma jornada pessoal de mais de 25 anos de Gore na busca da compreensão da crise ambiental. O autor visitou locais de grandes catástrofes ecológicas, conheceu pessoas de diversas regiões do mundo que lutam em defesa do meio ambiente e empenhou-se em pesquisar a relação da sociedade com a natureza. Para Gore, a civilização humana perdeu o sentimento de integração com o ambiente e enxerga o planeta como um simples conjunto de recursos, que podem ser utilizados para suprir necessidades sem preocupação com consequências de longo prazo. Ele aborda temas como o aquecimento global e enfatiza a necessidade de um plano político para combater a destruição do meio ambiente.



## Mira Schendel – Do espiritual à corporeidade

**Geraldo Souza Dias**

São Paulo, Cosac Naify, 352 p., R\$ 170

O autor aborda a vida e obra de Mira Schendel (1919-1988) e discute as visões da artista plástica – nascida em Zurique (Suíça) e radicada no Brasil após a Segunda Guerra – sobre arte, teologia, filosofia e cultura. Inicialmente elaborada como tese de doutorado, apresentada na Universidade das Artes de Berlim sob orientação de Andreas Haus, o texto foi revisto para a edição brasileira, que ganhou a forma de livro de arte. O arquiteto e teórico de arte Geraldo Souza Dias, da Universidade de São Paulo, inclui no livro trechos do diário e da correspondência da artista (por exemplo, com os filósofos Jean Gebser e Hermann Schmitz) para contextualizar o ambiente cultural em que sua obra foi produzida. Segundo ele, a crítica de arte não tem atribuído a devida importância a aspectos como sua condição de imigrada e sua relação com a espiritualidade ao supervalorizar aspectos formais do trabalho de Schendel, figura central na formação da arte brasileira.



## A evolução do darwinismo

**Antônio Bracinha Vieira**

Rio de Janeiro, Vieira & Lent, 120 p., R\$ 29

Como parte dos eventos e publicações comemorativas do bicentenário de Charles Darwin, o livro do etologista português Antônio Bracinha Vieira situa a teoria evolutiva no contexto histórico em que foi criada e mostra como, desde a publicação de *A origem das espécies*, há 150 anos, ela se foi fortalecendo ao enfrentar inúmeros embates e resistências. Com isso, a lógica evolucionista pode ser detectada na ciência que se faz hoje e serve de eixo estruturante a disciplinas que vão da geobiologia à biologia molecular. Os princípios de Darwin estão presentes, por exemplo, na propagação e no combate de doenças genéticas e infecciosas, no teste de medicamentos em animais antes de sua utilização em seres humanos, e em empreendimentos agropecuários e industriais.



## Transgênicos, o avanço da biotecnologia

**Alessandro Greco**

São Paulo, BEI, 96 p., R\$ 25

Embora os produtos transgênicos já façam parte do cotidiano da população, a compreensão do que exatamente eles são não é tão difundida assim. Ainda persiste a noção de que organismos geneticamente modificados são uma grave ameaça para consumidores e para o meio ambiente. Esta obra tem o objetivo de preencher essa lacuna, explicando, de maneira didática e objetiva, as várias facetas do assunto. Em seus capítulos, o livro trata dos fundamentos da genética, mostra as aplicações dos produtos transgênicos e discute os riscos e benefícios que eles podem trazer.



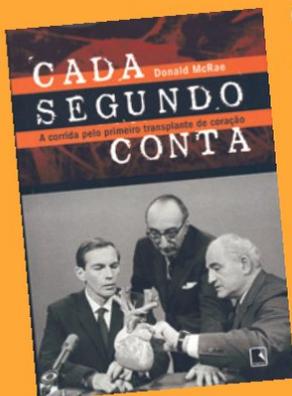
## Cada segundo conta

**Donald McRae**

Rio de Janeiro, Record, 420 p., R\$ 55

Hoje o transplante de coração é uma operação quase corriqueira para doenças cardíacas sérias, se é que se pode chamar de corriqueira qualquer prática cirúrgica. No entanto, nos anos 1950 e 1960, quando diversos centros de pesquisa se empenhavam em realizar o transplante, o procedimento significava uma revolução, não apenas em termos de tecnologia médica, mas na própria forma de se compreender a morte. É a história da corrida pelo primeiro transplante de coração que é contada neste livro, enfocando especialmente o quarteto de cirurgiões que, em diferentes lugares, lutavam para alcançar o sucesso dessa prática: o sul-africano Christiaan Barnard, que acabou sendo o primeiro a realizá-la; e os norte-americanos Adrian Kantrowitz, pioneiro na utilização de vários mecanismos usados ainda hoje na cirurgia cardíaca; Richard Lower e Norman Shumway. Embora se baseie em entrevistas e pesquisa sobre os bastidores e os acontecimentos da época,

o autor narra esse episódio da medicina como uma grande “aventura”, usando inclusive recursos emprestados da ficção para torná-la ainda mais emocionante para o leitor.



# Marcas registradas

**Em 1859, os cientistas de origem alemã Gustav Kirchhoff (1824-1887) e Robert Bunsen (1811-1899) faziam uma descoberta importante, publicada no ano seguinte nos *Anais de Física e Química de Poggendorf* (v. 10, pp. 161-189). “Muitas substâncias, quando levadas à chama, têm a propriedade de produzir certas linhas brilhantes”, afirmavam, prevendo que, por meio de um método de análise qualitativa baseado nessas linhas, o campo das reações químicas poderia ampliar-se. A conjectura de Kirchhoff e Bunsen de fato se concretizou. Mais tarde seus trabalhos tornaram-se conhecidos em diferentes países e foram aclamados pela ampla gama de aplicações que ofereciam, sobretudo a possibilidade de determinar a composição de corpos que nunca estariam ao alcance das mãos, como o Sol e outras estrelas.**

EASYPEDIA.IGR / WIKIMÉDIA.COMMONS



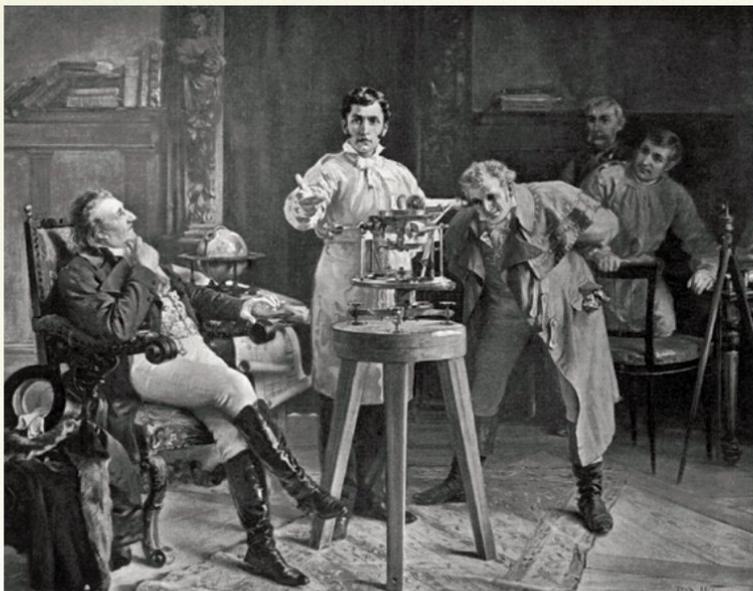
Gustav Kirchhoff, à esquerda, e Robert Bunsen: pioneiros da espectroscopia

**A**o ensinar como aplicar o novo método de análise, o estudioso francês Louis Grandeau (1834-1911) considerava que as pesquisas de Kirchhoff e Bunsen tinham aberto uma via nova para a química. “A análise espectral permitiu a descoberta de três corpos simples e mostrou que diversas substâncias até então consideradas muito raras são, ao contrário, abundantes na natureza”, escreveu em um de seus trabalhos. Vejamos alguns lances dessa história, que envolve tanto corpos terrestres quanto celestes.

Um raio de luz, ao atravessar meios diferentes, modifica sua trajetória. É o que verificamos ao observar um canudinho dentro de um refrigerante. Ele parece quebrado. Isso acontece porque o ar e o líquido são meios diferentes, e a luz se comporta também de forma diferente, sofrendo um desvio. Esse fenômeno denomina-se refração. Outros fenômenos luminosos também são observados, e um deles em especial teria importantes aplicações na análise de materiais. É o caso da dispersão da luz, abordado por muitos estudiosos, entre eles Isaac Newton (1643-1727). Seus experimentos foram repetidos várias vezes e apresentaram resultados curiosos (ver ‘Natureza dual da luz’).

No início do século 19, o químico britânico William Wollaston (1766-1828) publicou um trabalho propondo modificações nos experimentos de Newton. Em alguns casos, um prisma quadrangular ou a associação de superfícies transparentes pareciam mais adequados que o prisma triangular usado por Newton. Wollaston dedicou-se também a analisar e comparar resultados da dispersão e refração da luz em várias substâncias. Com base nos dados de refração, concluiu ser possível determinar a pureza de um material usando uma quantidade muito pequena da substância sem destruí-la. Observou ainda que feixes de luz provenientes de diferentes corpos, como estrelas fixas e chamas, apresentam um conjunto de linhas coloridas característico, que é sempre o mesmo para cada corpo. Wollaston observou ainda nos espectros a presença de linhas escuras entre duas faixas coloridas e mesmo no interior da própria faixa. Essas observações seriam fundamentais para discussões posteriores de aplicação dos espectros para análises.

Ao tentar obter lentes de melhor qualidade para ▶



No centro da fotografatura, o óptico alemão Joseph von Fraunhofer (de pé) faz demonstrações em seu espectroscópio. Os trabalhos de Fraunhofer, assim como os do químico inglês William Wollaston, foram essenciais para as descobertas posteriores de Kirchhoff e Bunsen

os telescópios que fabricava, o alemão Joseph von Fraunhofer (1787-1826) observou as mesmas linhas escuras de Wollaston. Fez também outra observação importante: uma faixa alaranjada obtida no espectro da chama ocupava o mesmo lugar de uma das 574 linhas escuras do espectro do Sol por ele mapeadas. As faixas coloridas seriam devidas à emissão de luz por um corpo incandescente, e as escuras causadas pela absorção da luz por esse mesmo corpo. A luz proveniente do Sol ou de estrelas como Sírius apresentava linhas escuras características no espectro.

## NATUREZA DUAL DA LUZ

Em 1666, Isaac Newton observou e publicou uma série de fenômenos envolvendo a luz. Ao fazer passar um raio de luz solar (obtido de um pequeno orifício em uma janela) por um prisma triangular de vidro, verificou a formação de algo que lembrava o arco-íris. Ou seja, algo transparente e luminoso transformava-se em faixas coloridas justapostas que eram refletidas em uma parede. A esse fenômeno se dá o nome de dispersão; e o conjunto das faixas

coloridas, resultado da decomposição da luz, denomina-se espectro.

Newton deu uma explicação para o fenômeno: o raio de luz, composto de partículas de tamanhos diferentes (cada cor corresponderia a um tamanho de partícula), se decomporia ao passar pelo prisma, separando em faixas as partículas diferentes. Essa seria a teoria corpuscular da luz, que, entretanto, não era a única. O matemático e astrônomo holandês Christiaan Huygens (1629-1695) defendia outra ideia. Para ele, a luz tinha natureza ondu-

latória e não corpuscular, e sua propagação se dava da mesma maneira que o som.

Hoje se aceita o fato de que a luz tem caráter dual, ou seja, é corpuscular e ondulatória ao mesmo tempo. Tais ideias são necessárias para explicar os diferentes fenômenos que a envolvem: os fenômenos de reflexão, refração, interferência, difração e polarização da luz podem ser explicados pela teoria ondulatória, enquanto que os de emissão e absorção podem ser explicados pela teoria corpuscular.

Para explicar tais fenômenos, é preciso lançar mão da teoria ondulatória da luz (em que diferenciais de energia estão presentes), pois tanto a emissão quanto a absorção correspondem a mudanças de nível energético de elétrons em um átomo. Temos, assim, dois tipos de espectro: o de emissão e o de absorção, que devem ser considerados em conjunto, principalmente quando se analisa a luz de corpos celestes.

Muitos outros pesquisadores dedicaram-se ao estudo da luz e dos espectros provenientes de diferentes corpos. Mas Kirchhoff e Bunsen merecem destaque pelo trabalho que realizaram em 1859: uma síntese dos procedimentos feitos até então com o espectrômetro e a introdução de modificações significativas que permitiram conclusões importantes para o conhecimento de corpos terrestres e celestes.

Até aquela altura já estava suficientemente claro que diferentes materiais apresentavam diferentes espectros, fosse de absorção ou emissão. Tratava-se então de obter faixas ou linhas que levassem ao reconhecimento, sem nenhuma dúvida, de cada um das substâncias analisadas. Kirchhoff e Bunsen sabiam que as linhas se tornavam mais definidas quanto maior fosse a temperatura e menor a luminosidade da chama. Para isso, contaram com um instrumento desenvolvido por um deles que ficou conhecido como bico de Bunsen.

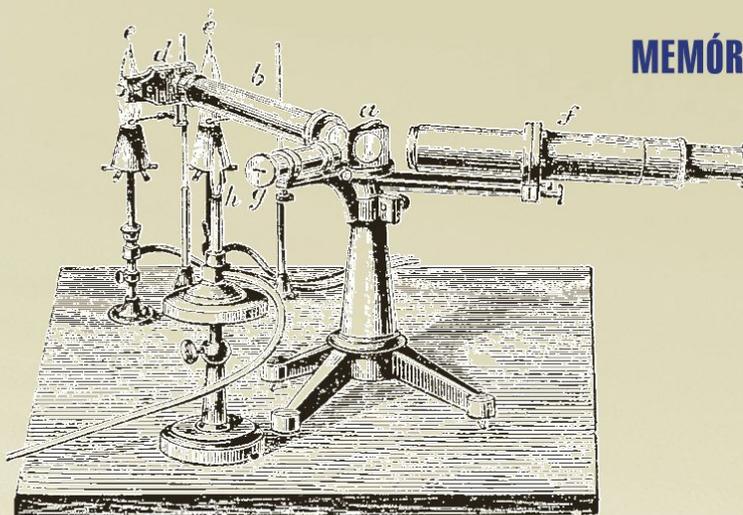
## Espectroscopia

O espectrômetro (também denominado espectroscópio) foi a princípio usado para analisar um conjunto de materiais, entre eles as então chamadas 'terras alcalinas' conhecidas: sódio, lítio e potássio. Para tanto, formava-se por aquecimento

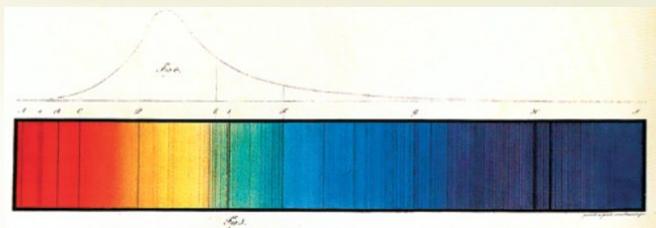
uma pérola do material na ponta de um fio de platina, que era em seguida colocado na parte central (e mais quente) da chama. O material assim aquecido emite feixes de luz que atravessam o primeiro telescópio e incide no prisma colocado dentro da caixa-preta. Ao atravessar o prisma, o feixe de luz se decompõe em diversas faixas (como já vimos) e é observado através do segundo telescópio. Entre os materiais analisados, o sódio era o mais sensível, pois uma diminuta quantidade desse elemento produzia com facilidade a linha espectral amarela que o caracteriza. Outros elementos do grupo das terras alcalinas eram igualmente reconhecidos com o auxílio do método, que permitia também determinar sua quantidade e, portanto, sua distribuição na natureza.

Kirchhoff e Bunsen estavam entusiasmados com suas conclusões e julgavam que as análises espectrais podiam levar à descoberta de novos elementos químicos. Se cada elemento apresentava um espectro particular, um espectro diferente indicaria a existência de um novo elemento. “Estamos convencidos de que tais elementos desconhecidos existem. Com base em resultados irrefutáveis do método espectro-analítico, podemos afirmar agora que existe um quarto metal no grupo alcalino além do potássio, sódio e lítio”, escreveram. Acabaram descobrindo não só um, mas dois elementos químicos desse grupo: o céσιο e o rubídio, que receberam tais nomes, derivados do latim, devido às cores de suas linhas espectrais: o primeiro apresentava linhas azul-celeste; o segundo, linhas avermelhadas.

O ponto essencial do trabalho de Kirchhoff e Bunsen foi estabelecer que a cada elemento químico corresponde um espectro, e vice-versa. Com isso em mente, passaram a perscrutar outros ‘mundos’. Pensaram em estender suas análises para além da Terra e do sistema solar. Como vimos, o espectro da luz do Sol e seus planetas e o de algumas estrelas fixas já tinham sido registrados. O problema era a quantidade de linhas escuras nesses espectros. Mas já tinham uma solução. Algum tempo antes, Kirchhoff mostrara teoricamente que o espectro de gases incandescentes (como os provenientes do Sol) apresentaria linhas escuras exatamente no lugar das linhas brilhantes, ou seja, seria um espectro invertido. Ao concluir que o espectro do Sol com suas linhas escuras seria o inverso do espectro que a própria atmosfera do Sol apresentaria, afirmou: “Dessa forma, a análise química da atmosfera do Sol requer apenas a busca dessas substâncias que produzem as linhas brilhantes que coincidem com as linhas escuras do espectro solar.”



O espectrômetro (ou espectroscópio) é um instrumento que consiste basicamente de um prisma, para dispersar a luz de uma fonte, e de um telescópio, para observar os detalhes da mostra espectral resultante. Kirchhoff e Bunsen inicialmente usaram o equipamento para analisar diferentes substâncias, como as ‘terras alcalinas’ conhecidas até então (sódio, lítio e potássio)



Espectro solar obtido por Joseph von Fraunhofer: as linhas escuras são causadas pela absorção de luz por um corpo incandescente e as faixas coloridas devidas à emissão de luz pelo mesmo corpo

Uma consequência importante dessas pesquisas foi a descoberta de um elemento químico novo no Sol, pois eles obtiveram um espectro que não correspondia a nenhum dos elementos conhecidos na Terra. Trata-se do gás que recebeu o nome do deus grego associado ao Sol: hélio.

Surgiram então inúmeras possibilidades de estudos, notadamente com relação aos corpos celestes, que envolveram muitos pesquisadores depois de Kirchhoff e Bunsen. Foi um trabalho construído por muitos estudiosos, que retomaram e modificaram trabalhos anteriores. Às vezes, as ideias e descobertas tomam caminhos incontrolláveis. Um bom exemplo disso se vê no contexto das pesquisas aqui apresentadas: o bico de Bunsen (presente em todo laboratório) tornou-se mais conhecido que as pesquisas que exigiram o seu desenvolvimento por Robert Bunsen.

#### Márcia H.M. Ferraz e Marcelo Pirolo

Programa de Estudos Pós-graduados em História da Ciência, Centro Simão Mathias de Estudos em História da Ciência, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo

### Conceito de ácido I

A resposta de Eduardo Fleury Montimer na seção 'O leitor pergunta' (CH nº 259), com o título 'Por que a água não é considerada um ácido se ela tem hidrogênio em sua composição?', diz que "o  $\text{Cl}_2$ , na presença de água, produz íons hidroxônio, sendo, portanto, um ácido segundo Arrhenius". Essa informação está equivocada, uma vez que, segundo Svante Arrhenius, ácidos são compostos que se ionizam em solução aquosa produzindo cátions  $\text{H}^+$ . O  $\text{Cl}_2$  não tem hidrogênio em sua fórmula e, portanto, não gera  $\text{H}^+$  em solução e não pode ser considerado um ácido segundo a definição de Arrhenius. Acredito também que o autor poderia ter citado outras teorias sobre ácidos-bases (...).

**Gabriela da Silva Cruz**  
Universidade Federal da Bahia  
Salvador, BA

✉ O autor do texto responde: "Em meu texto, tentei enfatizar que, a partir de Arrhenius, os conceitos de ácido e base deixaram de ser atributos da substância – por exemplo, ácidos "têm sabor azedo" ou "têm hidrogênio" – para tornarem-se relacionais, ou seja, a acidez é definida considerando a interação de uma substância com outra e não com base em um atributo da substância em si. Foi nesse sentido que generalizei a definição original de Arrhenius e considerei ácidos substâncias que, em contato com a água, produzem  $\text{H}_3\text{O}^+$ , e não a definição original desse autor. Isso porque considero o produto da interação com a água a mais importante característica do conceito relacional proposto por Arrhenius. Isso gera a polêmica de considerar o  $\text{Cl}_2$  como um ácido de Arrhenius, algo em que não estamos sozinhos (ver, por exemplo, Campos e Silva, 'Funções da química inorgânica...', no nº 9, de 1999, da revista Química Nova na Escola). De qualquer forma, o  $\text{Cl}_2$  funciona como um ácido em solução aquosa pois, nessa situação, produz  $\text{H}_3\text{O}^+$ ."

### Conceito de ácido II

Talvez pelo espaço não ter sido suficiente, há três incorreções na resposta sobre a acidez da água: 1) a resposta deveria ter deixado claro que a água tem caráter anfótero e pode se comportar como um ácido ou uma base, dependendo do que for adicionado a ela; 2)  $\text{Cl}_2$  não é ácido pela definição de Arrhenius, pois não tem hidrogênio em sua composição; 3) no final deve-se esclarecer que não apenas a água pura tem pH 7, pois, por exemplo, uma solução aquosa de NaCl (sal de cozinha) também tem pH 7, mas não se trata de água pura.

**Adilson Roberto Gonçalves**  
Escola de Engenharia de Lorena,  
USP

Lorena-SP

– O autor do texto responde: "Além dos comentários feitos em relação à carta anterior, deixei implícito o caráter anfótero da água, ao examinar também o comportamento da amônia em água. E afirmo, ao final do artigo, que o valor de pH igual a 7 se aplica também às soluções neutras."

### Astronomia e astrologia

A CH publicou, na edição de nº 256, artigo do astrônomo Carlos Alexandre Wuensche sob o título 'Astronomia versus astrologia', em que ele apresenta as diferenças entre ambas, discute suas origens comuns e ressalta a questão de a astrologia usar os benefícios da linguagem e do jargão científico sem se submeter a seus padrões de avaliação. É surpreendente constatar, através da manifestação de algumas pessoas na CH On-line, como a crença astrológica continua a despertar interesse em nosso país, apesar de desprovida de qualquer respaldo científico. Suas origens se perdem por isso mesmo na noite dos tempos, em épocas remotas da civilização humana. Isso surpreende ainda mais em uma época em que numerosas missões espaciais fotografam e estudam de perto os planetas do sistema solar e seus satélites, mostrando que são simplesmente



grandes corpos gasosos ou rochosos (...). O Brasil participa, desde 2002, da missão espacial europeia Corot, que está descobrindo planetas em outros sistemas solares, comprovando que esses corpos inertes existem por todo o universo. E algumas pessoas ainda creem que eles influenciam nossas vidas? O dito argumento científico, utilizado por alguns para apoiar suas crenças astrológicas, baseia-se em supostas correlações cujas validades estatísticas não são testadas com o devido cuidado. Na verdade, podem ser encontradas na natureza inúmeras correlações fortuitas, sem nenhuma ligação de causa e efeito. Já nos anos 50, demonstrou-se que havia uma 'correlação' entre o alinhamento de planetas e os dias de ocorrência de sessões vespertinas no Folies Bergères de Paris... É curioso notar que a crença astrológica tem mais força em países do Terceiro Mundo, onde os níveis de formação e informação científicas são mais precários. Dificilmente se assistiria a um debate desses em um país europeu. Esperando ter contribuído para esclarecer os leitores brasileiros sobre a caracterização da astrologia como crença, despedimo-nos.

**Diretoria da Sociedade  
Astronômica Brasileira**  
Rio de Janeiro, RJ

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

**CORREIO ELETRÔNICO:**  
cienciahoje@cienciahoje.org.br

# Testes para a seleção – Parte 2

**Marco Moriconi**

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



**C**omo prometido, aqui vão mais três problemas que são (ou já foram) usados em entrevistas para a seleção de candidatos a um emprego. Para ler a coluna, talvez você deva simular as condições de tensão: vista uma roupa de trabalho meio apertada e um pouco desconfortável; desligue, se for o caso, o ar-condicionado (a ideia é você começar a suar); imagine um entrevistador com cara de poucos amigos; e tente resolver os problemas contando o tempo em um cronômetro. Boa sorte!

a) Cem jogadores participam de um campeonato de tênis. A cada rodada, se o número de jogadores é par, metade deles joga com a outra metade. Se o número for ímpar, um jogador é sorteado e deixado de lado. Quem perde sai do campeonato. Por exemplo, na primeira rodada, temos 50 partidas (e 50 vencedores); na segunda, 25 partidas (e 25 vencedores); na terceira, um jogador fica de fora, e temos 12 partidas (com 12 vencedores); e assim por diante. Quantas partidas serão jogadas até o campeonato terminar?

b) Este problema ficou tão popular que nem mais é usado nas entrevistas: por que as tampas dos bueiros são redondas? (Pense no maior número de razões possível).

c) Soldados são dispostos em  $N$  colunas, e cada coluna com  $M$  linhas, como se fosse um tabuleiro  $N \times M$ . Ache o soldado mais baixo de cada coluna, e, desse grupo, escolha o mais alto, que chamaremos Antônio. Em uma segunda seleção, escolha o mais alto de cada linha, e, entre eles, escolha o mais baixo (para nós, Bernardo). Supondo que Antônio e Bernardo são pessoas diferentes, quem é o mais alto dos dois?

## Soluções:

a) O instinto inicial é somar  $50 + 25 + 12 + 6 + \dots$ . Mas isso não é necessário. Se observarmos que cada partida elimina um jogador, e de 100 deles sobrará apenas 1, então

terão sido jogadas 99 partidas (que é igual a  $50 + 25 + 12 + 6 + 3 + 2 + 1$ ). Esse problema era usado pelo físico norte-americano William Shockley (1910-1989), ganhador do Nobel pela invenção do transistor, como teste de seleção de candidatos para as empresas que ele abriu na Califórnia (Estados Unidos) para comercializar esse componente eletrônico e que deram origem ao Vale do Silício, um dos maiores polos de tecnologia do planeta.

b) Uma das razões para a tampa ser redonda: assim ela não cai no bueiro. Se fosse retangular, poderia cair por uma diagonal, por exemplo. Outra razão: é mais fácil transportar uma tampa redonda (ponha-a de pé e role-a). Para uma tampa não redonda, será preciso pelo menos duas pessoas (pois, em geral, são pesadas). Esse problema era usado pela empresa norte-americana Microsoft nos testes de seleção, mas ficou tão conhecido que acabou excluído.

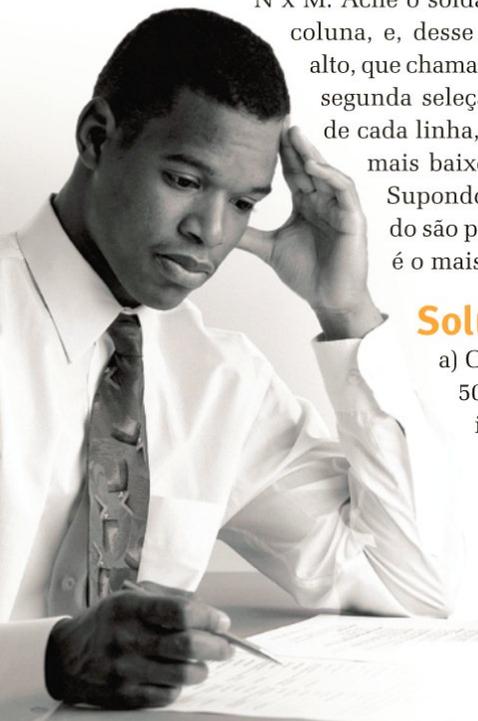
c) Se Antônio e Bernardo estiverem na mesma coluna: como Antônio é o mais baixo da coluna, ele será mais baixo que Bernardo. Se ambos estiverem na mesma linha, como Bernardo é o mais alto da linha, ele é, de novo, mais alto que Antônio. E, finalmente, se estiverem em linhas e colunas diferentes, existe sempre um soldado (vamos chamá-lo Carlos) que está na coluna de Antônio e na linha de Bernardo. Mas Antônio é mais baixo que todos da coluna dele (e, portanto, menor que Carlos), e Bernardo é o mais alto da linha dele, e, assim, maior que Carlos. Em todos os casos, Bernardo é mais alto que Antônio. ■

## DESAFIO

Suponha que você tenha duas moedas de real na mão cuja soma seja 30 centavos, e uma delas não é de cinco centavos. Quais são as moedas que você tem?

## SOLUÇÃO DO DESAFIO PASSADO

Numere os oito jogadores 1, 2, 3, ..., 8. A cada cinco minutos, você deverá 'mexer no time', começando com a escalação (1, 2, 3, 4, 5). Depois de cinco minutos, passe para (2, 3, 4, 5, 6), e a cada cinco minutos mude para (3, 4, 5, 6, 7) → (4, 5, 6, 7, 8) → (5, 6, 7, 8, 1) → (6, 7, 8, 1, 2) → (7, 8, 1, 2, 3) → (8, 1, 2, 3, 4). Cada jogador aparece em cinco listas. Por exemplo, o jogador 1 aparece na primeira e nas últimas quatro; o jogador 2 nas duas primeiras e nas últimas três. E assim por diante, totalizando 25 minutos para cada um.



# A língua do nazismo

**Renato Lessa**

*Instituto Universitário de Pesquisas do Rio de Janeiro (Universidade Candido Mendes)  
e Universidade Federal Fluminense*  
rlessa@iuperj.br



**A**té meados dos anos 30, Victor Klemperer (1881-1960) foi um pacato professor titular de literatura românica da Universidade Técnica de Dresden, na Alemanha. Desde a década anterior dedicava-se à pesquisa sobre filosofia e literatura francesas do século 18. Sua vida – e a de tantos outros – sofreu brutal inflexão em janeiro de 1933, com a vitória eleitoral dos nazistas. Klemperer definia-se como um “cético prazeroso” e como um humanista. Além disso, considerava-se um alemão, enraizado em seu país: era um veterano da guerra de 1914 a 1918, portador da Cruz de Combate e protestante convertido, embora filho de um rabino. A viragem de 1933 representou a destruição de seu mito pessoal a respeito de sua identidade alemã.

Pelos critérios racialistas adotados pelos nazistas, Klemperer não era alemão. Sua ascendência (100% judaica) não indicava outra coisa, a despeito de sua conversão ao protestantismo: tratava-se de um judeu. A Cruz de Combate que recebeu na guerra e um casamento com uma alemã ‘ariana’ – Eva Klemperer, nascida Schlemmer – ajudaram a evitar um destino pior. Klemperer sobreviveu ao Terceiro Reich, tendo permanecido na Alemanha durante todo o tempo em que durou o regime, de 1933 a 1945. Foi salvo pelas bombas inglesas, que destruíram Dresden em

fevereiro de 1945. Na véspera de um dos mais terríveis bombardeios aéreos da Segunda Guerra, Klemperer havia sido ‘selecionado’ para o campo de extermínio. O caos resultante das bombas lançadas na cidade livrou-o desse destino, comum a cerca de 300 mil judeus alemães.

O nazismo fez com que Klemperer se descobrisse como judeu. O regime retirou todos os atributos que ele acreditava ter. Foi impedido de dar aulas, de retirar livros na Biblioteca Pública e expulso da Universidade. Obrigado a vender sua casa para um ‘ariano’, foi confinado a uma habitação coletiva para judeus. Durante os 12 anos do regime hitlerista, Klemperer escreveu

um magnífico diário – hoje publicado em várias línguas, inestimável para que tenhamos uma ideia a respeito do que significou viver sob o Terceiro Reich.

Klemperer teve oportunidade de deixar a Alemanha, atitude tomada por diversos intelectuais. Esteve mesmo a ponto de assumir uma cátedra na Turquia, que acabou ocupada por seu amigo Eric Auerbach (1892-1957). No entanto, permaneceu no país, construiu uma casa, aprendeu a dirigir aos quase 60 anos de idade e comprou um carro. Apesar do sofrimento, ficou em sua terra, sob condições cada vez mais ultrajantes.

Como explicar tal apego? Um contraste pode nos ajudar. O artista plástico alemão Kurt Schwitters (1887-1948), um dos criadores do dadaísmo, saiu da Alemanha em 1933 e decidiu abandonar a língua alemã. Em seu exílio inglês, Schwitters não mais a utilizou, pois acreditava que o alemão estava contaminado pela ‘nova ordem’.

Klemperer representa o negativo da atitude de Schwitters. Antes que o filósofo austríaco Ludwig Wittgenstein (1889-1951) o fizesse, Klemperer sugeriu que, sendo uma forma de vida, o Terceiro Reich é um contexto linguístico e semântico. Talvez seja um exagero dizer que ele ficou na Alemanha para estudar as marcas impostas à língua pelo Terceiro Reich (com efeito, se a filosofia ‘fala’ grego, o nazismo ‘fala’ alemão). Se esse não foi o motivo da permanência, acabou por ser seu resultado, magnificamente apresentado na obra-prima LTI: Língua Tertii Imperii (A língua do Terceiro Reich), de 1947. Entre diversos achados incomuns do livro, dois devem ser ressaltados: (1) a linguagem dos nazistas foi fundamental para fixar a sua forma cultural e (2) a derrota do nazismo exige o combate aos hábitos mentais nazistas e, mais do que isso, ao que lhe deu fundamento expressivo, a sua linguagem.

É uma excelente notícia saber que dispomos de uma ótima edição brasileira da obra-prima de Klemperer, da editora Contraponto, com lançamento previsto para este mês. Trata-se de um texto obrigatório para os que se ocupam dos temas do nazismo, do antissemitismo, da linguagem e, sobretudo, da dor humana. ■

O livro de Klemperer é obrigatório para os que se ocupam dos temas do nazismo, do antissemitismo, da linguagem e, sobretudo, da dor humana

