ciênciahole

REVISTA DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA DA SBPC

230



VOL. 39 SETEMBRO 2006 R\$ 8,90

MOTORES MOLECULARES

'Máquinas biológicas' transportam materiais dentro da célula LISA RANDALL Física explica 'teoria de todas as coisas' PEIXES-BOIS Biólogos estudam como preservar espécies em risco

O'ímã' da Terra

O que ocorre quando o campo geomagnético se altera



INSTITUTO CIÊNCIA HOJE . Organização Social de Interesse Público da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência. O Instituto tem sob sua respon-

Progresso da Ciencia. O Instituto tem sob sua respon-sabilidade a publicação das revistas Ciência Hoje e Ciência Hoje das Crianças, CH on-line (internet), Ciência Hoje na Escola (volu-mes temáticos), Mantém intercâmbio com a revista Ciencia Hoy (Corrientes 2835, Cuerpo A, 50 A, 193, Buenos Aires, Argentina, tels.: 005411. 4961-1824/4962-1330) e conta com o apoio do Cen-tro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF/CNPq), do Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC/CNPq) e da Universida-de Federal do Rio de Janeiro (UFR)). ISSN: 0101-8515

DIRETORIA

Diretor Presidente • Renato Lessa (IUPERI)

Diretores Adjuntos • Alberto Passos Guimarães Filho (CBPF) •

Franklin Rumjanek (Instituto de Bioquímica Médica/UFRI) • Maria
Lucia Maciel (Instituto de Filosofia e Ciências Sociais/UFRI) •

Roberto Lent (Instituto de Ciências Biomédicas/UFRI) •

Superintendente Executiva • Elisabete Pinto Guedes

Superintendente Financeira • Lindalva Gurfield

Superintendente de Projetos Estratégicos • Fernando Szklo

CIÊNCIA HOIE . SBPC

CLÊNCIA HOJE • SBPC

Editores Clentíficos • Ciências Sociais — Maria Alice Rezende de
Carvalho (IUPER)) • Ciências Ambientais — Ricardo Iglesias Rios
(Instituto de Biologia/UFR)) • Ciências Econômicas — Franklin Serrano
(Instituto de Economia/UFR)) • Ciências Exatas — Ivan S. Oliveira
(Centro Brasileiro de Pesquisas Fisicas) • Ciências Biológicas —
Débora Foguel (Instituto de Bioquímica Médica/UFR)) • Humanidades
— Ricardo Benzaquen de Araújo (IUPER))

Editora Executiva . Alicia Ivanissevich; Editor de Texto . Ricardo Me-Fandra Executiva * Alicia Ivanissevich; Editor de l'exto * Ricardo Menandro; Setor Internacional * Cássio Leite Vieira; Repórteres * Thaís Fernandes (coordenação), Fred Furtado e Rosa Maria Mattos; Revisoras * Elisa Sankuevitz e Maria Zilma Barbosa; Secretária * Theresa Coelho; Colaboraram neste número * Cássio Leite Vieira

dedição de texto), Almiro Franco Neto, André Marques, Célio Yano e Mariana Ferraz (reportagem)

ARTE • Ampersand Comunicação Gráfica S/C Ltda.

Diretora de Arte • Claudia Fleury; Programação Visual • Carlos Henrique Viviane e Raquel P. Teixeira; Computação Gráfica • Luiz Baltar; (ampersand@amperdesign.com.br)

SUCURSAIS
SÃO PAULO • Correspondente • Vera Rita da Costa (verarita @cienciahoje.org.br). End.: Antiga Reitoria da USP, Av. Prof. Luciano Gualberto, 374. Travessa J, sala 232. Cidade Universitária, CEP 05508-900. São Paulo, SP. Tel.: (0XX11) 3814-6656 e Telefax:

(cxx11) 3091-4192
SUL • Curlitiba • 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

SALVADOR • Coordenador Científico • Caio Mário Castro de Castilho (UFBA) (sbpc@ufba.br). End.: Instituto de Física/UFBA, Campus da Federação, SSA. CEP 40210-340, Salvador, BA. Tel.: (0XX71) 247-

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

REPRESENTANTES COMERCIAIS

BRASÍLIA • Joaquim Barroncas — Tels.: (oxx61) 226-1824/
9972-0741. Fax: (oxx61) 226-1824

PRODUÇÃO • Maria Elisa C., Santos; Irani Fuentes de Araújo
RECURSOS HUMANOS • Luiz Tito de Santana
EXPEDIÇÃO • Gerente • Adalgísa Bahri
IMPRESSÃO • Minister Express Editora de Impressos 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 • Redaçãocienciahoje@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 Apoio da iniciação científica e na popularização da ciência



ATENDIMENTO AO ASSINANTE E NÚMEROS AVULSOS

08007278999

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

CH On-line: www.ciencia.org.br

chonline@cienciahoje.org.br

PARA ANUNCIAR

TELFAX.: (0xx11) 5083-5025 cienciasp@cienciahoje.org.br

18 O campo geomagnético: surpresas em curto e longo prazos

As variações no campo magnético da Terra podem durar desde milésimos de segundo até dezenas de milhões de anos. Entre as rápidas estão as tempestades magnéticas, que afetam transmissões de rádio e televisão e deixam países inteiros sem eletricidade.

Entre as longas, estão as reversões, nas quais os pólos do 'ímã' terrestre trocam de hemisfério, eventos que podem ter interferido na evolução da vida no planeta.

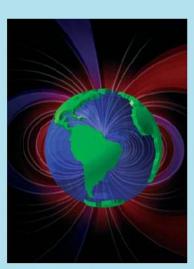
Por Andrés R. R. Papa e Cosme F. Ponte-Neto



26 Motores moleculares

Dentro da célula, organelas, vesículas e variados materiais precisam ir de um lugar a outro para realizar suas funções. Os responsáveis por mover todas essas 'peças' e levá-las a seus destinos - os motores moleculares - têm sido foco de muitos estudos científicos recentes.

Por Hugo C. Soares Melo, Rogério F. Lacerda, Decivaldo dos S. Dias e Gabriel C. Nunes da Cruz



Capa: Luiz Baltar/Ampersand

32 Peixes-bois: esforços de conservação no Brasil

Incluídos nas listas de animais ameaçados de extinção, os peixes-bois têm recebido maior atenção dos cientistas brasileiros na última década. Além dos estudos básicos de ecologia e biologia, pesquisas genéticas ajudam a sugerir estratégias para a recuperação de suas populações.

Por Juliana de A. Vianna,

Fabrício R. dos Santos, Miriam Marmontel, Régis P. de Lima, Fábia de O. Luna, Stella M. Lazzarini e Maria J. de Souza



4 Os cachorros sonham?

- 4 Por que algumas pessoas desenvolvem toxoplasmose e outras não?
- 5 Quais as consequências da exposição do diamante ao fogo?
- 5 Como são feitas as filmagens de animais silvestres em locais inóspitos e em situações perigosas ou que dificultam a aproximação de pessoas?

ENTREVISTA

Lisa Randall

6 Muito além das três dimensões

A física norte-americana fala de seu trabalho sobre as supercordas

MUNDO DE CIÊNCIA

10 Bicos sob medida

Pássaros das ilhas Galápagos são exemplo de como ocorre a evolução

A PROPÓSITO

17 Pajelança no consultório

Provas contra a homeopatia não impedem avanço da prática

EM DIA

38 Moedas raras sob uma nova óptica

A física ajuda a identificar causas de deterioração de peças antigas

40 Indústria microbiana

Produção de fungos para controle de pragas beneficiará agricultores

42 A hora e a vez da ferrita de cádmio

Fluido magnético desenvolvido no país pode substituir similares atuais

44 Novos antivirais à vista

Descoberto uso medicinal de substâncias extraídas de algas marinhas

46 Alerta no ar do Rio de Janeiro

Poluição por formaldeído é associada ao uso do gás natural em veículos

48 Creatina contra radicais livres

Cientistas usam composto para conter processo que leva ao diabetes

OPINIÃO

50 Plásticos na dieta da vida marinha

Ingestão de materiais artificiais prejudica peixes, aves e outros animais

ENSAI

52 Arquitetos da natureza

Teoria da física e da química explica a construção dos ninhos de cupins

PRIMEIRA LINHA

56 Microscópicos e vorazes

Protistas ciliados têm apetite comparável ao dos grandes carnívoros

59 Rotas de migração da araucária

Análises de DNA e pólen reconstroem a expansão da espécie no país

62 O exemplo dos ribeirinhos

Adaptação ao ambiente ajuda a conservar áreas inundáveis no Sul

PERFIL

Setembrino Petri

66 O caçador de microfósseis

A fértil trajetória de um pioneiro da pesquisa paleontológica no Brasil

RESENHA

74 De volta para o passado?

Resenha do livro *Glob(AL) – Biopoder e luta em uma América Latina globalizada*, de Antonio Negri e Giuseppe Cocco

MEMÓRIA

76 O país de corpo e alma

Raízes do Brasil, um clássico da nossa historiografia, faz 70 anos

C.

QUAL É O PROBLEMA?

80 Cartões vermelhos, amarelos e...

Um cartão diferente exige muitos cálculos por parte do árbitro



7

Por que algumas pessoas desenvolvem toxoplasmose e outras não?

ALINE CERVO, DONA FRANCISCA/RS

A toxoplasmose é uma infecção produzida pelo protozoário *Toxoplasma gondii*. Quando o indivíduo é infectado após o nascimento, o quadro clínico pode variar desde casos sem sintomas e subclínicos até formas generalizadas da doença, com comprometimento do sistema nervoso central (neurotoxoplasmose), que, dependendo de um conjunto de fatores (principalmente o estado imunológico do paciente), pode evoluir para processos infecciosos agudos fatais.

Em indivíduos cujo sistema imunológico seja sadio, a toxoplasmose geralmente se apresenta de forma benigna, sem sintomas aparentes, sendo detectada apenas mediante exame sorológico específico. Por outro lado, uma pessoa infectada resistente, que tenha a forma crônica da infecção — apresentando cistos nos tecidos —, pode, em um quadro de imunodeficiência, passar a ter a forma aguda.

Em pessoas que sofreram transplantes ou são portadoras de neoplasias ou infecções virais (como por HIV), os parasitas encistados podem ser reativados, proliferando intensamente.

No caso da toxoplasmose ocular, nem sempre o indivíduo está imunodeprimido. A razão pela qual alguns desenvolvem essa forma da doença ainda está por ser bem compreendida. Alguns pesquisadores a atribuem à genética do hospedeiro, mas a maioria vê relação com o tipo do *Toxoplasma*. No entanto, quando há comprometimento ocular, com lesão cicatrizada, não se sabe se poderá haver reativação. A orientação é fazer exame de fundo de olho periodicamente, de acordo com o caso e a critério do oftalmologista.



Laboratório de Toxoplasmose, Instituto Oswaldo Cruz



Cisto vivo

gondii

de Toxoplasma

presente no

cérebro de

CINTHYA SOLDANI, SÃO PAULO/SP

O diamante é a fase do carbono estável em altas pressões e temperaturas. É a presença do oxigênio no ambiente que determina seu comportamento durante o aquecimento. Submetido à alta temperatura (entre 900°C e 1.000°C) em uma atmosfera rica em oxigênio, o diamante se transforma em gás carbônico (CO2), sem fundir (derreter). Isso também acontece com a grafite, que tem a mesma composição do diamante, mas diferente estrutura cristalina. Na ausência de oxigênio, tanto o diamante quanto a grafite apresentam temperaturas de fusão extremamente elevadas, já que a energia de ligação entre os átomos é muito forte nas duas estruturas. A temperatura de fusão do diamante é da ordem de 3.500°C, enquanto a da grafite é de 3.600°C. Portanto, o diamante e a grafite, na presença de oxigênio, se transformam em gás; sem o oxigênio, eles fundem. Em qualquer um dos casos, a temperatura deve ser muito alta.

Sendo assim, quando aquecido em forno de mufla (forno normal, com ar) ou no bico de Bunsen (instrumento que atinge temperaturas acima de 1.000°C), o diamante volatiliza, ou seja, passa diretamente para o estado gasoso. Exposto ao maçarico oxídrico (com oxigênio), ele também forma CO, sem fundir; se for pulverizado e colocado sobre uma lâmina de platina, isso ocorre mais facilmente, em temperatura levemente inferior a 900°C. A grafite volatiliza sem fundir quando submetida à chama do arco voltaico ou arco elétrico (descargas elétricas entre dois eletrodos que geram temperaturas bastante elevadas). Se for pulverizada e misturada com nitrato de potássio, ela explode (devido à reação com o nitrato).

Naira Maria Balzaretti

Instituto de Física,

de Recursos Minerais

Universidade Federal do Rio Grande do Sul e **Pércio de Moraes Branco** Museu de Geologia, Superintendência Regional de Porto Alegre, Companhia de Pesquisa



Como são feitas as filmagens de animais silvestres em locais inóspitos e em situações perigosas ou que dificultam a aproximação de pessoas, como o acasalamento?

ENIO PISA, POR CORREIO ELETRÔNICO

As técnicas de filmagem e fotografia variam em relação ao tipo de animal, à vegetação e ao relevo nas áreas de ocorrência. Animais menores, como roedores, répteis e insetos, são capturados e filmados em terrários (caixas transparentes que simulam o ambiente terrestre). No campo, é comum o uso de pequenas tendas camufladas (*blinds*) — em que só cabe o observador —, plataformas de caça no alto de árvores e câmeras automáticas com sensores de presença (*trailmasters*). Esses dispositivos são instalados em trilhas normalmente utilizadas pelos animais, sendo comum o uso de iscas para atraí-los e, conseqüentemente, seus predadores. Assim, é possível filmá-los sem que percebam.

Grandes produções são caras. No Brasil, essas filmagens ainda são raras e o sensor é o equipamento mais usado. Para cada minuto de filmagem que aparece nos documentários, são gravadas muitas horas de imagens durante dias. Áreas abertas, como regiões do Pantanal e a savana africana, possibilitam a observação de animais a distância por meio de boas lentes teleobjetivas, com grande capacidade de aproximação. Talvez por isso existam tantos documentários sobre leões africanos: eles têm apelo publicitário, boa atividade diurna, são grandes e vivem em áreas abertas e em locais sujeitos a períodos de escassez de água e alimentos, o que os força a realizar caçadas espetaculares. Em comparação, documentários sobre tigres e leopardos são mais raros, devido à complexidade envolvida.

Fernando Lencastre Sicuro

Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro



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

cienciahoje@cienciahoje.org.br

MUITO ALÉM DAS TRÊS DIMENSÕES



da física moderna: a unificação da gravitação com as outras três forças fundamentais do universo — a eletromagnética, que atua entre cargas elétricas e responde, por exemplo, pelo atrito entre os corpos; a forte, que mantém os núcleos atômicos coesos; e a fraca, que está por trás de certos fenômenos radioativos. O melhor candidato da atualidade para esse posto é a teoria de supercordas, que postula que as partículas fundamentais que compõem a matéria são, na verdade, vibrações de uma entidade física com dimensões minúsculas (10⁻³³ cm), a corda. O prefixo 'super', no caso, significa supersimetria, ou seja, cada partícula (elétrons, *quarks*, neutrinos etc.) teria um parceiro, a partícula supersimétrica.

Em 1999, essa busca pelo que se convencionou

Há pelo menos 80 anos, tem-se buscado o 'graal'

Em 1999, essa busca pelo que se convencionou chamar 'teoria de todas as coisas' ganhou velocidade com a publicação de dois artigos da física norte-americana Lisa Randall e de seu colega Raman Sundrum. Os trabalhos de Randall tornaram-se os mais citados da física teórica dos últimos cinco anos.

Randall é também uma ativa divulgadora de ciência. Seu primeiro e único livro de divulgação, Warped passages: unraveling the mysteries of the universe's hidden dimensions ('Passagens distorcidas: desvendando os mistérios das dimensões ocultas do universo', ainda sem tradução), trata da possibilidade de o universo ter mais de três dimensões espaciais.

Professora catedrática da Universidade Harvard (Estados Unidos), Randall esteve no Rio de Janeiro no mês passado para dar uma série de palestras.

Confira a entrevista exclusiva concedida à Ciência Hoje.

Fred Furtado e Cássio Leite Vieira Ciência Hoje/RJ

isa Randall

Na teoria de supercordas, o universo tem mais que as três dimensões espaciais nas quais vivemos. Onde estão as demais?

Essa questão é alvo de intensa pesquisa atualmente. Por cerca de 80 anos, acreditou-se que elas tivessem de ser muito pequenas – tão pequenas a ponto de não podermos enxergá-las – e dobradas de modo simples ou complexo. Também se descobriu que há a possibilidade de as dimensões extras estarem extremamente distorcidas ou curvadas, de forma que, mesmo se elas forem infinitas, não as consigamos ver. Ou seja, elas estão escondidas de uma maneira que não afeta a escala na qual são feitos os experimentos até agora. Isso não significa que, no futuro, essas dimensões não poderão ser detectadas.

Por que a teoria necessita de dimensões extras?

Todos querem uma resposta fácil para essa pergunta, mas ela é sutil. Essencialmente, a teoria seria instável sem essas dimensões extras. Dito de outro modo, não conseguiríamos fazer os cálculos necessários, e ela, portanto, não faria sentido.

Por que 10 dimensões espaciais?

No início, pensava-se que eram nove. Agora, no entanto, já se acha que talvez sejam 10. Mas isso depende de a interação das cordas ser muito forte ou muito fraca. Em outras palavras, às vezes uma teoria de 10 dimensões é equivalente a outra de 11, mas com outros valores de parâmetro. Agora, o porquê desse número específico se deve a um fato matemático: é o único que faz sentido para a teoria.

E por que só uma dimensão é temporal?

Na teoria das supercordas, já se considerou mais de uma, mas a questão é que, de novo, esse tipo de teoria é instável. Parte da razão para isso é intuitiva: se houver mais de um tempo, nossas noções de física se desfazem, e ocorre todo tipo de paradoxo.

Como se pode obter evidência direta da existência dessas dimensões extras?

Há duas maneiras. A primeira tem a ver com o fato de que a gravidade parecerá diferente em certas escalas de energia. Ou seja, se elas existirem, a gravidade poderia se espalhar por mais dimensões espaciais, além das três conhecidas, e a maneira como ela, a gravidade, varia segundo a distância depende disso. A segunda maneira abrange as partículas fundamentais, que, ao se moverem por essas novas dimensões, apareceriam para nós como novos tipos de partículas cujas massas dependeriam da geometria desse espaço multidimensional.

Quando se menciona dimensões extras, as pessoas costumam pensar em universos paralelos, terras

alternativas etc. Elas são as mesmas coisas?

Já dei muitas palestras públicas e, realmente, as pessoas fazem todo tipo de pergunta. Muitas delas parecem querer que seus problemas sejam resolvidos pelas dimensões extras. Mas o que nós, físicos, fazemos é tentar ver quais teorias são consistentes com as leis da física que conhecemos. Algumas pessoas acreditam na chance de existirem universos paralelos. Pessoalmente, acho isso improvável. Contudo, o conceito de universos paralelos existe na física, mas com um sentido diferente: o de que poderia haver universos completamente diferentes do nosso, existindo em algum lugar das outras dimensões. Eles teriam uma química e uma física totalmente diferentes das nossas. É uma possibilidade real, caso haja dimensões extras.

A senhora e o físico Raman Sundrum escreveram um artigo em 1999 que se tornou um clássico da teoria das supercordas e talvez seja o trabalho mais citado desse novo campo. A senhora poderia explicar as idéias por trás desse estudo?

Na verdade, tivemos dois artigos que ficaram famosos. Um deles, que era mais relacionado à teoria das supercordas, abordava uma maneira pela qual uma

Se houver mais de um tempo, nossas noções de física se desfazem, e ocorre todo tipo de paradoxo

dimensão extra poderia estar oculta. Mostramos que se pode ter uma dimensão extra mesmo infinita em tamanho, se o espaço-tempo [uno quadridimensional, que reúne as três dimensões espaciais e o tempo, sendo este a quarta dimensão] for curvado ou distorcido de uma determinada maneira. O que descobrimos, um pouco acidentalmente, foi que, em uma configuração específica do espaço extradimensional, a gravidade está localizada em uma região diminuta. Mesmo que, em princípio, a gravidade pudesse estar em qualquer lugar, na prática ela estaria altamente concentrada, tão concentrada a ponto de parecer que há menos dimensões do que realmente há, pois ela não estaria se espalhando para as outras.

A teoria das supercordas implica a supersimetria. Isso quer dizer que haverá diversas novas partículas. Cada partícula hoje conhecida teria um parceiro supersimétrico. Qual dessas a senhora acredita que será a primeira a ser detectada pelo LHC [Grande Acelerador de Hádrons] em 2007?

ENTREVISTA

Primeiramente, não temos certeza de que qualquer parceiro supersimétrico das partículas que conhecemos atualmente será descoberto pelo LHC. A razão é a escala na qual a supersimetria se 'quebra' [não se manifesta]. Se isso ocorrer em um nível de energia alto, as novas partículas serão muito pesadas para ser observadas no LHC. Mas pode ser que elas sejam relativamente leves. Nesse caso, as mais prováveis de serem detectadas são aquelas que têm interações fortes, como os gluínos, os parceiros supersimétricos dos glúons, que são mediadores da força forte nuclear, ou os squarks, parceiros supersimétricos dos quarks [estes formam, por exemplo, os prótons e os nêutrons].

Quanto à energia escura, ninguém ainda entende bem o que ela é

Em sua primeira conferência, a senhora mencionou as branas. O que são elas e como interagem com o conceito de múltiplas dimensões?

Uma brana – cujo nome vem de membrana – pode ser uma superfície de poucas dimensões em um espaço de muitas dimensões. Por exemplo, apesar de existirem quatro dimensões espaciais, pode ser que as partículas que conheçamos, como os *quarks* e os léptons, estejam limitadas a apenas três delas. Ou seja, talvez todas as forças, com exceção da gravitação, só possam ser encontradas nessa brana.

Então, pode haver várias branas?

Sim, mas ainda não temos a resposta. De fato, acho que isso é uma das coisas frustrantes para os que não trabalham com física: há muitas possibilidades. Na verdade, é um pouco frustrante para nós, físicos, também, mas só começamos a pensar nisso recentemente, por isso é importante explorar todas as opções.

A senhora explicou em sua conferência, no Rio, que nós habitaríamos uma brana, enquanto a gravitação estaria em outra, digamos, paralela. Quão distantes elas estariam uma da outra?

O intervalo entre as duas é extremamente pequeno. É bem próximo da chamada escala de Planck [homenagem ao físico alemão Max Planck (1858-1947)], uma escala de energia na qual a gravitação é forte. Isso quer dizer que a distância é de apenas 10⁻³¹ cm. Pode parecer que, por ser tão pequena, essa distância não tenha qualquer conseqüência, mas o fato é que ela tem: a gravidade muda radicalmente quando se vai de uma brana para a outra, tornando-se exponencialmente mais fraca.

Esse efeito é linear? Se houver outra brana após a nossa, a gravitação seria mais fraca ainda?

Sim, exponencialmente mais fraca. O que ocorreria, na verdade, é que as massas se tornariam mais leves, o que, no final das contas, tem o mesmo efeito, pois a gravitação está relacionada a quão pesadas ou energéticas são as coisas.

Então, a razão pela qual a gravitação é mais fraca é o fato de o gráviton, a partícula que mede essa força, 'habitar' outra brana?

Isso é mais ou menos correto. O que acontece é que a gravitação é, em realidade, parte do espaço-tempo de cinco dimensões, mas nós pensamos que vivemos em quatro dimensões, três espaciais e uma temporal. Logo, a gravitação que sentimos em nosso universo é apenas a projeção, em menos dimensões, da força original, que habita essa outra brana.

Einstein publicou sua teoria da relatividade geral em 1916. Na década de 1920, surgiram as primeiras teorias em que se propunha uma dimensão espacial extra. Por um tempo, chegou-se a acreditar que elas unificavam o eletromagnetismo e a gravidade. Entretanto, isso não se mostrou verdadeiro. Por que tem sido tão difícil unificar as quatro forças do universo desde então?

A gravitação é um pouco diferente porque a escala de energia em que ela pode ser unificada é distinta daquela na qual as outras forças se unificam. No entanto, no contexto das dimensões extras, isso pode acontecer. Um dos problemas é que, com a unificação, espera-se o surgimento de novas forças e partículas, que não conseguimos detectar. Outra dificuldade é explicar como se pode ter diferentes massas para diferentes partículas.

Que tipo de descoberta do LHC traria o selo de 'aprovado' para a sua teoria e a de supercordas?

As supercordas não serão comprovadas com o LHC, mas a supersimetria talvez seja, se formos capazes de ver os parceiros supersimétricos de partículas conhecidas. Se minha teoria sobre a baixa intensidade da força gravitacional estiver correta, então poderemos detectar partículas de Kaluza-Klein, que são os parceiros do gráviton, que viajam pelas dimensões extras. De fato, é possível que o glúon também se propague por essas dimensões. Nesse caso, ele também teria um parceiro passível de detecção. Esse cenário é parte do meu trabalho atual.

O universo está inundado por componentes estranhos chamados matéria e energia escuras. Sua teoria explicaria esses mistérios?

A matéria escura é mais fácil de entender nessas teorias. Na supersimetria, esse componente poderia ser a partícula supersimétrica mais leve. Se há dimensões extras, então há vários candidatos para o papel de matéria escura. Quanto à energia escura, ninguém ainda entende bem o que ela é. Eu gostaria de ver uma explicação que levasse em conta dimensões extras, mas ela ainda é um mistério.

Unificar as quatro forças fundamentais do universo significa, de certo modo, unificar a relatividade geral, uma teoria para a escala do macro, com a mecânica quântica, a teoria do micro. O físico Roger Penrose afirma que, para que isso ocorra, a mecânica quântica terá que ser modificada. Já o físico Stephen Hawking defende que a alteração deverá ser na relatividade. Qual a sua opinião?

Creio que é certo que, uma vez que se chegue a altos níveis de energia, a gravitação será modificada. Isso é algo que estamos considerando, por exemplo, no contexto de buracos negros e espaço distorcido: há casos em que a gravitação se comporta de maneira distinta. No caso da mecânica quântica, não vejo uma razão pela qual ela teria de mudar.

O que levou a senhora a se tornar física?

Quando era pequena, gostava de matemática e de ciências. No ensino médio, tive aulas de física. Já na faculdade, decidi que queria fazer algo relacionado ao mundo real. Pode parecer que meu trabalho atual não tem nada disso, porque é abstrato, mas não é só matemática pura. Gosto dos desafios e enigmas que fazem parte do modelo da física de partículas.

Ser mulher faz sua carreira ser mais fácil ou difícil?

Algumas vezes, faz ser diferente. Não quero dizer que não a dificulta, porque tenho certeza de que, em certas ocasiões, a torna mais difícil, sim. No entanto, gosto de pensar que, durante o trabalho, é a mesma coisa para todos.

A senhora se vê como modelo para mulheres que aspiram ser cientistas?

Uma das razões para ter escrito meu livro foi a escassez de obras feitas por físicas. Por isso, achei importante mostrar que há mulheres trabalhando nesse campo. Não me vejo como modelo, porque nunca pensei em ter um, mas recebo muitos comentários positivos. Portanto, para algumas pessoas, faz diferença ver uma mulher trabalhando nessa área.

Algumas resenhas de seu livro afirmam que seu estilo de escrever é similar ao de George Gamow [1904-1968], um dos maiores físicos e divulgadores

da ciência do século passado. A senhora foi influenciada por ele?

Quando comecei a escrever o livro, não tinha lido muitas obras de popularização da ciência. Por isso, resolvi dar uma olhada em algumas para ter idéias, mas não cheguei a ver aquelas em que Gamow inicia os capítulos com pequenos casos relacionados ao tema. Essa, por sinal, é uma das razões pelas quais

Achei importante mostrar que há mulheres trabalhando nesse campo

acho que nos comparam. Também começo meus capítulos dessa maneira, mas foi uma idéia independente. Ela surgiu quando conversava com um amigo que havia lido mais livros de divulgação e perguntava a ele sobre o que gostava neles. Ele mencionou essa maneira de começar o texto diferentemente. Além disso, para mim, era importante fazer isso para que o leitor entrasse no clima e se abrisse para as novas idéias que seriam expostas. E, claro, era divertido escrever histórias.

A senhora pretende escrever outro?

Não tenho um projeto específico em mente, mas seria interessante repetir a experiência no futuro. Sinto que aprendi muito com o primeiro livro e seria uma pena desperdiçar essa experiência. Mas, neste momento, quero me dedicar à física.

Divulgar é importante, pois todos deveriam ter a chance de entender o que está havendo e por que nos preocupamos com esses temas

A senhora é muito ativa para divulgar a ciência que faz para o público. Foi isso que a levou a escrever o livro?

Não sei se foi só isso. Sempre gostei de escrever e fazia tempo que não escrevia. Também achava importante que uma mulher escrevesse. Além disso, queria ver se poderia apresentar a física com um estilo diferente, capaz de envolver o leitor, de leválo a questionar o que estamos fazendo e a entender o porquê disso. Finalmente, divulgar é importante, pois todos deveriam ter a chance de entender o que está havendo e por que nos preocupamos com esses temas.

REROSEMARY GRANT/SCIENCE

Bicos sob medida

Uma espécie de pássaro reina soberana em uma ilha do arquipélago Galápagos, na costa do Equador. Até que outra, invasora, chega ao local no início da década de 1980. A competição entre elas, acrescentando-se como cenário uma escassez de comida causada por uma seca devastadora, possibilitou a um famoso casal norte-americano de cientistas observar, pela primeira vez a partir de estudos de campo, um fenômeno ecológico já previsto pelo naturalista inglês Charles Darwin (1809-1882). Segundo especialistas,

o artigo, publicado em

Science (14/07/06, p. 224-226)

e que reúne dados de 33 anos de pesquisa, tem tudo para se tornar um clássico dos livros de biologia.

m notável exemplo de planejamento cuidadoso e perseverança é o do casal de ecólogosevolucionistas Peter e Rosemary Grant. Há 33 anos, esses norteamericanos estudam os famosos fringilídeos de Darwin, grupo de espécies de pássaros comedores de sementes que vivem nas ilhas do arquipélago Galápagos, há cerca de 1.000 km a oeste do Equador. As ilhas Galápagos já foram referidas como um 'laboratório natural' para o estudo de como a evolução por meio da seleção natural ocorre. Essa referência deve-se principalmente aos fringilídeos de Darwin ou, mais especificamente, ao que seus bicos expressam.

No decorrer de seus 33 anos de estudo, os Grant, pesquisadores da Universidade Princeton (Estados Unidos), obtiveram muitas evidências positivas sobre a ação da seleção natural refletida na modificação do tamanho médio do bico de indivíduos de fringilídeos, em virtude da disponibilidade de tamanhos de sementes das quais esses pássaros se alimentam. Porém, 1977 foi um ano especial para o casal, pois uma seca de grande intensidade, que naquele ano ocorreu na ilha Daphne, provocou uma acentuada queda na produção de sementes que a espécie residente (Geospiza fortis) utiliza.

Embora os indivíduos dessa espécie preferissem sementes menores – quando estas estivessem abundantes –, à medida que se tornaram escassas, os pássaros passaram a usar em maior quantidade as sementes maiores, porém acessíveis apenas àqueles espéci-





Em A, espécime de fringilídeo de Darwin (*Geospiza fortis*) com bico maior. Em B, um *G. fortis* com o bico menor

mes da população com bicos mais largos (figura A). Essa mudança de preferência aumentou a chance de sobrevivência dos pássaros portadores de bicos maiores. De fato, em conseqüência da ação da seca de 1977, que diminuiu a produção de sementes pelos arbustos, muitos fringilídeos morreram de fome. No entanto, a mortalidade foi mais acentuada entre os *G. fortis* menores, dotados de bicos menores (figura B).

Como a característica 'tamanho do bico' é geneticamente determinada, ela é transmitida entre gerações por meio da reprodução. Medindo o tamanho do bico de indivíduos da geração pós-seca, os pesquisadores verificaram um aumento médio significativo (cerca de 4%, conforme relatado em *Science*, 26/04/02, p. 707) dessa característica na população da espécie. Ou seja, em conseqüência da seca que afetou a dis-



ponibilidade de tamanhos das sementes, ocorreu a chamada seleção direcional para o aumento do tamanho do bico na população de indivíduos.

Em 1982, com a chegada de outra espécie de fringilídeo de porte mais avantajado (Geospiza magnirostris), a situação ecológica da ilha de Daphne mudou para a espécie residente. De forma semelhante à residente, a 'invasora' também se alimenta dos mesmos tipos de sementes. Em consegüência dessa semelhança nas dietas, estabeleceu-se uma sobreposição de uso das sementes entre as espécies. Essa condição foi um pré-requisito suficiente para que elas se tornassem competidoras em potencial.

Após detectar a chegada e o estabelecimento da população da espécie 'invasora', o casal Grant previu que, devido ao fato de os indivíduos invasores terem bicos maiores (e, por isso, mais eficientes em utilizar as sementes maiores), deveria ocorrer uma mudança seletiva no tamanho dos bicos dos indivíduos dos G. fortis (dessa vez, em direção a uma predominância de bicos menores). Isso significa que, ao contrário dos indivíduos das gerações anteriores, selecionados em direção à predominância de bicos maiores, devido à seca intensa de 1977, os das gerações posteriores deveriam ser selecionados na direção de tamanhos de bicos menores, como uma consequência da presença da espécie competidora.

Como prêmio ao planejamento cuidadoso do estudo científico e à perseverança do casal de ecólogos, as mudanças previstas ocorreram em 2004 e foram objetos principais da publicação de seu artigo recente em *Science*.

Inicialmente, após a chegada de alguns indivíduos da espécie competidora, seu número em relação ao suprimento de sementes era pequeno para que tivesse um efeito expressivo sobre a espécie

residente. Porém, por meio da reprodução e pela incorporação à população de novos imigrantes, a espécie competidora atingiu um número de indivíduos suficiente para que o efeito da competição se expressasse. De fato, em 2004 e no ano passado, quando, nas respectivas estações secas, o suprimento de sementes tornou-se escasso, as medidas do tamanho dos bicos realizadas em indivíduos da espécie residente mostraram uma seleção intensa na direção de bicos menores. Indivíduos com menores bicos e capazes de utilizar eficientemente sementes menores sobreviveram proporcionalmente em maior número que aqueles com bicos maiores de sua espécie, os quais sofreram uma mortalidade mais intensa.

Porém, o maior prêmio obtido pelos pesquisadores foi a oportunidade de demonstrar, pela primeira vez, a partir de estudos em campo, esse fenômeno ecológico, já previsto pelo naturalista inglês Charles Darwin e conhecido como 'divergência de caracteres'. No artigo em Science, estão claramente demonstrados todos os passos e as análises que levaram à detecção da divergência de caracteres (mudança seletiva nas proporções do tamanho dos bicos) a partir do encontro das duas espécies de pássaros, competidoras em potencial, até a mudança evolutiva que a competição efetivamente provocou na população da espécie residente.

Enfim, 33 anos parece um longo tempo de espera, mas, nesse caso, o suficiente para que o diligente casal de ecólogos possa saborear, com a calma dos vencedores, o êxito de um estudo ecológico-evolutivo muito bem-sucedido.

Rogério Parentoni

Departamento de Biologia Geral, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais FÍSICA

O CÉU MAIS AZUL

Os cariocas orgulham-se da farta natureza de sua cidade. Agora, além das praias, montanhas e florestas, um novo item pode ser adicionado à lista de belezas naturais do Rio de Janeiro: o céu mais azul do mundo.

Como prêmio por ter ganhado um concurso, a pesquisadora escocesa Anya Hohnbaum percorreu, por 72 dias, 20 países. Em todos, fez medidas do espectro de luz do céu, com a ajuda de um equipamento para realizar análise de cores (colorímetro), tornado portátil, especialmente para essa pesquisa, pelo NPL (sigla inglesa para Laboratório Nacional de Física), no Reino Unido, que tinha interesse especial nos resultados.

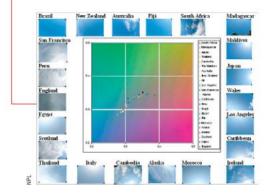
As medições ocorriam às 10h da manhã (hora local) e em uma direção predeterminada em relação ao Sol. Os resultados eram enviados por correio eletrônico para o NPL. Lá, os dados eram analisados para ver quanto de luz vermelha, verde e azul o espectro continha.

A cidade do Rio de Janeiro ficou em primeiro lugar, seguida pela baía das Ilhas (Nova Zelândia). Em terceiro, veio o monte Ayers Rock (Austrália). Em último lugar, com o título de céu menos azul entre os 20 competidores, está a Cornuália (Inglaterra).

A lista completa dos concorrentes e suas classificações, bem como detalhes da pesquisa, podem ser encontradas em www.npl.co.uk/blueskies/

Os resultados ajudarão, segundo o NPL, a estabelecer um novo padrão para medir cores do céu. A colorimetria, a ciência de medir cores, é importante para vários processos industriais (fabricação de cerveja etc.) e na monitoração do clima, por exemplo.

NPL Report, DQL-OR o18 (2006), disponível em www.npl.co.uk/blueskies/



APRENDENDO COM OS MAIS

VELHOS • Aos poucos, parece que a ciência está admitindo que ensinar não é só uma característica humana. Recentemente, o leitor viu, nesta seção (CH nº 224), um exemplo considerado como ensino no mundo não humano: formigas que ajudavam as companheiras a achar comida. Agora, outro exemplo vem das simpáticas suricatas (Suricata suricatta), mamíferos que habitam o deserto de Kalahari, na África do Sul. Artigo recentemente publicado em Science (14/07/

o6) defende que os filhotes não aprendem a comer escorpiões venenosos por mera observação passiva, mas que são ativamente ensinados pelos adultos do grupo.

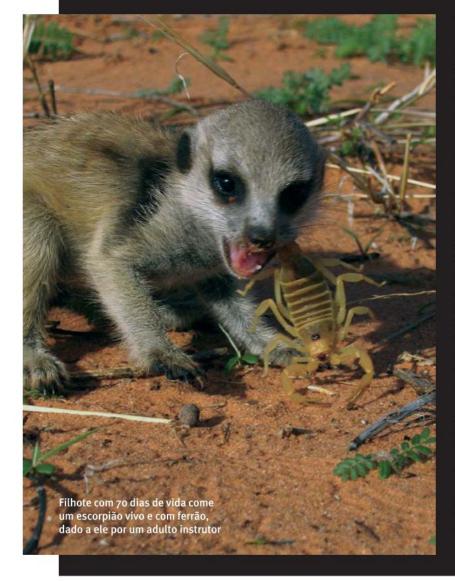
Quando bebês, os pais trazem as presas mortas (insetos, lagartos, aranhas e escorpiões venenosos etc.) para os filhos. Já mais crescidos, os escorpiões são trazidos vivos, porém sem os ferrões venenosos. Porém, quando os jovens se aproximam da independência, as presas são trazidas vivas (incluindo escorpiões com ferrões). Os instrutores, membros mais velhos do grupo, foram fla-

grados no estudo em outro tipo de comportamento: para os filhotes mais velhos, eles costumavam empurrar presas vivas e observar como eles lidavam com elas, ou seja, os incentivavam para a fase que poderia ser chamada 'mão na massa'. Os autores denominam esse tipo de comportamento 'ensino de oportunidade'. Nele, os adultos tornam o manusear da presa mais fácil para os filhotes. Porém, os autores ressaltam que isso não requer um pensamento complexo e não há nele uma intenção de iluminar a ignorância de um filhote.

Os autores mostraram que essa mudança de comportamento dos adultos instrutores está relacionada com o modo como a altura (mais grave ou aguda) do pedido de comida pelos jovens do grupo, que pode chegar a 40 indivíduos, vai variando com a idade.

Os resultados parecem obedecer aos três critérios estabelecidos em 1992 sobre o que é o ensino no reino animal: 1) professores devem modificar seu comportamento apenas na presença dos alunos; 2) deve haver custo pessoal para o professor (ou, pelo menos, nenhum benefício imediato); 3) estudantes devem aprender mais rápido do que aprenderiam sem a presença do professor.

A pesquisa é resultado de muitos anos de observação dos cientistas da Universidade de Cambridge (Inglaterra). As suricatas ficaram conhecidas pelo público jovem através do personagem Timão, do desenho 'Rei Leão', que forma a dupla cômica com o javali Pumba.



CÂNCER TRANSMISSÍVEL

Uma das primeiras campanhas de TV no Brasil para o esclarecimento da população sobre o câncer dizia que essa doença não era contagiosa. Isso continua sendo verdade para humanos. Mas, para cães, a regra parece não valer mais.

Pesquisadores da Universidade College London, liderados por Robin Weiss, mostraram que um tipo de câncer é transmitido entre cães através do sexo ou do contato oral com esses tumores. A doença, que não chega a ser fatal, é hoje largamente disseminada entre esses animais no mundo. O tumor venéreo transmissível canino (TVTC), como é denominado, é a forma de câncer mais antiga conhecida.

Da análise genética do sangue de 18 cães de três continentes, bem como de tumores extraídos de 24 cachorros de quatro continentes, a equipe concluiu que a doença teve origem em um único animal, provavelmente um lobo ou cão de raça antiga, talvez asiática, que viveu entre 200 anos e 2,5 mil anos atrás. Também foi possível mostrar que as células cancerosas não têm similaridade genética com as dos animais infectados. Portanto, são células alienígenas, que formam, no organismo invadido, uma colônia parasítica - no câncer ordinário, são células do próprio indivíduo que começam a crescer sem controle. Com isso, praticamente descartase a origem viral para esse câncer canino.

Os pesquisadores supõem que o TVTC era inicialmente mais agressivo, mas perdeu virulência, para não matar suas vítimas, como cabe a um parasita bem-sucedido. Esses resultados põem em dúvida a crença de que, com o tempo, o câncer se torna mais agressivo e instável geneticamente, o que facilita seu tratamento por drogas ou o ataque do sistema imune.

Esse parece ser o segundo caso de câncer transmissível em não humanos. Ano passado, um tipo estranho dessa doença, que ataca a face, praticamente dizimou populações selvagens de diabos-da-tasmânia (Sarcophilus harrisii), na Austrália. Desde então, desconfiava-se que a doença poderia ser transmissível.

No blog Ciência em Dia (http://cienciaemdia.zip.net), há um comentário interessante sobre o assunto, datado de 13 de agosto último. O texto informa que uma das amostras para a pesquisa foi enviada pela pesquisadora brasileira Mary Suzan Varaschin, hoje na Universidade Federal de Lavras (MG).

Cell, 11/08/06

SINTONIA FINA

É quase certo que, se o recluso, tímido e solitário matemático russo Grigory 'Grisha' Perelman publicasse seu trabalho em uma revista científica, ele ganharia parte significativa de um prêmio de US\$ 1 milhão (cerca de R\$ 2,2 milhões). O problema é que ele, segundo relatos de colegas, não tem o menor interesse em fazê-lo. Perelman, tudo indica, parece mesmo ter comprovado um dos problemas matemáticos mais famosos (e difíceis) do século 20, a chamada conjectura de Poincaré, que tem a ver com a natureza de superfícies de três dimensões - o nome é uma homenagem ao matemático francês Henri Poincaré (1854-1912), que a propôs em 1904. O prêmio, equivalente ao dado pelo Nobel, vem do Instituto de Matemática Clay (Estados Unidos), que, em 2000, anunciou o prêmio para quem resolvesse cada um de uma lista de sete problemas matemáticos, que inclui a conjectura de Poincaré. Porém, as regras exigem que a prova seja publicada em uma revista científica e sobreviva a dois anos de análises por outros matemáticos. Segundo colegas de Perelman, ele não tem demonstrado nenhum interesse em enviar os trabalhos para uma revista científica. No dia 22 de agosto, Perelman foi indicado para a Medalha Fields, conhecida como o Nobel da matemática e dada a pesquisadores de menos de 40 anos de idade (este ano seria a sua última chance de ganhá-la, pois ele nasceu em 1966). Até o fechamento desta edição, porém, o matemático russo não havia se manifestado sobre a indicação, e especulava-se que poderia abrir mão da medalha, como parece estar fazendo com o dinheiro do prêmio do Instituto Clay. Para os que tiverem interesse, a prova de Perelman está em http://arxiv.org/abs/math.DG/0211159.pdf. Clicando sobre o nome dele, que aparece na parte superior da página, o leitor irá encontrar os outros artigos que formam a prova de Grisha. Logo após o primeiro anúncio, Ciência Hoje tentou um contato com Perelman para uma entrevista. Cerca de 10 minutos depois de enviada a mensagem, veio uma resposta do tipo "neste momento, o que eu menos preciso é falar com a imprensa".

Já é possível combater a malária, responsável pela morte de cerca de 1 milhão de pessoas por ano na África subsaariana, apenas ligando seu computador. O esquema é simples: basta baixar um programa, o MalariaControl.net, do sítio Africa@home (www.africaathome.org) e instalá-lo. O programa vai rodar enquanto o internauta estiver mandando um correio eletrônico ou passeando pelas páginas da rede, e os resultados serão enviados para a Universidade de Genebra (Suíça). A função do programa é simular como a malária – a maior causa de morte de crianças com menos de cinco anos no mundo - se dissemina e, a partir disso, ajudar a combatê-la e a introduzir novos tratamentos. Um teste feito com cerca de 500 voluntários foi capaz de rodar simulações equivalentes a 150 anos de trabalho de um único computador

Volunteer computing for

African humanitarian cause

comum. A iniciativa é do Centro Europeu de Pesquisas Nucleares (CERN), em Genebra, com a participação do Instituto Tropical Suíço, que desenvolveu o programa. Esse tipo de estratégia ficou famoso depois de ser usado pelo programa SETI, cujo objetivo é a busca por sinais de inteligência extraterrestre.

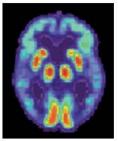
MEDICINA Droga diminui placas protéicas e aumenta cognição

PÍLULA CONTRA ALZHEIMER

Uma droga desenvolvida a partir de um medicamento usado por atletas para curar frieiras transformou-se na maior esperança no combate à doença de Alzheimer, marcada principalmente pela perda de memória. O início dos testes em voluntários humanos estava previsto para o mês passado.

Com apenas uma dose oral diária (30 microgramas por quilograma de peso corporal), a droga PBT2 – relacionada ao clioquinol (PBT1), uma substância empregada no tratamento de problemas de pele, como frieiras e dermatites, e mesmo para picada de insetos – diminuiu, em apenas 24 horas, em até 60% as placas da proteína beta-amilóide, que, suspeita-se, estejam por trás do surgimento do mal de Alzheimer, mais comum em idosos e marcado por sintomas de senilidade. Em cinco dias, os camundongos, que tinham 15 meses de idade, apresentaram recuperação de memória espacial, em testes com labirintos, sendo esse um típico sinal de elevação das funções cognitivas.

Os autores, liderados por Ashley Bush, do Instituto de Pesquisa em Saúde Mental, em Vitória (Austrália),



Tomografia de cérebro normal (esquerda) e de cérebro de portador de Alzheimer acreditam que, em quatro anos, um medicamento com base no PBT2 possa estar no mercado. Testes prévios em humanos mostraram que a droga não causa efeitos colaterais significativos. Os resultados foram apresentados em um encontro científico recente e, como Bush explicou à *Ciência Hoje*, por correio eletrônico, "os dados estão sendo preparados para publicação, mas provavelmente não serão enviados para uma revista nos próximos meses".

Camundongos não são humanos

Com base nesses primeiros resultados, Bush acredita que a droga possa não só retardar a progressão da doença, como também postergar seu surgimento. Os testes da chamada fase II, com pacientes portadores de Alzheimer, que serão realizados em conjunto com a empresa australiana de biotecnologia Prana, em Melbourne, estavam marcados para o mês passado, sendo que obedecerão ao critério de duplo-cego (estudos em que nem o pesquisador nem o paciente sabem de antemão se o examinado está tomando um princípio ativo ou uma droga inócua, o chamado placebo).

Especialistas sugerem cuidado com os primeiros resultados, pois várias 'pílulas mágicas' que prometiam tratamentos ou curas fáceis para doenças acabaram decepcionando tanto cientistas quanto pacientes. Além disso, vem o alerta óbvio que convém ser lembrado na análise de muitos resultados em pesquisa médica: homens e animais de laboratórios são diferentes, e portanto a complexidade da mesma doença em ambos pode ser também distinta.

Apresentado em 20 de julho último na 10ª Conferência Internacional sobre Doença de Alzheimer, Madri (2006)

REJEITOS RADIOATIVOS • A energia nuclear parece que, aos poucos, está saindo da penumbra em que permaneceu nas últimas décadas. Agora, uma novidade (ainda que controversa) promete retirá-la do posto de 'inimiga pública nº 1' do meio ambiente: um grupo de cientistas alemães alega ter desenvolvido um método que permitirá tornar inofensivos os rejeitos radioativos para a saúde humana e o meio ambiente em apenas algumas dezenas de anos. O método, segundo seus inventores, evitaria que esses resíduos tenham que permanecer enterrados por milhares de anos. A nova técnica consiste em encapsular o elemento radioativo no interior da estrutura de um metal e, depois, baixar a temperatura do conjunto para perto do zero absoluto (ou seja, para temperaturas próxi-

mas a 0 kelvin ou a 273 graus celsius negativos). Segundo seu idealizador, isso faria com que a taxa de emissão de radiação do tipo alfa (cada partícula alfa é formada por dois prótons e dois nêutrons) aumentasse significativamente. Por exemplo, o rádio 226 (o número representa a soma de prótons e nêutrons no núcleo) tem meia-vida de 1,6 mil anos (esse é o tempo para que a massa do rejeito caia pela metade). Porém, encapsulado e resfriado, esse tempo, segundo o autor, poderia ser reduzido para até dois anos, evitando que esse rejeito tenha de ser armazenado em condições especiais por longos períodos. Essa mesma redução, defende ele, poderia ser obtida com outros emissores de radiação alfa. A técnica, no entanto, foi recebida com ceticismo por especialistas da área.

Physics World, agosto de 2006 (ver também Journal of Physics G: Nuclear and Particle Physics, vol. 32, pp. 489-495, 2006 e The European Physical Journal A, vol. 28, pp. 251-252, 2006)

MACONHA, MODERADORES E GRAVIDEZ

Mulheres grávidas devem evitar a maconha e o rimonabant, medicamento usado em regimes para emagrecer ou no tratamento da obesidade.

Estudo feito com camundongos indica que o principal princípio ativo da maconha, o tetraidrocanabinol (THC), tem a capacidade de alterar os níveis de uma substância que é fundamental para que o embrião se desloque da trompa de Falópio, onde ocorre a fertilização, até o útero, local de sua implantação. A substância em questão é anandamida, que deve participar nas quantidades certas para que esse processo se dê sem problemas.

O THC, no entanto, tem a capacidade de se ligar aos receptores (CB1), evitando que a anandamida o faça. Com isso, os níveis desta última aumentam, o que pode ocasionar a chamada gravidez tubária, que é de risco para a mulher. Os autores, por sinal, alegam que o número desse tipo de gravidez tem aumentado muito nas últimas décadas. Uma explicação poderia ser o fato de a maconha ter se tornado a droga ilegal mais disseminada entre mulheres em idade fértil.

Em estudos anteriores, o rimonabant já deu sinais de que tem efeito semelhante, ligando-se aos mesmos receptores. O fabricante não recomenda que grávidas façam uso do medicamento.

Journal of Clinical Investigation, vol. 116, p. 2.087 (2006)

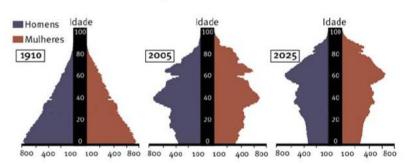
SINTONIA FINA

O presidente norte-americano George W. Bush vetou, em 19 de julho último, um projeto de lei que permitiria o uso de verbas públicas em pesquisas com células-tronco que empregam embriões disponíveis em clínicas de fertilização. Caso o projeto fosse aprovado, ele levantaria um banimento estabelecido em 2001 que passou a proibir a obtenção de novas linhagens de células-tronco embrionárias humanas (CTEH), que teoricamente podem dar origem aos vários tecidos que formam o organismo. Segundo o presidente, o projeto de lei vetado por ele ultrapassava os limites da moralidade e, por isso, ele não poderia permitir o uso de verbas federais para a destruição de vidas inocentes, pois ele defende que cada embrião humano é uma vida em potencial. O veto decepcionou não só aqueles a favor das pesquisas com CTEH, mas também membros do Partido Republicano, ao qual Bush pertence. Segundo pesquisas de opinião pública, a maioria da população é a favor desse tipo de estudo, que, segundo especialistas, pode ser um caminho rumo à cura e ao tratamento de doenças degenerativas, como as de Parkinson, Alzheimer e o diabetes. Bush, no entanto, assinou um segundo projeto que tentará inibir o tráfico de fetos e embriões para a cultura de tecidos e órgãos. Para dar um tom dramático ao momento, ele, ao anunciar o veto, cercou-se de 18 famílias cujos filhos haviam sido gerados a partir de embriões 'abandonados' em clínicas de fertilização. Os defensores das pesquisas com células-tronco embrionárias humanas prometem voltar com projeto semelhante no ano que vem e fazer do assunto um tópico importante de discussão nas eleições de novembro próximo. Bush demonstrou decepção com a rejeição no Congresso de um terceiro projeto, que encorajaria a pesquisa sobre métodos alternativos que evitem a destruição de embriões humanos em busca de células-tronco. A não aprovação foi uma estratégia política da oposição, que acreditava que o governo usaria esse projeto para diluir a repercussão do veto presidencial ao outro.

MAIS VELHO, MAIS TRABALHO • Se as idéias propostas por especialistas alemães em demografia passarem a ser aplicadas, os mais velhos devem se preparar não só para continuar trabalhando, mas também para terem sua carga de horas semanais aumentada. Em resumo: quanto mais velho, mais trabalho. Isso, segundo os autores, permitiria reduzir o tempo de trabalho dos mais jovens, principalmente no período em que eles devem cuidar dos filhos (para os autores, esse excesso de horas trabalhadas entre a população mais jovem poderia explicar as baixas taxas de natalidade nos países desenvolvidos). Também ajudaria em parte a equacionar os problemas econômicos decorrentes do envelhecimento da população (figura), como um possível colapso do sistema previdenciário. Com a prorrogação da aposentadoria, não haveria necessidade de se transferir tanto dinheiro dos impostos

para os inativos, e essas verbas poderiam ser usadas em áreas como educação e saúde. Além disso, com menos aposentados para serem pagos pela previdência, o valor dos impostos poderia baixar. Hoje, na Alemanha, segundo os autores, há cinco inativos para cada grupo de quatro trabalhadores. Essa razão (1,25) pode se elevar para 1,5 (3/2) por volta de 2025. Uma discussão mais aprofundada, incluindo o caso brasileiro, está em *Ciência Hoje On-line* (http://cienciahoje.uol.com.br/53933). *Science*, 30/06/06

Pirâmides populacionais para a Alemanha (número de indivíduos, embaixo, em milhares). Os dados relativos a 1910 espelham a forma de uma pirâmide, com muitas crianças e poucos idosos. Mas, em 2005, já havia uma 'protuberância' de adultos com cerca de 40 anos de idade, que se deslocará para a faixa de 60 anos por volta de 2025



TOXICOLOGIA

VILÃO DO CHOQUE ANAFILÁTICO

Já se desconfiava que o óxido nitroso (NO) teria papel no choque anafilático, uma reação alérgica extrema que causa disfunção respiratória, inchaço da garganta, do pescoço e da face e, se não tratada a tempo, pode levar à morte.

Um experimento que tinha como objetivo comprovar a ação dessa substância obteve sucesso. Mas o interessante do estudo veio inesperadamente. Até agora, os especialistas assumiam que o vilão por trás do choque anafilático era uma proteína denominada iNOS (sigla inglesa para algo como enzima indutora de óxido nitroso). Mas, para a surpresa da equipe, liderada por Peter Brouckaert, do Instituto Interuniversitário de Biotecnologia, em Ghent (Bélgica), o verdadeiro responsável pelo choque é a eNOS (enzima epitelial produtora de óxido nitroso), que, até então, se acreditava produzir apenas pequenas quantidades de NO para regular variações da pressão sangüínea.

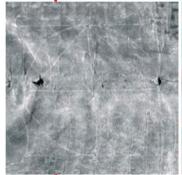
Os autores conseguiram prevenir choques anafiláticos em camundongos com o uso de substâncias que bloqueiam a ação do óxido nitroso. No entanto, eles ressaltam que bloqueadores de NO não podem ser usados no tratamento dessa condição, pois a ação deles é muito lenta no organismo, o que poderia custar a vida do paciente. Porém, eles sugerem que pacientes alérgicos a anestesia, a antibióticos ou ao látex, por exemplo, poderiam ser previamente tratados com bloqueadores de NO, para evitar um choque anafilático em uma cirurgia.

Resta agora saber, como alertou um crítico, se a condição de choque anafilático induzida nos camundongos através de injeções, como ocorreu na pesquisa, é semelhante à reação alérgica em humanos.

A anafilaxia é causada, por exemplo, pela ingestão de alguns alimentos (os mais comuns sendo amendoim, mariscos etc.), látex, antibióticos (penicilina etc.), picadas de insetos (abelhas, marimbondos etc.). Em geral, essa condição é tratada com anti-histamínicos, mas, em casos mais graves, o paciente deve receber adrenalina, que contrai os vasos sangüíneos e aumenta a taxa de batimento cardíaco. *Journal of Clinical Investigation*, vol. 116, pp. 2.244-2.251 (2006)

SINTONIA FINA

A física deu no último mês uma contribuição inestimável para a história: textos escritos pelo matemático grego Arquimedes (287?-212 a.C.) foram revelados sob a tinta de um livro de rezas medieval. Os escritos vieram à luz graças a um feixe extremamente fino de raios X gerado pelo Laboratório de Radiação Síncrotron de Stanford, na Califórnia (Estados Unidos). Ao todo, o livro, com 174 páginas, descoberto ainda em 1906, contém sete tratados. O método com radiação síncrotron o Brasil tem um laboratório semelhante, em Campinas (SP) - já foi capaz de revelar um desenho geométrico desconhecido, bem como passagens perdidas dos tratados. A técnica abre caminho para que outros palimpsestos sejam estudados desse modo. O feixe é capaz de excitar os átomos de cálcio e ferro presentes na tinta usada por um escriba do século 10 para copiar os textos de Arquimedes. Cerca de 300 anos mais tarde, a tinta foi raspada, e as páginas, feitas de pele de cabra, foram usadas para a inscrição de preces da igreja católica ortodoxa. Arquimedes ficou famoso pelo grito de "Eureka" (Achei!), quando percebeu que podia medir o volume dos corpos através da água que eles deslocam em um recipiente. Mais detalhes sobre o projeto, em www.archimedespalimpsest.org.





THE OWNER OF THE ARCHIMEDES PALIMPSEST

Figura geométrica revelada pela técnica de raios X (esquerda) e aspecto da página do livro de rezas na qual a mesma figura aparecia parcialmente revelada por outro método

Cássio Leite Vieira

Ciência Hoje/RJ

FONTES: SCIENCE, NATURE, NATURE MEDICINE, NATURE BIOTECHNOLOGY, NATURE GENETICS, NATURE IMMUNOLOGY, NATURE NEWROSCIENCE, NATURE IMMUNOLOGY, NATURE NEWROSCIENCE, NATURE MATURE MATERIALS, GENE THERAPY, PHYSICS NEW UPDATE (THE AMERICAN) RESTUTE OF PHYSICS), PHYSICAL SEVIEW POOUS (GMERICAN 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, MATURE, NEW SCIENTIST, NANOTECHWEB NEWS ALERT, FOLHA DES. PAULO, AGENCIA FARESP, CELL PRESS, CHANDRA DIGEST, ASTROPHYSICAL JOURNALS, GRAVITY PROBE B UPDATE, INTERACTIONS NEWS WIRE, MEDICAL NEWS TODAY, ALPHAGALILEU, ROYAL SOCIETY LATEST UPDATE, SCIDEV. NET, UNIVERSO FÍSICO, SCIDEV. NET WEEKLY UPDATE

Pajelança no consultório

Franklin Rumjanek

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



que faz com que, hoje, um(a) médico(a) se especialize em homeopatia? O fato de negar a ciência? Já é antiga a polêmica sobre esse método não convencional de tratar as mais variadas patologias, que vão desde a asma até o câncer. Isso tudo baseado em premissas que contrariam todos os princípios estabelecidos pela ciência. Resumidamente, a homeopatia, enunciada por Hipócrates há quase 2.500 anos e estruturada pelo médico alemão Christian Friedrich Samuel Hanneman (1755-1843), tem como base a cura pela similitude. Isso significa tratar as doenças com substâncias que reproduzem em pessoas sadias sintomas semelhantes àqueles observados nos indivíduos doentes. Deve-se, por exemplo, tratar a dor de cabeça com algo que produza dor de cabeça.

Por si só, essa estratégia já atropela a lógica, mas a coisa não pára aí. Para obter efeito, os compostos ativos têm que ser submetidos a diluições tão grandes (chamadas de dinamizações, nas quais agitamse vigorosamente as soluções diluídas sobre uma pequena almofada) que praticamente são eliminados da solução. Para explicar esse paradoxo, os homeopatas argumentam que a dinamização produz aquilo que chamam de memória da água. Em outras palavras, o solvente preservaria em si um legado do composto originalmente empregado na solução. Essa memória bastaria para conferir ao solvente propriedades curativas. Aqui, novamente, a incompatibilidade com a química é total.

Embora o debate sobre a homeopatia não seja novo, alguns pesquisadores decidiram colocar um ponto final na questão. Em um estudo bastante abrangente, publicado em 2005 na The Lancet (v. 366, p. 726), respeitada revista sobre pesquisas médicas, Aijing Shang (da Universidade de Berna, na Suíca) e colaboradores compararam 110 ensaios homeopáticos com outros 110 alopáticos. O tratamento alopático, adotado pela medicina convencional, é o oposto do homeopático - ou seja, as drogas ministradas produzem efeitos contrários aos da doença. Esse trabalho mostrou que o tratamento por homeopatia só alcança sucesso porque seus resultados positivos são consequência de viés (erro sistemático e vício) em sua interpretação. Por outro lado, os autores concluíram que o tratamento alopático é menos susceptível ao viés subjetivo de quem o aplica, ou seja, os resultados são interpretados mais objetivamente. Em outras palavras, quando o viés interpretativo era eliminado, o tratamento homeopático tinha apenas efeito placebo. Esse estudo foi tão contundente que o editorial da *The Lancet*, na mesma edição, anunciou a morte da homeopatia.

Entretanto, um ano depois, a homeopatia parece continuar 'forte e sacudida' (literalmente). A maior parte dos defensores da homeopatia provavelmente optou por ignorar o estudo. Alguns partidários mais articulados chegaram a publicar textos criticando-o,

A forte presença da homeopatia no Brasil acabou por convencer o Sistema Único de Saúde (SUS) de sua utilidade. É a sagração do disparate

mas usaram argumentos tão convolutos, circulares e enviesados quanto aqueles que empregam na análise de seus próprios resultados. Uma pesquisa sobre homeopatia na página do Centro Nacional para a Informação em Biotecnologia (NCBI, na sigla em inglês), um portal de busca dedicado a publicações da área biomédica, revela 3.287 ocorrências, das quais 85 referem-se a publicações em 2006. Outra busca na rede mostra que a homeopatia conta com 169 periódicos dedicados a ela - no portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), há pelo menos uma revista citada. No Brasil a homeopatia vai bem. Segundo a Associação Médica Homeopática Brasileira, o Brasil hospeda hoje o maior número de médicos homeopatas do mundo e também contribui significativamente para sua formação. Instituições de ensino tradicionais (por exemplo, a Universidade de São Paulo) abrigam cursos de homeopatia em sua Faculdade de Medicina. Essa forte presença da homeopatia no Brasil acabou por convencer o Sistema Único de Saúde (SUS) de sua utilidade. É a sagração do disparate. Resta saber agora se esse precedente abrirá o caminho para outras pérolas da medicina alternativa, como cromoterapia, florais de Bach, aromaterapia e bioenergética.

O CAMPO GEOMAGN

O campo magnético que medimos na superfície da Terra sofre variações com períodos típicos que vão de milissegundos (intervalo tão pequeno quanto o tempo que um neurônio de nosso cérebro demora entre dois disparos elétricos consecutivos) até dezenas de milhões de anos (tão grande quanto o tempo em que existiram algumas espécies de dinossauros na Terra). Entre as variações com períodos curtos, as mais violentas são as chamadas tempestades magnéticas, que afetam seriamente as transmissões de rádio e televisão, deixam países inteiros sem fornecimento de eletricidade e, segundo evidências, aumentam o número de ataques cardíacos.

Porém, os fenômenos mais dramáticos do comportamento do campo geomagnético são as chamadas reversões, nas quais os pólos do 'ímã' terrestre trocam de hemisfério. Nesses eventos, a 'blindagem magnética' da Terra fica reduzida, resultando em um bombardeamento mais intenso da radiação espacial. Esses aumentos do fluxo de raios cósmicos sobre o planeta podem ter interferido nos ciclos de vida.

Andrés R. R. Papa

Coordenação de Geofísica, Observatório Nacional (RJ), e Instituto de Física, Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Cosme F. Ponte-Neto

Coordenação de Geofísica, Observatório Nacional (RJ)



Surpresas em curto e longo prazos

Os chamados sistemas de limiar incluem sistemas físicos, biológicos, químicos e sociais, entre outros. A primeira vista, parecem totalmente diferentes entre si. Porém, há características comuns a todos eles: seus elementos são capazes de acumular energia até certo valor máximo (valor limiar). Mas, quando a energia acumulada em um de seus elementos constituintes ultrapassa o limiar, ela é liberada parcialmente para elementos vizinhos e parcialmente para fora do sistema.

> Com a energia recebida, é possível que a energia de alguns elementos vizinhos também ultrapasse o limiar, gerando uma nova liberação. E assim por diante. Desse modo, um único elemento pode iniciar uma reacão em cadeia que só se deterá quando a energia em todos os elementos esteja abaixo do limiar. Essa reação é chamada avalanche, em analogia ao desmoronamento das pilhas de areia e das montanhas de neve.

> O conceito de sistema de limiar pode parecer abstrato. Porém, há, em nosso cotidiano, exemplos simples. Suponha que coloquemos um pequeno bloco de madeira sobre uma superfície plana e que o acoplemos a uma mola. Se começarmos a esticar a mola, o bloco permanecerá em repouso até que a força elástica acumulada na mola supere a força de atrito estático entre o bloco e a superfície. Nesse momento, o bloco entrará em movimento. Pouco depois, ele se deterá e, se voltarmos a esticar a mola, entrará em movimento novamente, e assim por diante. Nesse caso, o atrito estático desempenha o papel de limiar.

> A energia liberada para fora do sistema (já que, nesse exemplo, temos um só elemento, ou seja, o bloco) é formada pela energia térmica (devida ao atrito entre o bloco e a superfície) e a energia sonora (o barulho que o bloco faz ao deslizar sobre a superfície). Vale acrescentar que modelos utilizando sistemas de muitos blocos e molas têm servido para explicar certas características dos terremotos.

O campo geomagnético protege o planeta do constante bombadeio de partículas do vento e das tormentas solares

De grão em grão... avalanche

Outra característica dos sistemas de limiar é a chamada criticalidade auto-organizada. Ela é a tendência desses sistemas de rumar para um estado caracterizado por existirem nele surtos de atividade de todos os tamanhos possíveis.

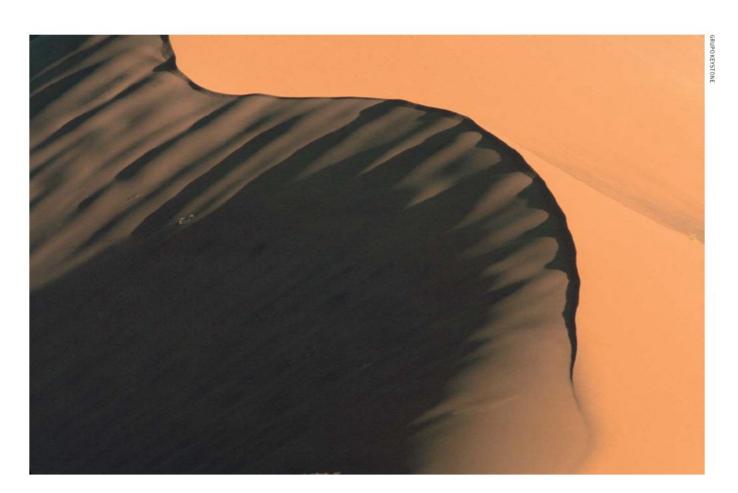
Para ilustrar esta última frase, consideremos uma pilha de areia que alcançou o estado crítico (um exemplo, também, de sistema criticamente autoorganizado). Se jogarmos um só grão de areia na pilha, poderá acontecer que: i) apenas ele e uns poucos saiam pela borda da pilha (pequena avalanche); ii) muitos saiam de uma só vez (grande avalanche). Como exemplo, suponhamos que, após jogarmos muitos grãos, para cada 100 avalanches compostas por um grão, aconteceram 10 avalanches compostas por 10 grãos e uma avalanche composta por 100 grãos (juntamente com muitas outras avalanches, de todos os tamanhos intermediários).

O interessante em sistemas criticamente autoorganizados é que essas quantidades seguem uma lei matemática cuja forma é chamada lei de potência. A equação tem uma forma simples: $f(x)=k.x^d$, onde, em nosso exemplo anterior sobre pilhas de areia, x é o número de grãos em uma avalanche; f(x) é o número de avalanches com x grãos; k é uma constante de proporcionalidade; e d é o expoente (daí o nome de lei de potência).

Na linguagem da área de estatística, f(x) é chamada distribuição de frequências. No exemplo de nossa pilha de areia, d=1 (mas isso não significa que seja o valor apropriado para pilhas reais).

Há dois procedimentos normais para o estudo e a caracterização dos sistemas de limiar: i) analisar a distribuição de freqüências da duração (ou da intensidade) nos períodos de grande atividade (no exemplo de muitos blocos ligados por molas, vários deles se movimentando ao mesmo tempo); ii) analisar a distribuição de freqüência entre dois períodos consecutivos de grande atividade para um elemento do sistema (no mesmo exemplo, o tempo entre dois movimentos consecutivos de um mesmo bloco).

Para definir se um período é de grande atividade ou calmo, estabelece-se normalmente um patamar: acima dele, o período é classificado como de grande atividade; abaixo dele, como calmo. Não há como saber antecipadamente o valor apropriado



Dunas ou mesmo pilhas de areia menos volumosas são exemplos de sistemas criticamente auto-organizados. Nelas, um simples grão de areia pode provocar uma avalanche de grandes proporções

desse patamar: sua escolha depende da intuição do pesquisador e da presença de leis de potências.

Esse tipo de comportamento (a criticalidade auto-organizada) tem sido encontrado em sistemas muito diferentes entre si: na freqüência dos terremotos, na luminosidade de algumas galáxias e até no comportamento dos neurônios no cérebro (ver 'Avalanches no cérebro', em *CH* nº 135). Como veremos aqui, parece estar presente também no comportamento do campo geomagnético.

Direção, sentido e intensidade

O campo magnético é uma grandeza vetorial, isto é, para especificá-lo completamente são necessárias três grandezas: a direção, o sentido e a intensidade. Uma grandeza vetorial mais familiar é a velocidade. Assim, por exemplo, dizemos que vamos na direção Rio de Janeiro - São Paulo (esta é a direção, ou seja, a linha reta que une os dois pontos), no sentido de Rio de Janeiro para São Paulo (esse é o sentido; note que ele poderia ser o oposto, ou seja, de São Paulo para o Rio), a 100 km/h (a intensidade). Isso nos permite calcular que demoraremos cerca de cinco horas, pois a distância entre essas duas cidades é de aproximadamente 500 km. Note que, se disséssemos apenas que estamos a 100 km/h, não saberíamos para onde estaríamos indo. Por outro lado, se afirmássemos exclusivamente que vamos do Rio de Janeiro para São Paulo, não poderíamos dizer quando chegaríamos.

No estudo do geomagnetismo, o campo magnético usualmente é caracterizado pelo vetor indução magnética, conhecido como vetor B. No Sistema Internacional (SI), a unidade de medida do vetor B é o tesla (T) – homenagem ao cientista croata Nikola Tesla (1856-1943), inventor, por exemplo, do gerador de corrente alternada.

O tesla é muito grande (cerca de 50 mil vezes o campo magnético atual da Terra). O campo magnético mais intenso que o homem tem conseguido produzir em laboratório de forma contínua é de aproximadamente 35 T. Trabalhando em forma pulsada (pequenos intervalos de tempo), chega-se de 60 T a 75 T. Nos pulsos magnéticos destrutivos (chamados assim porque no processo são destruídos os próprios eletroímãs que produzem o campo), o valor tem chegado a 850 T. Por isso, é costume usar submúltiplos dessa quantidade. Por exemplo, 0,001 T = 1 militesla; 0,000001 T = 1 microtesla e 0,000000001 = 1 nanotesla. Todas as medições neste artigo estarão em nanotesla (nT).

Instrumentos e rochas

São diversas as causas das variações no campo geomagnético. Podemos dizer, grosso modo, que aquelas que apresentam períodos típicos entre milissegundos e dezenas de anos são originadas por fenômenos no Sol e na atmosfera terrestre. Nesses casos, a amplitude das variações é pequena, da ordem de centenas de nanotesla. Já aquelas com períodos típicos de centenas de anos até dezenas de milhões de anos são produzidas por fenômenos no interior da Terra (e a amplitude é bem maior, atingindo até 40 mil nT).

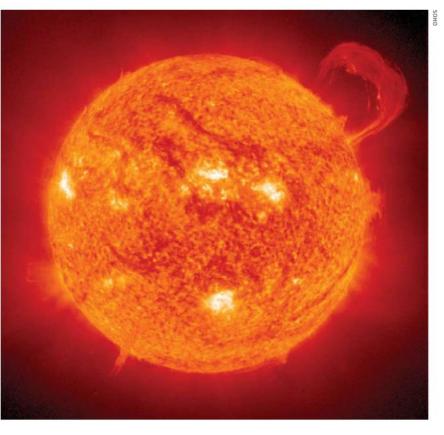
O campo magnético medido na superfície da Terra é a superposição dos campos gerados por todas essas fontes. Por isso, se quisermos estudar as grandes variações, teremos de ignorar as pequenas variações e vice-versa.

As variações de pequenos períodos de tempo (que vão de segundos até vários anos) são medidas com instrumentos que registram diretamente o campo magnético (magnetômetros). Para períodos maiores (de centenas de anos a dezenas de milhões de anos), as variações são obtidas por medições indiretas, resultantes do estudo da magnetização das rochas. Essa área da geofísica é chamada paleomagnetismo (que significa magnetismo antigo das rochas).

É surpreendente que esses dois tipos de medições, de campos magnéticos gerados por fontes bastante diferenciadas, apresentem características de sistemas de limiar.

Tempestades magnéticas

O campo magnético que medimos na superfície da Terra é o resultado de contribuições de várias fontes. Algumas delas têm variações com períodos típicos tão grandes que, quando comparadas a intervalos de horas ou dias, podem ser consideradas constantes (ou seja, que não mudam com o passar do tempo). Entre elas, podemos mencionar a contribuição de correntes internas na Terra. Outras têm períodos mais curtos e são ocasionadas, como dissemos, por fenômenos no Sol e na atmosfera terrestre. Entre as que mais chamam a atenção, está a variação diurna, que se deve à ação direta do Sol e que tem período de aproximadamente 24 horas.

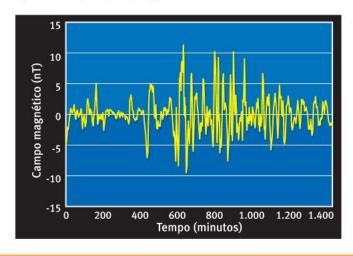


Erupções solares se elevam da coroa solar em imagem feita em 14 de setembro de 1999 pelo Observatório Solar e Heliosférico (SOHO), uma cooperação internacional da Agência Espacial Norte-americana (Nasa) e a Agência Espacial Européia

Entre as variações com períodos curtos, as mais violentas são as chamadas tempestades magnéticas. Elas são períodos de até dois ou três dias nos quais o campo magnético apresenta variações muito rápidas que conseguem afetar seriamente as transmissões de rádio e televisão. Há evidências de que, nas tormentas magnéticas, há maior ocorrência de ataques cardíacos. Em 1989, a região de Quebec (Canadá) ficou completamente sem fornecimento de energia elétrica por mais de nove horas, devido a uma forte tempestade magnética. Esse também foi o caso, em novembro de 2003, na Suécia, para aproximadamente 50 mil pessoas por um curto período de tempo. Por isso, seria muito interessante se existissem métodos de prevê-las com suficiente antecedência.

VARIAÇÕES RÁPIDAS DO CAMPO GEOMAGNÉTICO

Depois de eliminadas as influências indesejáveis, as medições do campo geomagnético apresentam a forma mostrada na figura 1, que utilizaremos para nosso estudo. Nesse caso, as influências indesejáveis são fundamentalmente as variações com períodos de 24 horas devidas à rotação da Terra e o campo magnético 'constante' produzido pelo próprio planeta.



Na figura 2A, vemos a distribuição de valores absolutos do campo magnético para outubro de 2000. Na figura 2B, exibimos a distribuição dos períodos de calma consecutiva. Para confeccionar a figura 2B, foi adotado como patamar o valor 1 nT (acima de 1 nT é considerado período de grande atividade; abaixo, de calma).

As figuras 2A e 2B estão representadas nos chamados gráficos log-log. Esse tipo de gráfico é conveniente nesse caso, pois, se os dados respeitam uma lei de potência (ou seja, uma equação similar àquela apresentada no início deste artigo), os gráficos aparecerão como linhas retas.

Figura 1. Medições feitas no Observatório Magnético de Vassouras (RJ), que pertence ao Observatório Nacional. Depois de eliminar os valores indesejáveis, obtém-se o sinal apresentado, no qual se vêem os valores do campo magnético – em nanotesla (nT) – em função do tempo transcorrido no dia 14 de outubro de 2000 (24 horas = 1.440 minutos)

Mas, como no caso dos terremotos e de outros eventos catastróficos que afetam as atividades humanas ou até a própria vida, não existem métodos que permitam essa previsão. Dizer quando irá acontecer um fenômeno e qual será sua intensidade é impossível em sistemas que exibem criticalidade auto-organizada. O método aqui apresentado – ou seja, estudar as inclinações das distribuições de freqüência e suas variações (ver 'Variações rápidas do campo geomagnético') - pode ser um possível caminho para a previsão probabilística de tormentas magnéticas (isto é, para fornecer a probabilidade de que um fenômeno de certa intensidade aconteça em um determinado período de tempo). Alguns trabalhos com esse objetivo estão sendo desenvolvidos.

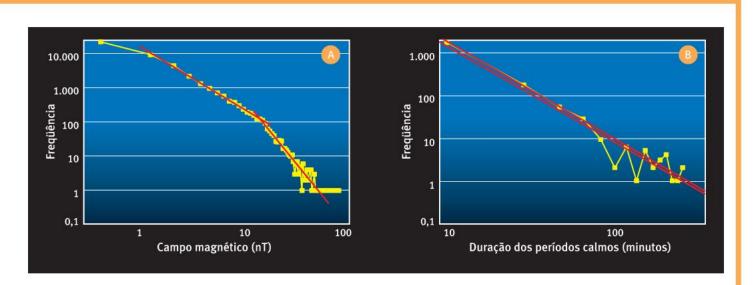
Inversão de polaridade

Os fenômenos mais dramáticos do comportamento do campo magnético da Terra são as chamadas reversões, nas quais os pólos do campo magnético trocam de hemisfério (isto é, se antes de uma reversão, o campo magnético aponta do pólo Norte para o pólo Sul, depois dela ele apontará do pólo Sul para o pólo Norte).

O tempo que o campo magnético leva para sofrer uma reversão é, em média, de aproximadamente 5 mil anos. Esse tempo é, geologicamente falando, muito pequeno. Ele também é pequeno se comparado com o tempo mínimo no qual o campo magnético se mantém apontando na mesma direção (cerca de 10 mil anos). Por isso, as reversões podem ser consideradas instantâneas na escala do tempo geológico.

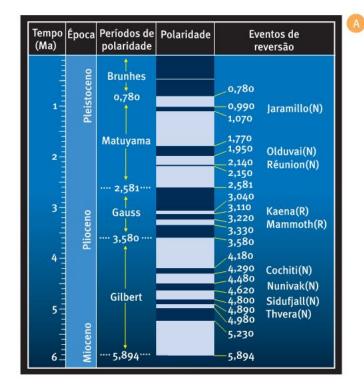
A duração dessas reversões pode ser medida pelo estudo da magnetização das rochas, na época em que estas se formaram – porém, é fundamental que as rochas escolhidas tenham se formado em um processo de reversão do campo. Essas medições são bem mais complicadas de serem feitas que as realizadas para o campo geomagnético atual e, na maioria dos casos, conseguem apenas dizer a direção que o campo teve, mas não a sua intensidade.

Da mesma forma em que o tesla é muito grande, unidades de tempo como o segundo e até o ano são muito pequenas quando falamos em fenômenos geológicos. Por isso, se usa como unidade de tempo o megaano, que é igual a 1 milhão de anos e tem como símbolo Ma.



Um resumo do que foi apresentado neste boxe é o seguinte: como pode ser visto nos dois gráficos, todas as distribuições seguem leis de potência. Porém, isso não demonstra que a fonte para esse campo magnético seja um sistema de limiar (pois existem outras formas de obter leis de potências). Contudo, as distribuições são consistentes com um sistema de limiar. Nosso grupo já está realizando mais estudos para tentar comprovar essa hipótese.

Figura 2. Em A, distribuições de freqüências para a intensidade do campo magnético, em nanotesla (nT), calculada sobre os 31 dias de outubro de 2000. Em B, distribuições para os períodos calmos também para outubro de 2000



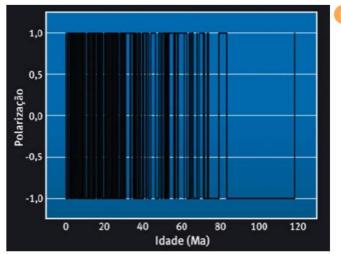


Figura 3. Em A, escala das reversões do campo geomagnético para os últimos 6 milhões de anos (ou 6 Ma). As faixas escuras representam os períodos nos quais a polaridade do campo era a mesma do campo atual (ou 'polaridade normal'). As faixas claras - 'polaridade reversa (R)' - correspondem aos períodos em que a polaridade do campo era contrária à atual. A coluna 'Períodos de polaridade'representa os intervalos nos quais uma das polaridades foi predominante (esses intervalos recebem nomes de pesquisadores importantes do geomagnetismo). A coluna 'Eventos de reversão' indica os instantes, no tempo geológico, em que ocorreram as reversões. Esses eventos recebem o nome dos locais onde os registros dessas reversões foram descobertos. Os números ao lado dos nomes representam, em milhões de anos (Ma), as épocas das reversões. Em B, seqüência de reversões registradas do campo magnético terrestre nos últimos 120 Ma (milhões de anos). As bandas pretas verticais são conjuntos de reversões muito próximas umas das outras

Há registros de reversões em rochas relacionadas a toda a história geológica da Terra (aproximadamente, 4,2 bilhões de anos), mas a intensidade do campo é conhecida, em escala global, somente até aproximadamente 5 Ma. Por isso, as figuras 3A e 3B (onde estão representadas, respectivamente, as reversões de hoje até 6 Ma e 120 Ma atrás) apenas tomam os valores branco e preto, bem como 1 e -1, para representar que mudou de direção (ver 'Pedaços da mesma distribuição').

PEDAÇOS DA MESMA DISTRIBUIÇÃO

Uma das bases da teoria da criticalidade auto-organizada é que os fenômenos que levam aos menores eventos são os mesmos que ocasionam os grandes eventos. Ou seja, despejar um único grão em uma pilha de areia pode causar tanto o deslocamento de poucos grãos quanto uma avalanche de grandes proporções.

Nota-se, na figura 3B, que as reversões foram muito mais freqüentes de 40 Ma até agora do que entre 80 Ma e 40 Ma. Ao redor de 40 Ma atrás, aconteceram mudanças importantes na tectônica do planeta (por exemplo, o arquipélago havaiano mu-

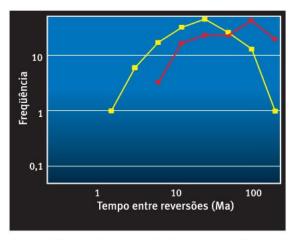


Figura 4. Distribuições dos períodos entre reversões consecutivas, de nossos dias até 40 milhões de anos atrás (amarelo) e de 40 milhões até 80 milhões de anos atrás (vermelho)

Bombardeamento, blindagem e vida

O estudo do mecanismo das reversões pode contribuir para o esclarecimento de processos importantes na evolução da Terra, desde a dinâmica interna do planeta até processos que envolvem a evolução dos seres vivos.

A Terra é continuamente bombardeada por par-

tículas carregadas vindas principalmente do Sol. Grandes fluxos dessas partículas são incompatíveis com a vida. Felizmente, poucas delas chegam à superfície da Terra por serem desviadas pelo campo geomagnético. Mas sabemos que, nas reversões, a intensidade do campo cai drasticamente, o que resulta em um bombardeamento mais intenso, uma vez que a 'blindagem magnética' da Terra fica reduzida. Esses aumentos do fluxo de partículas podem também ter interferido nos ciclos de vida do planeta.

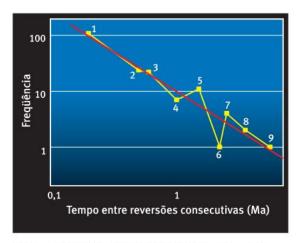


Figura 5. Distribuições de freqüência para os períodos de zero Ma a 40 Ma e de 40 Ma a 80 Ma. Os pontos de números 1, 3, 4 e 6 pertencem ao período de zero Ma a 40 Ma. Os pontos com números 2, 5, 7, 8 e 9 pertencem ao período de 40 Ma a 80 Ma

dou sua direção de crescimento). Por isso, estudamos inicialmente, em separado, ambos os períodos. Contudo, é de se esperar (pois os dois foram produzidos pelo ímã terrestre) que os períodos com idades de 80 Ma até 40 Ma, bem como de 40 Ma até a atualidade, pertençam à mesma distribuição de freqüência. Para tentar esclarecer esse ponto, fizemos alguns testes, como os descritos a seguir.

O primeiro teste consiste em saber se as duas direções ocorrem aleatoriamente, isto é, se nenhuma delas é favorecida em detrimento da outra. Os dados foram testados através de métodos estatísticos, e a conclusão foi a de que não existe uma direção preferencial.

Quando lançamos uma moeda, por exemplo, mil vezes, dificilmente acontecerá que nos primeiros 500

lançamentos saia cara e nos seguintes 500 coroa. Também será muito improvável que os resultados se alternem nos mil lançamentos. O segundo teste consistiu em demonstrar estatisticamente que as reversões não são aleatórias, na forma em que o lançamento de moedas o é.

O terceiro e último teste consistiu em construir os gráficos em escala log-log das distribuições de freqüência para os dois períodos de tempo (figura 4). Ao mesmo tempo, foi utilizado um agrupamento de dados (chamado intervalos logarítmicos) que permite conglomerar, por classes, diferentes grupos de dados. Podemos notar que ambas apresentam distribuições na mesma forma de sino, porém deslocadas uma da outra. Isto é, se a distribuição obedece a uma lei de potência (como a equação que descrevemos no início deste artigo), então elas representam pedaços diferentes de uma única distribuição de freqüências e, portanto, poderemos representar ambas em um único gráfico.

A figura 5, também em escala log-log, apresenta a distribuição dos intervalos entre reversões consecutivas para os dois períodos (ou seja, de 80 Ma até 40 Ma e de 40 Ma até hoje). Como pode ser visto, ela segue uma lei de potência. A inclinação da linha reta na figura 5 tem um valor de -1,42 (valor que se afasta cerca de 15% daqueles encontrados por outros pesquisadores, sem levar em conta nossas considerações).

Sabe-se que há períodos menores de reversões que ainda não foram registrados. Mas, à medida que os avanços tecnológicos o permitirem, os registros serão cada vez mais completos, bem como os gráficos similares ao apresentado na figura 5.

SUGESTÕES PARA LEITURA

ALLÈGRE, C. A Espuma da Terra (ed. Gradiva. Lisboa, 1988) PAPA, A. R. R.; BARRETO, L. M .: SEIXAS. N. A. B. 'Statistical Study of Magnetic Disturbances at the Earth's Surface' in Journal of Atmospheric and Solar Terrestrial Physicsvol. 68, pp. 930-936, 2006 TEIXEIRA, W.; DE TOLEDO, M. C. M.; FAIRCHILD, T. R.: TAIOLI, F. (orgs). Decifrando a Terra, cap. 4 (Oficina de Textos, São Paulo, 2001) PONTE-NETO, C. F.; PAPA, A. R. R. 'On the Time Distribution of Reversals in Earth's Magnetic Field' in Physics

Na internet (em português): http://www. telescopiosnaescola. pro.br/ceu1/ geofisica/deriva.pdf

of the Earth

and Planetary

Disponívelem

arXiv:physics/ 0602122.

Interiors (2006, submetido).

Motores moleculares

Uma célula pode ser comparada a uma cidade, com seus diferentes moradores e atividades. Na 'cidade' da célula, organelas precisam ir aos mais variados locais para realizar suas funções, e vesículas são deslocadas de um lado a outro. Nada é estático. Mas como esse movimento constante acontece?

Os responsáveis por mover todas essas 'peças' e levá-las a seus destinos têm sido o foco de muitos estudos científicos nas últimas décadas: são os motores moleculares.

Hugo Christiano Soares Melo, Rogério Freitas Lacerda, Decivaldo dos Santos Dias (doutorando) e Gabriel Costa Nunes da Cruz (doutorando) Instituto de Genética e Bioquímica, Universidade Federal de Uberlândia (MG)

Os rascunhos do desenho 'Estudo de um cavalo empinando', de meados

de 1500, revelam que o famoso artista e cientista italiano Leonardo da Vinci (1452-1519) já tentava encontrar a essência da força muscular. Mas será que os segredos moleculares dessa força passaram por sua mente astuciosa? Mesmo hoje, com um conhecimento científico não imaginado naquela época, ainda temos humildade para afirmar que não sabemos de tudo. Sabemos, porém, que a chave do movimento muscular, capaz de gerar força suficiente para um ser humano levantar um peso de mais de 260 kg acima de sua cabeça ou percorrer uma distância de 100 m em menos de 10 segundos, cabe à miosina, carro-chefe de uma grande família de proteínas conhecidas como 'motores moleculares'.

Esses motores são máquinas biológicas notáveis, que respondem pela maioria das formas de movimento que ocorrem no mundo celular: atuam não só na contração das fibras musculares, mas também na locomoção das células, no transporte de variadas

cargas no citoplasma e na divisão celular. E ainda, quando combinados com outros processos, permitem ao organismo como um todo (seja o de um inseto ou de um grande mamífero) se mover. A ação de motores moleculares foi visualizada pela primeira vez no final do século 18, quando o padre e microscopista italiano Bonaventura Corti (1729-1813) observou movimentos internos em células de uma alga do gênero *Chara* (algas verdes que aparentam ter caules e folhas, semelhantes a certas plantas aquáticas).

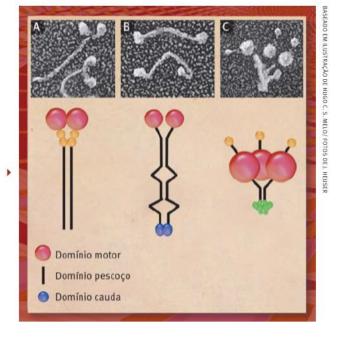
Os motores moleculares são divididos pelos cientistas em diferentes tipos (ou famílias) baseados em sua função e em sua estrutura. As três famílias principais são as miosinas, as cinesinas e as dineínas, e cada uma delas se subdivide em várias classes (figura 1). Já foram identificadas pelo menos 20 classes de miosinas, 10 classes de cinesinas e duas classes de dineínas, e algumas dessas subdivisões incluem dezenas de proteínas distintas – detalhes sobre es-



sas classes podem ser vistos nas páginas eletrônicas www.mrc-lmb.cam.ac.uk/myosin/myosin.html (para as miosinas) e www.proweb.org/kinesin/ (para as cinesinas). Os fungos unicelulares conhecidos como leveduras, por exemplo, em geral carregam em seus genes a informação para produzir seis cinesinas, cinco miosinas e uma dineína, enquanto os mamíferos são capazes de produzir mais de 40 cinesinas, 40 miosinas e mais de uma dezena de dineínas.

Os motores moleculares podem ser definidos como proteínas que convertem energia química em 🕨

Figura 1. Estrutura dos motores moleculares miosina II (A), cinesina convencional (B) e dineína ciliar (C).
As imagens (acima, em eletromicrografia de alta resolução) mostram moléculas individuais congeladas, e os esquemas indicam as partes da estrutura dessas proteínas: domínio motor ou 'cabeça', proteínas associadas, domínio 'pescoço' (barras paralelas, em espiral nas moléculas) e domínio cauda



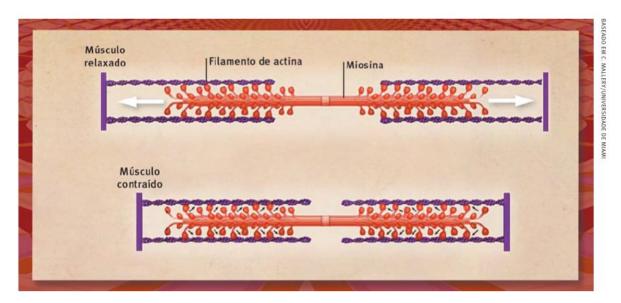


Figura 2. Na contração muscular, as moléculas de miosina ligam-se ao filamento de actina (pelo domínio motor) e às fibras musculares (pelo domínio 'cauda') e, usando a energia fornecida pela quebra do trifosfato de adenosina (ATP), mudam sua posição, provocando o deslocamento de ambas e contraindo o músculo

energia mecânica e a utilizam para modificar sua conformação estrutural (seu 'desenho' tridimensional) e, com isso, 'andar' ao longo de proteínas filamentosas que servem como 'trilhos'. Esse movimento é feito em passos nanométricos (1 nanômetro é igual a um milionésimo do milímetro). Esses trilhos formam, na célula, uma complexa rede interna de sustentação conhecida como citoesqueleto, que exibe três tipos: um composto por filamentos da proteína actina, outro por microtúbulos (formados pela proteína tubulina) e outro por filamentos intermediários. Em geral, as miosinas ligam-se aos filamentos de actina e as cinesinas e dineínas aos microtúbulos.

Diversos membros dessas famílias ainda não foram totalmente caracterizados, e alguns são conhecidos apenas por sua seqüência genética. Sabese, porém, que a estrutura básica dos motores moleculares apresenta três domínios, ou seja, três regiões funcionais, ou domínios: 'cabeça' (ou motor), 'pescoço' e 'cauda'.

O domínio motor é o que promove a transformação de energia química em energia mecânica (levando à mudança conformacional). O motor molecular realiza isso usando uma molécula de trifosfato de adenosina (ATP): essa molécula é quebrada, e a energia liberada é empregada na geração de movimento. O ATP é a moeda energética mais usada nas células – poucos motores moleculares eventualmente usam, nesse processo, outros compostos ricos em energia, como o trifosfato de guanosina (GTP), por exemplo. Outra função do domínio motor é ligar a miosina, cinesina ou dineína ao seu citoesqueleto específico.

Já o domínio 'pescoço' é uma região da proteína organizada em α-hélices, ou seja, estruturas em espiral onde os aminoácidos componentes da cadeia protéica se agrupam de maneira que suas cadeias laterais ficam sempre posicionadas 'para fora', o que evita interações entre elas. Esse domínio, em resposta às mudanças na região motora, dobra-se e, com isso, faz toda a molécula se deslocar, arrastando aquilo que estiver ligado a ela. O domínio 'cauda', por fim, é responsável pela ligação da proteína – de forma direta ou usando outras proteínas – à carga ou estrutura a ser movimentada (diferentes moléculas, vesículas ou organelas celulares, por exemplo).

Os motores moleculares estão relacionados com diversas funções. Até há algum tempo acreditava-se que as miosinas estavam associadas a contração e movimento celular, as dineínas ao 'batimento' dos cílios de certas células ou organismos unicelulares e as cinesinas ao transporte de organelas, mas essa visão não se manteve: já são conhecidas miosinas envolvidas no transporte de organelas, dineínas implicadas no movimento de vesículas e cinesinas requeridas para a função ciliar. Além disso, outras funções foram atribuídas aos motores moleculares, como tráfego intracelular, migração celular, transporte de vesículas, movimento de vacúolos e, ainda, ações sensoriais e de sinalização química. Sabe-se também que os três tipos de motores moleculares têm papéis importantes na divisão celular. A quantidade de funções em que estão envolvidos impressiona, mas essa lista provavelmente está longe de ser completa, já que um grande número de motores moleculares ainda não foi bem caracterizado.

Miosinas, cinesinas e dineínas

A primeira miosina estudada em detalhes foi a responsável pela contração muscular (daí seu nome, originado do grego mys ou myos, que significa músculo) (figura 2). Era a única forma conhecida dessa proteína até o início dos anos 70. Sabe-se hoje que é uma proteína formada por um par de cadeias protéicas pesadas (dimérica) e dois pares de cadeias leves. Outra proteína que se liga à actina e com características de miosina, mas com apenas uma cadeia pesada (monomérica), foi isolada a partir de uma ameba do solo (Acanthamoeba castellanii) em 1973. Com isso, a miosina de músculo passou a ser chamada de tipo II e a monomérica de tipo I. Entre as miosinas de tipo II, porém, existem algumas em células não-musculares, como as miosinas IIA e IIB, que atuam no cérebro de vertebrados.

Com a descoberta, posteriormente, de outros tipos dessa proteína, as miosinas foram divididas em diversas classes: a classe II reúne as miosinas 'convencionais', e todas as demais (19, atualmente) são definidas como não-convencionais. Apesar dessa diversidade, poucas miosinas (classes I, II, V e VI) já foram bem caracterizadas bioquimicamente. Nosso laboratório, na Universidade Federal de Uberlândia, desenvolve métodos para purificar motores moleculares a partir de tecidos animais e vegetais, visando a sua caracterização posterior – a maioria dos estudos realizados hoje no mundo usa proteínas preparadas sinteticamente com base na informação genética para sua produção, e não enzimas naturais, o que pode trazer resultados distorcidos.

As miosinas foram separadas nas diferentes classes com base em similaridades na sequência de aminoácidos do domínio motor. A atuação das miosinas muitas vezes está condicionada à presença de certas substâncias, entre elas íons positivos (cátions) como magnésio ou cálcio (que têm dupla valência, ou seja, podem ceder dois elétrons em uma ligação química). Outra interação importante ocorre com a calmodulina, uma proteína de ligação do íon cálcio, encontrada em todos os seres vivos, que estimula a atividade de miosinas I e V, por exemplo. Diversas pesquisas nesse sentido estão sendo realizadas no Brasil, como na Universidade Federal do Rio de Janeiro, onde os bioquímicos Luiz. C. Cameron e Martha M. Sorenson buscam obter mais informações sobre como as miosinas das classes V e II regulam seu movimento. Na Universidade de São Paulo, em Ribeirão Preto, o biólogo molecular Roy E. Larson também realiza pesquisas com miosinas da classe V (principalmente sobre suas propriedades enzimáticas).

A primeira cinesina, conhecida como convencional, foi isolada em 1985, a partir de células nervosas de lula-gigante (Loligo pealei), que apresentam prolongamentos (axônios) muito longos, e descrita como uma nova proteína motora, capaz de se movimentar sobre microtúbulos. O domínio motor das cinesinas tem uma região (sítio) catalítica, responsável pela quebra do ATP, idêntico em todas as proteínas dessa família. Da mesma forma que as miosinas, as cinesinas ligam-se às suas cargas pelo domínio 'cauda'. Entre as 10 classes de cinesinas conhecidas atualmente, muitas realizam o transporte de estruturas internas da célula, como mitocôndrias, lisossomos, complexo de Golgi e outras (figura 3).

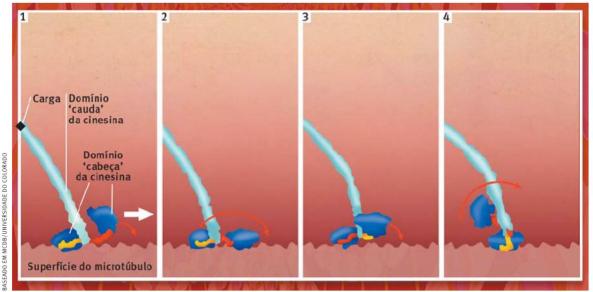


Figura 3. A cinesina convencional, segundo alguns cientistas, é capaz de 'andar' sobre os microtúbulos ligando a estes. alternadamente, as duas partes de seu domínio motor, como se desse 'passos' curtos na direção pretendida, arrastando a sua carga

As dineínas são conhecidas há mais tempo. A primeira foi identificada em 1965, como uma proteína responsável pela geração de força para o batimento de cílios e flagelos no ciliado Tetrahymena cilia, um protozoário unicelular. Mais tarde, em 1987, descobriram-se, no citoplasma de células nãociliadas, dineínas atuando como motores moleculares que utilizam os microtúbulos como 'trilhos'. Essa família de proteínas está amplamente distribuída no organismo, e a região 'cabeça' da molécula é relativamente semelhante nas duas classes conhecidas. Elas transportam, dentro das células, organelas como lisossomos, endossomos e elementos do complexo de Golgi, e também parecem estar envolvidas na movimentação de cromossomos nas células em processo de divisão.

Assim como as miosinas, as cinesinas e dineínas também necessitam de cátions bivalentes para sua atividade (principalmente o magnésio, no caso das duas últimas, mas também o cálcio). As dineínas, porém, parecem nem sempre se ligar diretamente às suas cargas pelo domínio 'cauda'. A maioria das atividades desse terceiro tipo de motor molecular requer um complexo de proteínas denominado dinactina para mediar essa ligação, o que fornece indícios da diversidade funcional dessas moléculas.

Outra propriedade distinta em cada uma das famílias de motores moleculares é a direção na qual transportam suas cargas. Na intrincada rede do citoesqueleto, os microtúbulos estão dispostos de forma radial, do núcleo para a membrana da célula, enquanto os 'trilhos' de actina organizam-se na periferia da célula. O sinal (+) identifica a extremidade de um microtúbulo voltada para a periferia da célula e o sinal (-) denota aquela direcionada para o núcleo. De início, só eram conhecidas cinesinas que realizavam movimento para a extremidade (+), mas já foram descobertas algumas que fazem transporte para a extremidade (-). Quanto às dineínas, todas as conhecidas hoje realizam movimento para a extremidade (-), enquanto as miosinas são capazes de transportar cargas em ambos os sentidos pelos caminhos de actina. Cinesinas e miosinas também podem interagir no transporte de cargas dentro da célula (figura 4).

Doenças ligadas a motores moleculares

Devido às suas variadas funções, os motores moleculares estão envolvidos em inúmeras doenças. A doença de Charcot-Marie-Tooth, por exemplo, que provoca perda gradual do movimento muscular e da sensibilidade nas extremidades do corpo (pés e pernas, mãos e braços), é causada por mutações nos genes que contêm a informação para a produção de cinesinas transportadoras de precursores de vesículas sinápticas ('bolsas' com neurotransmissores) em células nervosas. A doença apresenta dois tipos e vários subtipos – em um deles, a mutação leva à troca de apenas um aminoácido na parte da cinesina que se liga à molécula de ATP, mas essa alteração dificulta a quebra dessa fonte de energia e, em conseqüência, a atividade da proteína motora.

Recentemente foi descoberta uma doença associada às dineínas e decorrente da baixa produção de dinamitina (uma das subunidades do complexo protéico dinactina). A dinamitina é responsável pela ligação indireta do motor com a carga, e sua escassez não permite uma reposição adequada das estruturas e compostos necessários para a manutenção celular, originando doenças neurodegenerativas ainda em estudos. Uma delas é a 'síndrome da imotilidade ciliar', que afeta a cadeia intermediária de dineínas presentes nos cílios existentes nas células das mucosas das vias respiratórias, impedindo sua atuação na defesa contra infecções microbianas.

Outra desordem em que motores moleculares e suas cargas estão envolvidos é a doença de Alzheimer, ou 'demência senil', que provoca perda de memória e de outras funções mentais, resultante da deposição no cérebro do peptídeo (fragmento protéico) β-amilóide. Esse peptídeo é produzido quando as enzimas β-secretase e γ-secretase quebram uma proteína de membrana conhecida como 'proteína precursora de amilóide'. Pesquisas recentes revelaram que essa proteína precursora é necessária para que uma cinesina transporte vesículas contendo amilóide, β-secretase e presenilina-1 para 'fora' dos axônios, e que sua quebra pode impedir a ação desse motor molecular. Essa disfunção do transporte das vesículas contendo amilóide pode ser importante no desenvolvimento da doença de Alzheimer.

As miosinas, em suas diversas subdivisões, estão envolvidas em muitas doenças e síndromes. A miosina II muscular está envolvida na cardiomiopatia hipertrófica, doença caracterizada por engrossamento do músculo que forma o ventrículo esquerdo e desorganização de suas fibras. Essa doença é causada pela mutação de um gene que contém a informação para produzir proteínas envolvidas na contração do músculo do coração, entre elas a cadeia pesada de β-miosina cardíaca e cadeias leves regulatórias como tropomiosina e troponina (ambas presentes - associadas à actina - nos filamentos que servem de trilhos para a miosina). Recentemente também foram descobertas mutações no gene que carrega a informação para a produção da cadeia pesada de uma miosina não muscular - tais mutações le-

Figura 4. No transporte de vesículas, dentro da célula, cinesinas e miosinas podem atuar em conjunto, como um 'veículo' bifuncional, como mostraram o bioquímico Jian-Dong Huang e outros (Nature nº 397, p. 267, 1999) - cada uma atua sobre seu 'trilho' específico (microtúbulos e actina, respectivamente), permitindo que sua carga comum chegue até a periferia da célula

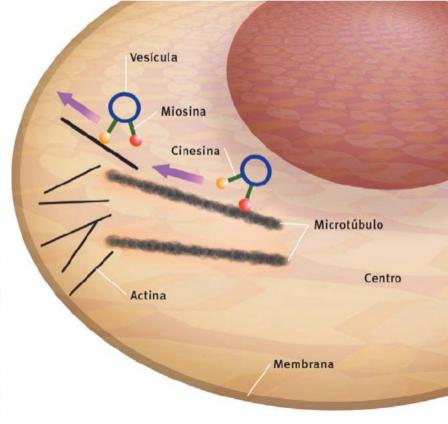
vam à redução no número de plaquetas (células sangüíneas envolvidas no processo de coagulação) e morfologia anormal de plaquetas e leucócitos (glóbulos brancos). Essa classe de miosina representa de 2% a 5% do total de proteínas plaquetárias.

A síndrome de Usher, caracterizada por surdez, associada com diminuição da acuidade visual, também é causada por deficiência de uma miosina da classe VIIa. Essa deficiência desorganiza os cílios presentes em grande número na superfície apical das células do canal auditivo (a superfície apical é aquela livre, sem contato com outras células, voltada para o interior do canal). Outras miosinas estão presentes nessas estruturas, como a de classe XV, ligada a uma surdez relacionada com disfunções auditivas em humanos. A miosina de classe VI também está ligada à surdez: nesse caso, os cílios têm estrutura normal, mas a fusão entre eles resulta em desorganização e perda de audição.

Motores moleculares e nanotecnologia

A construção de máquinas em nanoescala (do tamanho de moléculas), para que realizem variadas tarefas, é hoje uma perspectiva promissora em ciência e tecnologia. A manipulação de estruturas moleculares para construir 'motores' que possam ser usados em aplicações práticas, nas mais diversas áreas, tem sido foco de inúmeros estudos nas últimas décadas. Uma linha de pesquisa importante nessa área visa ao desenvolvimento de 'biomotores' a partir de proteínas motoras e outras enzimas, devido à capacidade destas de utilizar algumas moléculas - principalmente o trifosfato de adenosina (ATP) – como fonte de energia para produzir trabalho nas células.

Rotores (motores de rotação) já foram construídos usando uma proteína, a ATP-sintase, presente na membrana celular e responsável pela síntese da molécula de ATP. Essa proteína usa uma diferença de potencial elétrico para girar em torno de seu eixo e aproveita esse movimento para sintetizar ATP, as-



sim como uma usina hidrelétrica usa a água para fazer girar uma turbina e converte esse movimento em energia elétrica.

Atualmente, os cientistas buscam compreender os mecanismos de atuação dos motores moleculares, tanto os associados ao citoesqueleto de actina quanto os que se ligam aos microtúbulos. A intenção é usar tais mecanismos na construção de pequenas máquinas, que possam ser empregadas em tarefas a serem cumpridas dentro do organismo - em especial na medicina. Uma hipótese é a utilização desses pequenos motores como ferramentas injetadas no corpo para reparar danos. Entretanto, para que isso seja possível é preciso resolver dificuldades como, por exemplo, a barreira do sistema imunológico, que pode reconhecer essas 'máquinas' como um corpo estranho ao organismo e destruí-las antes que realizem a tarefa para a qual foram projetadas.

As células têm várias moléculas com atividades motoras, que em geral usam uma fonte de energia específica e atuam em um ambiente determinado. O estudo desses 'motores naturais' abre muitas perspectivas, principalmente para a produção de medicamentos dirigidos a alvos bem definidos no organismo, o que permitirá reduzir os efeitos colaterais (como acontece, por exemplo, na quimioterapia contra o câncer). Assim, a compreensão dos mecanismos de funcionamento dos motores moleculares poderá trazer enormes benefícios, tanto para a saúde humana quanto para diferentes áreas da indústria, onde suas propriedades possam ser empregadas com vantagem em relação aos processos produtivos atuais.

SUGESTÕES PARA LEITURA

CAMERON, L.C. & MACHADO, M.

Bioquímica do exercício. Rio de Janeiro, Shape Editora, 2004 SCHLIWA, M& WOEHLKE, G. 'Molecular motors'. in Nature, v. 422, p. 759, 2003. VALE, R. D. 'The molecular motor toolbox for intracellular transport', in Cell, v. 112, p. 467, 2003 Na internet: Processamento de dados em bioquímica e imunologiamotores moleculares (www.icb.ufmg.br/

-lbcd/prodabi4/

grupos/grupo1/

Os peixes-bois são mamíferos aquáticos de grande porte, que vivem em águas rasas na costa oceânica e em rios e lagos das Américas e da África.

No Brasil são encontradas duas espécies, uma na costa oceânica das regiões Norte e Nordeste e outra nos rios da Amazônia. Os esforços de conservação dessas espécies, incluídas na lista oficial da fauna brasileira ameaçada de extinção, são organizados pelo Projeto Peixe-Boi.

Além dos estudos básicos de ecologia e biologia, pesquisas genéticas têm ajudado a avaliar o estado de conservação desses animais e a sugerir estratégias para a recuperação de suas populações.

Esforços

Juliana de Abreu Vianna

e Fabrício Rodrigues dos Santos

Laboratório de Biodiversidade e Evolução Molecular, Universidade Federal de Minas Gerais

Miriam Marmontel

Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá

Régis Pinto de Lima

e Fábia de Oliveira Luna

Centro Mamíferos Aquáticos, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

Stella Maris Lazzarini

Centro de Preservação e Pesquisa de Mamíferos Aquáticos, Manaus Energia S/A

Maria José de Souza

Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco



Peixes-bois de conservação no Brasil

Os peixes-bois são os únicos mamíferos aquáticos herbívoros. Vivem

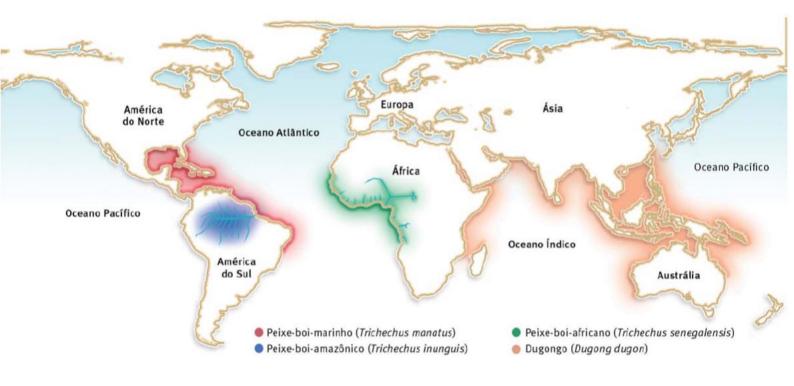
em águas rasas nas regiões subtropicais e tropicais e estão ameaçados de extinção, por causa da caça e da degradação de seus ambientes preferidos. Esses animais pertencem à ordem Sirenia, que se divide em duas famílias, Dugongidae e Trichechidae. Os peixes-bois fazem parte dessa última e são encontrados na costa atlântica da África e das Américas e na bacia amazônica.

A família Dugongidae é representada atualmente apenas pelo dugongo (*Dugong dugon*), espécie que pode superar os 3 m de comprimento e atingir até 400 kg e habita os oceanos Pacífico (do Japão à Austrália) e Índico (do Sudeste Asiático até o mar Vermelho e parte da costa leste da África). Outra espécie dessa família, a vacamarinha-de-steller (*Hydrodamalis gigas*), descoberta em 1741 e extinta 27 anos depois devido à exploração humana, era o maior de todos os sirênios (chegava a mais de 8 m e podia superar os 5 mil kg) e o único a viver em águas frias, entre a Ásia e a América, no norte do oceano Pacífico.

Quanto aos peixes-bois, vivem hoje no mundo três espécies: o peixe-boi-africano (*Trichechus senegalensis*), o peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus*) e o peixe-boi-amazônico (*Trichechus inunguis*), todas classificadas como vulneráveis à extinção pela União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN, na sigla em inglês). Além de vários fatores negativos decorrentes de ações humanas, certos fenômenos naturais e a taxa reprodutiva baixa dos sirênios aumentam esse risco de extinção.

O peixe-boi-africano vive no oceano Atlântico, nas costas da África, do Senegal a Angola, mas também é

O peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus*) corre sério risco de extinção no Brasil: existem apenas cerca de 500 indivíduos dessa espécie na costa oceânica do país



Distribuição, no mundo, das quatro espécies de sirênios ainda existentes encontrado em rios e lagos dessa região. Tem tamanho semelhante ao do peixe-boi-marinho existente nas Américas. Das três espécies, a africana é a menos estudada e continua sujeita à caça intensa.

O peixe-boi-marinho ocorre em áreas costeiras do Atlântico e em trechos de rios próximos ao mar desde a Flórida (Estados Unidos) até o litoral brasileiro, incluindo a América Central, algumas ilhas do Caribe, Colômbia, Venezuela e Guianas. No Brasil, é encontrado hoje do Amapá até Alagoas, mas até 1965 sua distribuição chegava ao Espírito Santo. Esse animal tem a pele enrugada e grossa, em geral de coloração cinza-claro e sem manchas, com pêlos esparsos em todo o corpo e unhas nas nadadeiras peitorais. Pode alcançar 3,9 m e pesar 1,5 mil kg. As ameaças ao T. manatus incluem a caça (hoje rara, devido à pequena população do animal), o encalhe de filhotes, colisões com barcos a motor, a captura em redes de pesca, a poluição e a degradação ambiental.

No Brasil, o peixe-boi-marinho é, segundo o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), o mamífero aquático mais ameaçado de extinção. A população remanescente desses animais na costa brasileira é estimada em cerca de 500 indivíduos, e a principal ameaça à sua sobrevivência é a destruição do seu hábitat (em especial baías e estuários).

O menor dos sirênios é o peixe-boi-amazônico, que alcança cerca de 3 m de comprimento e pesa até 480 kg. Ao contrário do que ocorre com o peixe-boi-marinho, o *T. inunguis* não tem unhas em sua nadadeira peitoral (daí vem seu nome científico, já que *inunguis* significa 'sem unhas'). Sua coloração varia do cinza-escuro ao preto e a maioria dos exemplares apresenta manchas brancas no abdômen e no peito, diferentes em cada indivíduo. Essa espécie

ocorre apenas em águas doces e é endêmica da bacia amazônica, sendo encontrada desde áreas próximas às nascentes dos tributários dessa bacia (na Colômbia, no Peru e no Equador) até a ilha de Marajó, no Pará, junto à foz do rio Amazonas.

A exploração do peixe-boi no Brasil iniciou-se ao redor de 1600, com o consumo e a exploração de sua carne e sua gordura. No século 17, o padre Antônio Vieira (1608-1697) relatou, em carta, a partida para a Europa de cerca de 20 navios carregados com carne e gordura de peixe-boi. A exploração comercial do peixe-boi-amazônico foi mais intensa entre 1935 e 1954, principalmente devido à procura pelo seu couro, de alta resistência e muito utilizado na confecção de polias, mangueiras e correias para indústrias. Estima-se que, nesse período, tenham sido mortos cerca de 200 mil peixes-bois. Após 1954, outros materiais substituíram o couro do animal, mas sua caça - embora seja proibida por lei federal desde 1967 – continua a ser praticada, e sua carne ainda é comercializada e consumida em toda a Amazônia.

Dados obtidos por meio de questionários, entrevistas com moradores ribeirinhos e denúncias, entre 1999 e 2004, além do recebimento de filhotes nos centros de reabilitação do Centro de Preservação e Pesquisa de Mamíferos Aquáticos (CPPMA) e no Instituto de Pesquisas da Amazônia (Inpa), sugerem que mais de 1.200 peixes-bois teriam sido abatidos nesse período. Considerando-se, dada a vastidão territorial e a ilegalidade da caça, que nem todas as informações são conhecidas, esse número de mortes provavelmente está subestimado.

Outro fator que torna os animais mais vulneráveis à caça é de caráter climático: as grandes secas. A redução do nível da água e o isolamento de lagoas e braços de rios, em secas intensas, favorece o abate intencional dos peixes-bois, mesmo pelos que não são exímios caçadores, e a fiscalização e o monitoramento dos poços de concentração desses animais na época de estiagem é insuficiente. Nesses períodos, portanto, ocorrem verdadeiros massacres, como os registrados nas secas de 1995 e de 1997, quando foram abatidos mais de mil animais, na soma dos dois anos. Ainda é cedo para estimar o número de peixes-bois abatidos na seca de 2005, mas já existem fortes indícios de que esses animais podem vir a desaparecer em áreas nas quais vêm sendo sistematicamente abatidos.

Conservação no Brasil

O Projeto Peixe-Boi/Ibama, criado em 1980 pelo governo federal, é coordenado hoje pelo Centro Mamíferos Aquáticos (CMA), vinculado ao Ibama e sediado em Itamaracá, no litoral de Pernambuco, onde são mantidos oceanários (tanques especiais, com água do mar tratada) para a reabilitação de peixes-bois-marinhos resgatados quando encalham nas praias. Além disso, o Centro monitora e pesquisa populações naturais do *T. manatus* e desenvolve atividades de conservação e educação ambiental.

De 1990, quando foi criado, até julho último, o CMA já recebeu 45 peixes-bois vivos (a maioria filhotes encalhados nas praias), e 13 deles, após a reabilitação, foram restituídos com sucesso à natureza. Hoje, há nove espécimes no plantel reprodutivo e 17 na área natural de reabilitação. Nos tanques do Centro já nasceram cinco filhotes, o primeiro em 1996, e ocorreu um caso raro de nascimento de gêmeos de *T. manatus* em 1997.

No caso do peixe-boi-amazônico, o Projeto vem realizando um diagnóstico do estado de conservação da espécie em toda a sua área de ocorrência no Brasil. Nove expedições foram realizadas, desde 2000, no Amazonas e no Pará, incluindo mais de 500 localidades, para entrevistar moradores sobre a ocorrência do peixe-boi e sobre a persistência da caça ilegal e para promover campanhas de conscientização visando à proteção do animal.

A conservação do *T. inunguis* conta, na região, com a participação ativa do Inpa, do Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá (IDSM), do Museu Paraense Emilio Goeldi (MPEG) e do Conselho Nacional de Seringueiros (CNS). Em Balbina (AM), foi criado em 1992 o CPPMA, mantido pela empresa Manaus Energia S. A. como medida compensatória aos impactos ambientais provocados pela construção da usina hidrelétrica de Balbina. Hoje, esse Centro abriga 36 peixes-bois-amazônicos, buscando sua reabilitação e reintrodução na nature-

za, e ainda lontras e ariranhas, além de realizar atividades de educação ambiental e levantar dados sobre a pressão de caça junto às comunidades ribeirinhas. Já o IDSM desenvolve um trabalho de longo prazo com animais em ambiente natural (incluindo estudos de radiotelemetria para determinar as rotas migratórias), com a participação e colaboração das comunidades tradicionais residentes nas áreas de atuação.

A prática de capturar filhotes do *T. inunguis* e usá-los como iscas para atrair as mães deixa essas crias órfãs, às vezes gravemente feridas e desnutridas, mantidas em cativeiros irregulares e inadequados. Por isso é fundamental o papel dos centros de reabilitação, que também podem atuar como pólo de divulgação de informação e conscientização do público. O Conselho Nacional de Seringueiros, em parceria com o CMA/Ibama, ajuda a fazer esse trabalho, mantendo hoje seis peixes-bois em cativeiro em ambiente natural no lago Verde, em Alter do Chão (PA), na região do rio Tapajós, visando à sua reintrodução na natureza.

Estudo genético

Alguns dos autores deste artigo (Vianna, Santos, Lima, Marmontel e Souza) e outros pesquisadores, de vários países, realizaram um extenso e detalhado estudo genético com os peixes-bois-marinhos, amazônicos e africanos. Foram analisados o DNA presente nas mitocôndrias e microssatélites do DNA nuclear. As mitocôndrias, embora sejam organelas celulares, têm DNA próprio, que permite estudar a linhagem

O dugongo (Dugong dugon), parente próximo dos peixes-bois, é encontrado no litoral leste da África e na Ásia





O peixe-boiamazônico (Trichechus inunguis) habita os rios e lagos da bacia do Amazonas, desde sua foz até áreas no Peru, no Equador e na Colômbia materna dos indivíduos (já que apenas as mães transmitem esse DNA para os filhos). Já os microssatélites são regiões do DNA genômico (no núcleo das células) que apresentam alta variação em mamíferos, o que permite avaliar a diversidade genética das populações de peixes-bois. Amostras de tecidos (sangue e porção da nadadeira caudal, ou osso e tecido muscular de animais mortos), obtidas de animais (189 indivíduos de *T. manatus*, 93 de *T. inunguis* e seis de *T. senegalensis*) das três espécies, em vários países das Américas e da África, foram estudadas pela equipe.

As análises demonstraram, no caso do peixe-boimarinho, que as populações encontradas nos extremos sul (Brasil) e norte (Flórida) da distribuição da espécie têm os menores níveis de diversidade. Embora essa descoberta possa ser explicada pela história natural do *T. manatus*, que teria surgido na região equatorial e depois se disseminado para latitudes maiores, ao norte e ao sul, também indica que essas populações mais isoladas apresentam maior vulnerabilidade ao processo de extinção. Quanto menor a diversidade genética, menor é a capacidade da população de sobreviver em situações críticas (adversidades climáticas, doenças e outras). A baixa diversidade genética encontrada na população de peixe-boi-marinho do Brasil, associa-

da ao seu pequeno número (cerca de 500 indivíduos distribuídos por 5 mil km de costa marítima, no Norte e no Nordeste, incluindo reentrâncias e baías), poderia acelerar a extinção dessa espécie no país.

A comparação das várias populações dessa espécie, dos Estados Unidos ao Brasil, evidenciou uma diversidade genética estruturada, com três grupos distintos. O primeiro é encontrado na Flórida, no México, nas grandes Antilhas (Cuba, República Dominicana, Haiti, Jamaica, Porto Rico e Trinidad e Tobago), em toda a área litorânea da América Central e nas costas de Colômbia e Venezuela. O segundo vive no México, nos países da América Central e nessas mesmas nações sulamericanas. Já o último grupo habita a costa nordeste da América do Sul, incluindo as Guianas e o Brasil. Enquanto os dois primeiros grupos apresentam alguma superposição geográfica, o terceiro só foi encontrado no Brasil e nas Guianas. O estudo indicou a existência de uma barreira geográfica, situada na re-

gião que acompanha as Antilhas e segue até a área próxima à foz do rio Orinoco, no litoral leste da Venezuela.

Esses resultados desmentem as argumentações anteriores de que os peixes-bois da Flórida constituiriam uma subespécie (uma população bem diferenciada das outras) e evidenciam que as populações do Brasil e das Guianas são muito diferentes das restantes. Torna-se, portanto, ainda mais importante preservar as populações dessa região para a conservação e manejo do peixe-boi-marinho em nível mundial.

No caso do peixe-boi-amazônico, os estudos confirmaram que suas populações têm maior diversidade genética, se comparadas às da espécie marinha. Isso indica que para o *T. inunguis* as chances de recuperação populacional podem ser maiores do que para o *T. manatus*, pois o primeiro mantém uma significativa diversidade genética, embora provavelmente seja uma espécie recente, com apenas 130 mil anos, e tenha sofrido intensa exploração no último século. Entretanto, para se ter uma idéia mais precisa das chances de recuperação da espécie é necessário estimar o número de indivíduos ainda existentes na Amazônia. Para isso estão sendo feitos esforços que incluem desde estimativas do número de animais em determinado lago com a ajuda das

comunidades humanas locais até contagens com uso de sonar de alta resolução.

Um diagnóstico importante para orientar os trabalhos de conservação das duas espécies no Brasil foi a identificação de sete indivíduos híbridos de peixe-boi-marinho e amazônico: dois na Guiana Francesa, três na Guiana e um no estado brasileiro do Amapá (em princípio, as duas espécies podem ocorrer nessa extensa faixa litorânea, toda ela considerada área de foz, em função da mistura das águas dos rios com a do mar). Todos foram previamente identificados como peixes-bois-marinhos, mas a análise revelou que o DNA mitocondrial era da outra espécie, indicando uma linhagem materna de *T. inunguis*. Outro indivíduo, encontrado próximo à foz do rio Amazonas e identificado como peixe-boi-amazônico, apresentou DNA mitocondrial marinho.

O estudo de microssatélites do DNA nuclear desses indivíduos revelou ainda que resultaram do acasalamento de outros híbridos de primeira geração com indivíduos de uma das espécies. A análise do cariótipo (o conjunto dos cromossomos) de um indivíduo, batizado de 'Poque', vindo de um lago costeiro do Amapá, mostrou um número intermediário de cromossomos (50, em 25 pares) entre as espécies marinha (48) e amazônica (56). Um híbrido de primeira geração normalmente teria 52 cromossomos, e Poque apresenta um cariótipo e alelos de microssatélites compatíveis com um híbrido de segunda geração, resultado do cruzamento de uma fêmea híbrida (entre macho marinho e fêmea amazônica) com um macho marinho.

Os estudos com genes do peixe-boi-africano - os primeiros desse tipo com essa espécie - revelaram que o T. senegalensis também apresenta diversidade genética significativa. A espécie ocorre tanto na costa africana quanto em vários rios e lagos, mas não foi observada uma separação populacional clara entre indivíduos do interior do continente e do oceano. Os estudos sugerem a existência de diferenças significativas entre as populações que vivem em cada bacia hidrográfica, incluindo a região costeira próxima à foz de cada rio principal. Entretanto, a confirmação desse fato e uma melhor avaliação da diversidade do T. senegalensis ainda dependem de muitos estudos com a espécie, que ocorre em áreas onde há poucos recursos para sua efetiva conservação e onde sua caça ainda é uma prática comum.

As pesquisas realizadas incluíram análises filogenéticas (que visam determinar o 'parentesco' entre as espécies) para investigar as relações evolutivas entre os peixes-bois. Tais análises endossam as conclusões obtidas através do estudo dos fósseis de sirênios, indicando que a linhagem do peixe-boi-amazônico se separou há mais tempo da linhagem comum que viria, mais tarde, a dar origem aos peixesbois-marinhos e africanos. Esses mesmos estudos revelam, também, que o peixe-boi-amazônico é uma espécie de origem recente – provavelmente surgiu em decorrência de processos seletivos de adaptação ao ambiente de água doce da Amazônia, um bioma que começou a se formar há 3 milhões de anos.

Pesquisa e proteção

Os estudos genéticos indicam uma divisão das populações do peixe-boi-marinho em duas unidades evolutivas diferentes, possivelmente subespécies, uma incluindo as populações das Guianas e do Brasil e outra com as populações das demais áreas de ocorrência. Além dessa separação principal, há uma distinção genética significativa entre as várias populações locais, o que sugere atenção especial e diferenciada para cada unidade de manejo do *T. manatus*, evitando-se transferências de animais entre populações distantes (as diferenças entre elas podem causar depressão exogâmica – redução no sucesso reprodutivo ou na viabilidade da prole).

No litoral norte do Brasil, a hibridização entre as espécies marinha e amazônica pode representar um problema sério de conservação, principalmente para o peixe-boi-marinho, cujo estado de conservação no Brasil é crítico. Como determina a 'regra' biológica descoberta pelo geneticista escocês John B. S. Haldane (1892-1964), os machos híbridos provavelmente são inférteis, o que poderia reduzir ainda mais o sucesso reprodutivo do *T. manatus*, que já apresenta baixa taxa reprodutiva e população bastante reduzida.

A situação do peixe-boi-amazônico é um pouco melhor, já que sua diversidade genética ainda é significativa. Entretanto, como os estudos indicaram a existência de alguma diferenciação entre suas populações, é recomendável realizar uma avaliação genética e demográfica mais detalhada, abrangendo toda a distribuição do *T. inunguis*, antes da adoção de medidas de manejo como transferências de indivíduos entre locais distintos da Amazônia.

Essas diferenças genéticas entre populações têm sérias implicações também para as estratégias de conservação de peixes-bois em cativeiro, em aquários públicos ou privados e oceanários de centros de pesquisa. Devem ser evitados, se possível, os acasalamentos entre indivíduos de localidades geográficas muito distantes, o que implica também uma criteriosa avaliação das reintroduções. Da mesma forma, a identificação de possíveis híbridos, assim como o estudo de seu real impacto nas populações de ambas as espécies, deve ser considerada um fator importante nas estratégias de conservação.

SUGESTÕES PARA LEITURA

CANTANHEDE, A. M .: SILVA, V. M .: FARIAS, I. P.; HRBEK, T.; LAZZARINI, S. M. & ALVES-GOMES, J. 'Phylogeography and population genetics of the endangered Amazonian manatee, Trichechus inunguis, Natterer, 1883 (Mammalia, Sirenia)', in Molecular Ecology, V. 14, p. 401, 2005. LIMA, R.P. 'Peixe-boi-marinho (Trichechus manatus): distribuição, status de conservação e aspectos tradicionais ao longo do litoral nordeste do Brasil' (tese de mestrado em oceanografia na UFPE), 1997. LUNA, F.O. 'Distribuição, status de conservação e aspectos tradicionais do peixe-boimarinho (Trichechus manatus manatus) no litoral norte do Brasil (tese de mestrado em oceanografia na UFPE), 2001. VIANNA, J. A.; BONDE, R.K.; CABALLERO, S.; GIRALDO, J. P.; LIMA, R. P.; CLARK, A.M.; MARMONTEL, M.; MORALES-VELA, B.; SOUZA, M. I.: PARR. L.: RODRÍGUEZ-LOPEZ,

M. A.: MIGNUCCI-

GIANNONI, A. A.;

'Phylogeography,

phylogeny and

Implications on manatee

conservation',

Ecology (no prelo),

in Molecular

hybridization in trichechid

sirenians:

POWELL, J. & SANTOS, F. R.

Moedas raras sob uma nova óptica

Moeda 'dobra pé terra', de ouro. do início do reinado de D. Fernando I, de Portugal (1367-1383), na câmara de vácuo onde foi analisada com a técnica de fluorescência de raios X com radiação

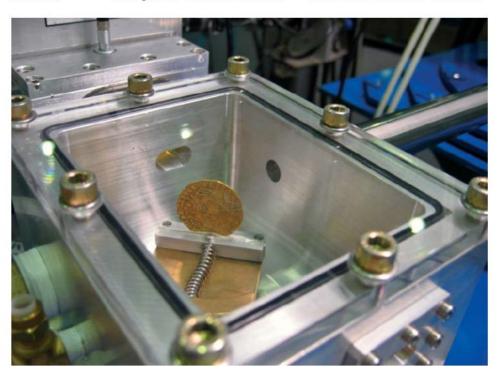
síncrotron

s antigos métodos para a avaliação da qualidade das moedas da coleção do Museu Histórico Nacional do Rio de Janeiro (MHN), a maior da América Latina, já podem ser substituídos. Entre esses métodos estava, por exemplo, a pedra-de-toque, na qual eram atritadas peças de metais nobres para verificar sua pureza. Agora, as mais modernas técnicas de análise física, como a microscopia eletrônica de varredura e a fluorescência de raios X portátil, estão a serviço de museólogos, numismatas e historiadores para elucidar detalhes das técnicas de cunhagem de moedas de diferentes épocas e aprimorar a conservação desse patrimônio.

Duas moedas da coleção do Museu com áreas de oxidação fora do padrão usual uniram os interesses da física Rosa Scorzelli, do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), e da museóloga Rejane Maria Lobo Vieira, especializada em numismática (estudo das moedas e medalhas), do MHN. Esses dois exemplares, provenientes de colônias gregas do sul da Itália e datados do século 6 a.C., começaram a mostrar pontos de deterioração. O curioso é que nenhuma das outras moedas dessa coleção apresentava o mesmo padrão de corrosão. "Na ocasião, pedimos a opinião de especialistas da área de conservação do Museu do Louvre, em Paris", menciona Vieira. "No entanto, a física nuclear portuguesa Maria Filomena Guerra, do Centro de Pesquisa e Restauração dos Museus da França, lembrou a possibilidade de fazermos essa investigação aqui, no Brasil. Foi assim que procuramos o CBPF para trabalhar juntos." Com o apoio da diretora do Museu, Vera Lúcia Bottrel Tostes, foi selado o acordo de cooperação científica entre ambas as instituições - além de outros institutos parceiros, como o Centro de Tecnologia Mineral (Cetem) e o Instituto Nacional de Tecnologia (INT) -, e tornou-se possível iniciar as pesquisas.

Após fazer análises com o uso da espectroscopia Mösbauer (técnica que detecta qualquer composto que contenha ferro), constatou-se que as moedas em questão, supostamente de prata, eram, na realidade, adulteradas. Fabricadas por uma técnica conhecida como 'de moeda forrada', elas apresentavam um núcleo de ferro, com apenas uma camada superficial do metal precioso. "Quando optamos pela técnica que detectava ferro, a numismata duvidou que obtivéssemos sucesso, já que esse metal, segundo a literatura da época, não era habitualmente usado como núcleo de moedas forradas", conta Scorzelli. "Foi realmente uma surpresa." Segundo a física, esse dado - a utilização de um metal não-nobre como parte interna revestida pela liga de composição da moeda - pode revelar problemas sociais e econômicos enfrentados pela entidade emissora.

Embarcando na boa idéia da interdisciplinaridade física-numismática-história, três outros 3 conjuntos de moedas foram escolhidos para análise. Os pesquisadores não só pretendiam identificar com precisão o título (a com-



posição da liga) das moedas, como também estavam interessados em estudar um pouco mais sobre as técnicas de cunhagem e acabamento, assim como saber de que jazidas provinham os metais utilizados. As coleções escolhidas incluíam moedas cunhadas pelos holandeses, em Pernambuco, em meados do século 17 - as primeiras a trazer a inscrição 'Brasil'; as primeiras moedas portuguesas para circulação em nosso país e cunhadas pela Casa da Moeda entre 1695 e 1702; e moedas medievais portuguesas emitidas no fim do século 14 e o início do 15.

As chamadas moedas 'obsidionais' foram cunhadas por holandeses durante o cerco imposto por Portugal aos invasores, em Pernambuco, em meados do século 17. Essas pequenas placas quadrangulares de ouro e de prata foram emergencialmente fabricadas para o pagamento dos soldos dos combatentes holandeses, algumas delas usando a própria prataria derretida dos governantes da Nova Holanda (como era chamado o território ocupado). Utilizando a técnica da microscopia óptica, que permite um aumento de até 100 vezes, foi possível analisar mais detalhadamente o bordo dessas moedas, o que deu pistas sobre a maneira como haviam sido cortadas. "Imaginamos que tenha sido empregado um tipo de tesoura para o acabamento, mas que ela não chegava a completar o contorno da moeda, como se o pedaço final tivesse que ter sido arrancado", explica a física.

A técnica de microfluorescência de raios X com radiação síncrontron, disponível no Laboratório Nacional de Luz Síncrontron (LNLS), em Campinas, possibilitou uma análise mais profunda dos metais preciosos contidos nas moedas. Com ela, os pesquisadores puderam definir os elementos-traço (elementos presentes em baixíssima concentração, da or-



dem de partes por milhão (ppm) ou por bilhão (ppb)) dos metais utilizados na cunhagem e assim identificar sua proveniência geográfica. "Sabemos que os depósitos minerais de ouro no Brasil têm grandes quantidades de paládio, enquanto na Colômbia, por exemplo, concentram mais platina", compara Scorzelli. Dessa maneira, é possível compreender melhor as rotas de comércio de ouro da época, bem como se proteger de possíveis falsificações. "Ainda estamos em fase de processamento dos dados coletados em Campinas, mas em breve teremos hipóteses mais claras sobre os demais grupos de moedas", afirma. Análises com um grupo maior de exemplares talvez sejam agendadas ainda para este ano.

Museu-laboratório

O maior desafio para estudos mais aprofundados de peças preciosas é, além de não utilizar técnicas que causem danos aos objetos, conseguir retirar as peças dos museus para análise, dado o seu grande valor. Para superar impasses como esse, surgiram 'laboratórios' de pesquisa dentro dos próprios museus nos Estados Unidos e na Europa. No Brasil, alguns empreendimentos de porte relativamente menor já apontam para uma mudança em direção ao estudo científico não só de moedas, mas também de pinturas, esculturas e cerâmicas nos museus.

Uma dessas iniciativas é a do físico Carlos Roberto Appoloni, do Laboratório de Física Nuclear Aplicada da Universidade Esta-



dual de Londrina. O pesquisador montou um aparelho, similar ao existente no Museu do Louvre, de fluorescência de raios X, portátil, que pode ser usado dentro do próprio museu e funciona em sistema itinerante, colaborando com instituições de diferentes cidades, como o Museu de Arqueologia e Etnografia, de São Paulo. No final de junho, esse equipamento foi também levado ao MHN, onde foram realizados diversos experimentos para analisar os títulos de algumas moedas. "No exato momento da análise, somos capazes de dar um resultado qualitativo dos elementos presentes na liga das moedas", afirma Appoloni, "mas um estudo mais detalhado, com informações quantitativas, demora um pouco mais".

Appoloni é também o coordenador do primeiro simpósio latino-americano sobre métodos físicos e químicos em arqueologia, arte e conservação, que acontecerá de 11 a 16 de junho do ano que vem em São Paulo. O evento, de cuja comissão organizadora participa a pesquisadora Scorzelli, buscará traçar um mapa latinoamericano dos grupos que trabalham nessa área e promover a troca de experiências entre os profissionais. "Essa interdisciplinaridade é um desafio enriquecedor para ambas as partes", afirma Rejane Vieira. "A física ilumina a história e com certeza ainda há muito o que descobrir."

Rosa Maria Mattos Ciência Hoje/RJ À esquerda, vista lateral da moeda cunhada pelos holandeses no Brasil. A imagem foi feita por um microscópio óptico com aumento de 25 vezes e nela é possível ver a falha no acabamento (parte inferior). À direita, primeira moeda no país com a inscrição 'Brasil', cunhada pelos holandeses em 1645

Indústria microbiana

Cigarrinha da cana-de-açúcar morta por ação de *M. anisopliae*

Produção

sobre arroz

da Itaforte

de M. anisopliae

em laboratório

o Brasil, as biofábricas de microrganismos entomopatógenos (que causam doenças em insetos) ainda são pouco conhecidas, embora o setor esteja crescendo a passos largos. Na Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), em Cascavel, um projeto destinado à construção de um laboratório para produzir fungos irá atender à demanda de pequenos agricultores da região por esses agentes microbianos. A proposta, que tem o apoio da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), é uma novidade no local e tem tudo para dar certo.

A produção intensiva de grãos – principalmente soja, milho e trigo – tem forte expressão no agronegócio do oeste paranaense, mas os pequenos agricultores não recebem a devida assistência no que diz respeito a controle biológico. "O interesse pela produção orgânica tem crescido, estimulado principalmente pela vocação da região e pela crise na agricultura convencional", diz o biólogo Luis Francisco Angeli Alves, coordenador do projeto.

Serão produzidos Metarhizium anisopliae e Beauveria bassiana,





espécies de fungo que atacam ácaros, cigarrinhas e moscas-brancas, entre outras pragas comuns nas propriedades locais. A idéia é produzir os microrganismos de acordo com a demanda. A produção dos fungos será feita segundo técnicas já adotadas em outras biofábricas brasileiras. Os microrganismos são colocados sobre substrato sólido composto de grãos de arroz, onde se desenvolvem com facilidade. Depois de reproduzidos, são embalados e distribuídos.

As principais culturas desenvolvidas pelos pequenos produtores da região, principalmente no sistema orgânico, são hortaliças (tomate, pepino, pimentão, feijão-vagem, couve etc.), mandioca, café, algodão, pastagens – e os entomopatógenos podem ser aplicados mesmo no caso de plantios confinados em estufas. A previsão é de que o laboratório da Unioeste comece a produzir e fornecer os agentes de controle biológico no primeiro semestre de 2007.

Bactérias, vírus e nematóides

Além de fungos, bactérias, nematóides e vírus também podem ser produzidos em laboratório. Mas no Brasil há certa irregularidade na produção: enquanto algumas biofábricas já preparam fungos, a primeira iniciativa de trabalho com nematóides só agora começou a ser articulada, em São Paulo. Por outro lado, bactérias para controle de pragas agrícolas são importadas, embora algumas instituições nacionais dominem tecnologia para produzi-las.

O processo de produção dos microrganismos em grande quantidade e a custo reduzido pode se dar de duas formas, a depender da espécie com que se trabalha. No caso de bactérias, fungos e nematóides, a produção é realizada in vitro, em meio líquido ou sólido (embora nematóides possam também ser produzidos in vivo). No caso de vírus, esse tipo de produção é feito in vivo, ou seja, diretamente no organismo de um exemplar da praga.

ENGENHARIA BIOMÉDICA

Os equipamentos necessários para aplicar entomopatógenos são, em geral, os mesmos usados para pulverizar produtos químicos, e os custos de sua aplicação não divergem muito daqueles que se têm com o uso de agrotóxicos. A diferença é que, no caso de microrganismos, às vezes são necessárias aplicações mais constantes. "A discussão sobre a vantagem do emprego de entomopatógenos não deve se restringir a custos, mas estender-se aos seus benefícios à preservação do meio ambiente", diz Alves. Como os microrganismos são retirados da natureza, não passam por manipulação genética e são distribuídos de modo controlado; não há risco de perda de biodiversidade, como atestam diversos estudos de impacto ambiental.

Localiza-se também no município paranaense de Cascavel a maior referência brasileira em produção de agentes microbianos para controle biológico. Ali está instalada a única biofábrica brasileira de vírus que trabalha em uma cadeia de produção fechada: da reprodução do hospedeiro à formulação do produto. Em seu laboratório se desenvolve o baculovírus da lagarta-da-soja, principal praga desfolhadora da cultura que lhe dá nome.

No caso da nova biofábrica na Unioeste, destaca-se o compromisso social. Segundo Alves, haverá treinamento para que agricultores não dependam de empresas para utilizar adequadamente os entomopatógenos. Como o produto é composto de microrganismos vivos, seu uso exige cuidados diferentes daqueles que se deve ter durante a aplicação de produtos químicos. "A proposta não é produzir fungos e soltá-los na mão do produtor; queremos difundir a tecnologia de modo responsável."

Célio Yano

Especial para Ciência Hoje/PR

SONDA MAIS BARATA PARA CIRURGIAS DE MAMA

Cientistas da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) desenvolveram uma sonda mais barata para auxiliar a identificação do material a ser extraído em cirurgias de retirada total ou parcial da mama (mastectomia) devido ao câncer. O aparelho detecta o chamado linfonodo sentinela (órgão de defesa do organismo presente nas axilas e para onde esse tipo de tumor geralmente migra primeiro), permitindo sua retirada para que o médico verifique se a região também foi afetada. Essa análise prévia evita a extração desnecessária de todos os linfonodos das axilas (esvaziamento axilar), procedimento preventivo adotado nas cirurgias que deixa seqüelas como dores nos braços e comprometimento da produção de anticorpos. A sonda brasileira poderá substituir as similares importadas, feitas com material mais caro.

Já existem há algum tempo no país técnicas para identificar e retirar o linfonodo sentinela. No método que usa a sonda, uma substância radioativa à base de tecnécio que libera raios gama – é injetada na área

do tumor inicial 24 horas antes da cirurgia. Esse líquido migra para o linfonodo sentinela (estação linfática mais próxima), que fica marcado pelo tecnécio. Durante a cirurgia, a radiação gama é detectada pela sonda e traduzida em sinal luminoso que, por sua vez, é convertido em um sinal sonoro por meio de um sistema eletrônico, permitindo que o médico identifique o linfonodo.

Atualmente, são usadas nesse procedi-

mento sondas importadas, que custam cerca de US\$ 16 mil. A sonda brasileira custaria três vezes menos. O diferencial do novo instrumento é o sensor (cintilador) que transforma a radiação em sinal luminoso. Segundo o criador da sonda, o engenheiro eletrônico e doutor em instrumentação nuclear Iran José Oliveira da Silva, do Departamento de Energia Nuclear da UFPE, os aparelhos importados usam um cintilador do tipo cristal, mais caro e menos resistente a choques mecânicos. Para a sonda brasileira, o pesquisador adaptou um cintilador plástico, comumente usado na detecção de partículas beta, para se tornar sensível também à identificação dos fótons gama emitidos pelo tecnécio. A eficácia da nova sonda já foi comprovada em laboratório e os testes em pacientes deverão começar no segundo semestre deste ano. "Nossa intenção é baratear a técnica e torná-la mais acessível a hospitais e planos de saúde", afirma

> A nova sonda será uma alternativa às técnicas atuais de detecção do linfonodo sentinela em operações de mastectomia

o pesquisador.



MAIOR CONFIABILIDADE NO SISTEMA ELÉTRICO • Técnicos do Grupo de Eletricidade Atmosférica do Inpe e de Furnas lançaram em conjunto o novo Sistema de Análise Automática de Desligamentos de Linhas de Transmissão, o Saad. A metodologia é a primeira no mundo capaz de determinar em tempo real a probabilidade de um desligamento em linha de transmissão elétrica ter sido causado por descargas atmosféricas. A maior parte dos desligamentos ocorridos na rede de Furnas é causada por raios, e os prejuízos sofridos pelo setor elétrico podem chegar a R\$ 500 milhões por ano.

A hora e a vez da ferrita de cádmio

ma substância coloidal altamente transparente e capaz de responder a baixos campos magnéticos foi desenvolvida por pesquisadores dos institutos de Física e de Química da Universidade Federal de Goiás (UFG), com a colaboração do Instituto de Física da Universidade de Brasília (UnB). Trata-se de um fluido magnético (FM) à base de nanopartículas de ferrita de cádmio (CdFe,O4). Os fluidos magnéticos são suspensões coloidais que contêm partículas microscópicas dispersas em meio líquido. O tamanho dessas estruturas – que funcionam como pequenos ímãs manipuláveis - é geralmente inferior a 20 nanômetros (cerca de 5 mil vezes menor que o diâmetro de um fio de cabelo). Os FMs têm várias aplicações tecnológicas, podendo ser empregados na construção de dispositivos que medem campos magnéticos, em impressoras, equipamentos ópticos e aparelhos que ajudam a diagnosticar ou tratar doenças, como

Segundo os físicos Andris Figuerôa Bakuzis e Osni Silva, do Instituto de Física da UFG, e membros da equipe que desenvolveu o material, o fluido à base de ferrita de cádmio é o mais transparente de todos os fluidos magnéticos já registrados na literatura especializada. Exames de amostras com o mesmo número de partículas revelaram que a ferrita de cádmio é cerca de 30 vezes mais translúcida do que um FM convencional, como, por exemplo, o colóide de maguemita $(\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3)$.

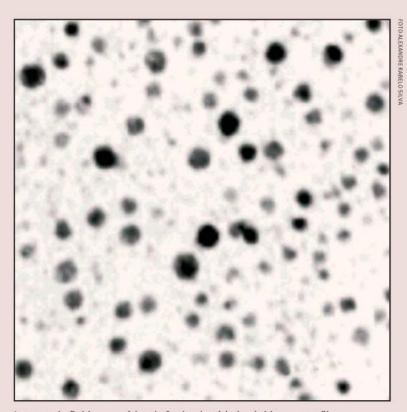


Imagem do fluido magnético de ferrita de cádmio obtida com auxílio de microscópio eletrônico de varredura

De acordo com os físicos da UFG, as aplicações ópticas dos FMs estão limitadas à quantidade de partículas imersas no fluido. Quanto mais nanoestruturas, menos transparente será o sistema. Mesmo em altas concentrações, o novo fluido se mantém claro.

Outra vantagem do fluido magnético de ferrita de cádmio é sua alta sensibilidade a campos magnéticos. Comparado à maguemita, a reação do novo colóide é cerca de 100 vezes mais intensa sob ação de uma fonte magnética. Na prática, é como se os 'imãs' da amostra de CdFe,O, fossem muito mais fortes. Os fluidos magnéticos dependem de uma quantidade limite de nanopartículas para reagir a impulsos magnéticos. Por outro lado, uma concentração maior de nanopartículas torna a substância menos transparente. Testes feitos pelos pesquisadores da UFG demonstraram que o novo colóide, por reagir mais facilmente a campos magnéticos, dispensa uma grande concentracão de nanopartículas, o que, simultaneamente, aumenta ainda mais a transparência da substânBOTÂNICA

cia. A descoberta da ferrita de cádmio foi publicada na Applied Physics Letters, uma das mais conceituadas revistas de física aplicada do mundo. Pouco depois, a revista Laser Focus World, especializada na divulgação dos últimos avanços tecnológicos relacionados com a indústria fotônica, registrou a descoberta.

Os pesquisadores da UFG e da UnB apostam na viabilidade da produção comercial do fluido magnético de ferrita de cádmio, que é relativamente simples e de custo moderado. De acordo com Paulo César de Morais, do Instituto de Física da UnB, algumas empresas estrangeiras já demonstraram interesse em produzi-lo comercialmente. Segundo Emília Celma de Oliveira Lima, pesquisadora do Instituto de Química da UFG que auxiliou na preparação do material, o processo se dá em três etapas. O primeiro passo é a síntese das nanopartículas, realizada através de uma reação de hidrólise que utiliza hidróxido de sódio (NaOH). Em seguida, as nanopartículas de ferrita de cádmio obtidas são submetidas a um tratamento especial para promover a estabilidade. Na fase final, as nanoestruturas são dispersas em solução aquosa diluída de ácido perclórico (HClO₄), formando suspensões coloidais (os fluidos magnéticos).

A patente do processo de fabricação do fluido magnético de ferrita de cádmio já foi solicitada ao Instituto Nacional de Propriedade Industrial. Em futuro próximo, o material poderá ser utilizado na fabricação de moduladores ópticos (dispositivos de grande utilidade na área de telecomunicações) e de sensores magnéticos como os encontrados na parte física dos computadores.

Almiro Franco Neto

Especial para Ciência Hoje/GO

DEFESA QUÍMICA CONTRA PRAGAS

Uma nova estratégia de defesa das plantas contra o ataque de predadores acaba de ser demonstrada em estudo feito na Universidade Estadual do Norte Fluminense (Uenf). Pesquisadores verificaram que a casca (tegumento) das sementes de soja contém proteínas capazes de matar insetos e fungos, evitando que atinjam seu conteúdo e as destruam. Antes, pensava-se que a casca dessas sementes se limitava a impor uma barreira física contra a entrada de microrganismos.

Já se sabia que no cotilédone (órgão interno da semente responsável por sua nutrição e sobrevivência) de alguns grãos há proteínas tóxicas a insetos e fungos. No entanto, em testes laboratoriais, os cientistas observaram que alguns desses animais morriam antes de atingir o interior da semente da soja. "Foi então que decidimos estudar mais detalhadamente a composição bioquímica do tegumento das sementes", afirma a bióloga Antônia Elenir Amâncio Oliveira, do Centro de Biociências e Biotecnologia da Uenf, e orientadora do estudo, realizado pela bióloga Patrícia de Oliveira Santos em seu mestrado. Foram encontradas duas proteínas na casca da soja que matam os insetos ao entrar em contato com eles: a peroxidase e a fosfatase.

Em longo prazo, o estudo pretende viabilizar a criação de sementes geneticamente modificadas de outras plantas para torná-las mais resis-



tentes a pragas. Um dos principais candidatos é o feijão-de-corda, muito comum no Nordeste e que chega a ter 70% de sua produção perdida por causa de carunchos (insetos ou larvas que perfuram madeira, livros e cereais).

O *Callosobruchus maculatus*, mais conhecido como caruncho-do-feijão, em meio a sementes de soja

MAIOR PRODUÇÃO DE TILÁPIA • Um convênio firmado entre o Sebrae e a prefeitura de Piraí (RJ) para capacitar piscicultores transformou o município no maior produtor de tilápias do estado: em menos de um ano, a produção passou de uma para seis toneladas de pescado por mês. O manejo inadequado do peixe, a falta de pontos de escoamento e a produção insuficiente impediam que os criadores de tilápias sobrevivessem da atividade. Com consultoria especializada do Sebrae, os piscicultores aprenderam métodos corretos de limpeza e manejo, começaram a adotar ração de qualidade e instalaram aeradores (para oxigenar a água). O processamento adequado do peixe também acabou com o gosto de terra, considerado desagradável. O conhecimento especializado ainda permitiu que os criadores aprendessem a explorar todas as potencialidades do peixe. A tilápia agora é vendida em filé, a polpa é usada na merenda escolar e a pele é vendida para a indústria de couro para fabricação de bolsas e calçados.

Novos antivirais à vista

ma nova arma contra alguns tipos de vírus pode nascer da investigação de substâncias extraídas de algas marinhas. Trabalhos nessa direção vêm sendo conduzidos no Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular da Universidade Federal do Paraná (UFPR) por uma equipe de pesquisadores liderada pelos bioquímicos Miguel e Maria Eugênia Noseda. No centro das investigações está a extração de carboidratos produzidos por essas algas e o estudo de sua estrutura química e atividade biológica.

Diferentes grupos de algas marinhas (pardas, vermelhas e verdes) produzem distintos tipos de carboidratos, que podem ser moléculas pequenas (oligossacarídeos) ou grandes (polissacarídeos). As algas estudadas pela equipe da UFPR produzem polissacarídeos sulfatados, cuja estrutura química apresenta o grupo sulfato (-OSO₃-), que os torna substâncias ácidas. São justamente esses compostos que têm ação

antiviral contra os agentes causadores da herpes simples (HSV) e da dengue (do gênero *Flavivirus*), por exemplo. Os polissacarídeos sulfatados impedem a adsorção celular, isto é, que o vírus se acople à célula, para invadi-la em seguida.

A superfície das células animais contém polissacarídeos sulfatados, e as glicoproteínas dos vírus, ao reconhecê-los, se ligam neles. "Esse é o primeiro contato entre vírus e célula", explica Miguel Noseda. "Os polissacarídeos sulfatados presentes em algas marinhas têm o poder de se ligar aos vírus, impedindo seu contato com a célula hospedeira e, consequentemente, sua replicação", completa Maria Eugênia. Assim, um fármaco que contenha essa substância agiria de forma a 'enganar' o agente infeccioso.

Os medicamentos antivirais usados atualmente – como o AZT, inibidor da enzima transcriptase reversa, responsável pela conversão do RNA viral em DNA – têm considerável efeito tóxico, além de produzir cepas virais resistentes. Portanto, uma nova estratégia para tratar doencas viróticas seria a combinação de agentes antivirais convencionais com polissacarídeos sulfatados de algas. "A fusão desses compostos teria a vantagem de inibir diferentes etapas da replicação viral (adsorção e atividade da transcriptase reversa) e diminuiria a emergência de cepas virais resistentes", explicam os bioquímicos. Mas os pesquisadores lembram que ainda serão necessários vários testes até que um novo medicamento contendo polissacarídeos sulfatados de algas chegue ao mercado.

Colaborações

Os trabalhos são realizados com o apoio de pesquisadores de outras instituições. A equipe da UFPR cuida do mapeamento e da análise da estrutura química dos carboidratos das algas. As propriedades biológicas, antivirais, se existirem, são analisadas com a colaboração de pesquisadores da Universidade de Buenos Aires, visando à identificação nos polissacarídeos sulfatados de potente atividade contra os vírus HSV e Flavivirus. Objetivos mais ousados, como o combate ao HIV, o vírus da Aids, estão sendo viabilizados atualmente por meio de colaborações com equipes de outras universidades do país.

Vale lembrar que a organização não-governamental internacional Population Council, sem fins lucrativos, investiu na produção de um novo antiviral com o mecanismo acima descrito. O medicamento, que também visa atacar o HIV, já tem nome e está



AGRONOMIA

na última etapa dos testes clínicos. Conhecido formalmente como PC-515, o gel Carraguard, cujo polissacarídeo é a carragenana, extraído de algas vermelhas da África do Sul, está na fase final dos testes, envolvendo cerca de 2 mil voluntários.

O casal Noseda conta que, por enquanto, os polissacarídeos obtidos de algas vermelhas com ação contra o HSV são de uso tópico, em forma de gel, pois moléculas de polissacarídeos são excessivamente grandes para ser absorvidas pelo organismo após administração por via oral, por exemplo. É necessário, portanto, um estudo das propriedades reológicas da substância (a reologia estuda as propriedades e o comportamento mecânico dos corpos deformáveis que não são nem sólidos nem líquidos, como os géis). Esse trabalho está a cargo da professora Maria Rita Sierakowski, do Departamento de Química da UFPR. Os pesquisadores pretendem tentar novas vias de administração dos medicamentos que resultariam de seus estudos, já que é possível reduzir o tamanho das moléculas sem alterar ou anular suas propriedades.

As pesquisas com algas marinhas devem progredir significativamente no Brasil, pois o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) acaba de lançar um edital convocando pesquisadores a apresentar projetos de desenvolvimento de fármacos a partir do estudo dessas algas. Os recursos financeiros a serem liberados -R\$1 milhão para cada um dos três projetos escolhidos - deverão possibilitar maior integração entre os grupos de pesquisa na área. A equipe da UFPR está na disputa.

André Marques

Especial para Ciência Hoje/PR

ZEÓLITAS NA AGRICULTURA

A zeólita, mineral comumente utilizado pela indústria petrolífera, poderá ser empregada na agricultura para melhorar a eficiência no uso de água e nutrientes. A nova aplicação - que já está sendo patenteada - foi desenvolvida pelas unidades Pecuária Sudeste, em São Carlos (SP), e Solos (Rio de Janeiro) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), juntamente com o Centro de Tecnologia Mineral (Cetem), a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), todos no Rio de Janeiro.

As zeólitas são minerais cujas partículas têm uma distribuição espacial que forma canais e poros propícios para o armazenamento de água e nutrientes. "Havia relatos na literatura do uso dessa substância na agricultura e resolvemos investigar", explica o agrônomo Alberto Bernardi, chefe de pesquisa da Embrapa Pecuária Sudeste. Segundo ele, a pesquisa teve duas etapas. A primeira consistiu em coletar a zeólita, moê-la, retirar as impurezas e, depois, concentrá-la e enriquecê-la com nitrogênio, fósforo e potássio. Em seguida, o mineral foi adicionado ao substrato - no caso. areia - em quatro cultivos sucessivos de alface, tomate, arroz e ca-



A zeólita, mineral comumente utilizado pela indústria petrolífera, melhora a eficiência no uso de água e nutrientes na agricultura

pim, o que seria equivalente a um ano de plantio constante no campo. "Conseguimos usar o substrato sem a necessidade de repor nutrientes, mesmo para culturas que os demandam em grande quantidade, como o alface e o tomate", conta Bernardi. A pesquisa constatou ainda que um solo arenoso com 10% de zeólita tem sua capacidade de armazenar água aumentada em 68%.

Os pesquisadores trabalham agora na segunda fase do estudo, em que procuram usar a zeólita para impedir que o nitrogênio presente na uréia usada como fertilizante escape para a atmosfera, melhorando assim a eficiência no uso desse produto. Segundo o agrônomo, essa etapa deve estar concluída até o fim deste ano.

MARCO PETROLÍFERO • Um consórcio formado pela Petrobras, pela empresa britânica BG e pela portuguesa Petrogal encontrou recentemente um reservatório de óleo leve em águas ultraprofundas da bacia de Santos (SP). O fato abre uma nova fronteira exploratória e representa um marco histórico da atividade petrolífera, pois o poço está a 2.140 m de profundidade e é o primeiro a ultrapassar uma camada de sal de mais de 2 mil metros de espessura no subsolo marinho e encontrar petróleo.

Denominado 1-BRSA-369A-RJS (1-RJS-628A), o poço, ainda em perfuração, fica a cerca de 250 km da costa sul da cidade do Rio de Janeiro e a 280 km da Refinaria Duque de Caxias (Reduc).

Alerta no ar do Rio de Janeiro

s concentrações atmosféricas do poluente formaldeído, liberado pela combustão do gás natural veicular (GNV) e de outros derivados do petróleo, vêm aumentando desde o ano 2000 de forma preocupante na cidade do Rio de Janeiro. A constatação baseia-se em dados obtidos por um estudo de acompanhamento da atmosfera urbana realizado pelo Laboratório de Cinética Aplicada à Química Atmosférica e Poluição da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

Com o objetivo de associar os teores de poluentes encontrados no ar com seus respectivos emissores, a equipe do projeto, coordenado pela físico-química Graciela Arbilla de Klachquin, faz medições há cerca de oito anos em diferentes pontos da capital fluminense. Escolhidos em função da atividade econômica predominante e dos principais tipos de veículos que circulam, esses locais são considerados cenários típicos. Um exemplo é o túnel Rebouças, o mais extenso da cidade, utilizado diariamente por cerca de 190 mil carros de passeio.

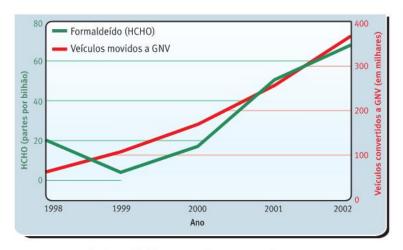
A metodologia utilizada nas medições é cara e exige técnicos especializados e equipamentos adequados. As amostras são coletadas em pequenos cartuchos com material absorvente, de onde os poluentes são depois extraídos por solventes. A solução é então submetida à cromatografia, técnica que revela quais os compostos presentes e suas concentrações.

As análises realizadas revelaram, a partir do ano 2000, um drástico aumento no teor de formaldeído na atmosfera, em relação a 10 anos atrás, em bairros como Tijuca, Bonsucesso e Centro. Na Tijuca, esse teor atingiu 150 partes por bilhão, valor de cinco a 10 vezes superior ao obtido em medições em meados dos anos 90. Os pesquisadores atribuem a elevação nos índices desse poluente ao aumento da quan-



Os veículos que circulam nas ruas do Rio de Janeiro – na imagem, engarrafamento na Linha Amarela, na altura de Bonsucesso – liberam substâncias que poluem o ar da cidade

ÁRCIA FOLETTO/AGÊNCIA O



A concentração de formaldeído na atmosfera acompanha o aumento do número de veículos que usam gás natural

tidade de carros movidos a gás natural. O formaldeído liberado pelos veículos é oxidado na atmosfera, reação que, entre outros produtos, forma ozônio, molécula de oxigênio composta por três átomos desse elemento. "Concentrações maiores de ozônio podem provocar problemas de saúde, como irritações nos olhos, nariz e garganta, envelhecimento precoce da pele e agravamento de doenças das vias respiratórias", explica Klachquin.

Segundo a pesquisadora, o Brasil é um dos países que mais utilizam os chamados combustíveis limpos – etanol, gás natural e biodiesel. Tais combustíveis, em comparação com a gasolina e o diesel, emitem menores quantidades de monóxido de carbono (CO), de material particulado e de compostos orgânicos voláteis, mas liberam outras substâncias que podem prejudicar a qualidade do ar, entre elas (no caso do GNV) o formaldeído.

A principal dificuldade nesse caso é a inexistência de leis que determinem limites para a emissão do formaldeído. Outro sério problema é a regulagem inadequada dos motores convertidos para o uso do GNV por oficinas mecânicas sem a capacitação necessária, que emitem o poluente em excesso – os veículos que já

saem das fábricas de automóveis adaptados a esse combustível liberam quantidades desprezíveis do composto. Assim, além da adoção de limites legais para a emissão desse poluente, são necessárias, para garantir uma atmosfera mais limpa, medidas como desenvolvimento de catalisadores e de motores adequados aos novos combustíveis (a exemplo do que foi feito nos anos 80 para os carros movidos a álcool) e maior fiscalização sobre as oficinas conversoras.

Os carros de passeio (82% da frota de 1,5 milhão de veículos do Rio de Janeiro) são responsáveis por 98% do monóxido de carbono presente na atmosfera do estado. Klachquin destaca que alterações na qualidade atmosférica são um reflexo das mudancas na frota de veículos e das tecnologias disponíveis. "O gás natural aparece como uma boa alternativa para essa frota, mas atividades de monitoramento constante são necessárias para avaliar e garantir a qualidade do ar", reitera. A equipe da pesquisadora pretende medir, em 2007, os efeitos das emissões de poluentes ocorridas na cidade sobre a floresta da Tijuca.

Mariana Ferraz Ciência Hoje/RJ

MEDICINA

BROMÉLIA ANTIALÉRGICA

Um extrato feito a partir das folhas maceradas da planta *Nidularium procerum*, da família das bromeliáceas, mostrou eficácia para inibir, em camundongos, a produção de moléculas envolvidas na resposta alérgica e diminuir a migração das células que participam desse processo. Embora em fase inicial, o estudo, conduzido no Laboratório de Imunofarmacologia do Instituto Oswaldo Cruz (IOC), da Fiocruz, no Rio de Janeiro, pode gerar novos medicamentos contra doenças alérgicas.

As propriedades antialérgicas da *N. procerum* não são as primeiras características medicinais da planta a serem constatadas. "Já havíamos detectado a capacidade antiinflamatória dessa bromélia", conta a bióloga Adriana Vieira de Abreu, do Laboratório de Imunofarmacologia do IOC, cuja tese de doutorado resultou na identificação das novas propriedades terapêuticas do extrato.

Os testes foram realizados em camundongos submetidos a dois modelos experimentais de inflamação alérgica. No primeiro, chamado pleurisia alérgica, foi induzido um processo inflamatório na cavidade pleural (compartimento entre a parede pulmonar e a membrana pleural, que envolve os pulmões). Os resultados foram confirmados em um quadro de intensa inflamação pulmonar, com características similares às da asma. "Este último modelo é o que mais se aproxima do mecanismo de resposta alérgica em humanos", informa Abreu.

O extrato inibiu a produção de mediadores lipídicos e peptídicos envolvidos no desenvolvimento da inflamação alérgica. Entre eles, destacam-se algumas quimiocinas, como a Rantes e a eotaxina, responsáveis pela migração dos eosinófilos, as principais células que participam do processo inflamatório alérgico. Os resultados são considerados promissores, mas Abreu ressalta que a pesquisa está em uma fase preliminar. "Precisamos agora identificar o princípio ativo presente no extrato que está por trás desses efeitos", conclui.

Creatina contra radicais livres

ma pesquisa acaba de comprovar a eficácia da creatina como inibidora da criação de espécies reativas de oxigênio (ERO's), também conhecidas como radicais livres, na respiração celular, em circunstâncias de hiperglicemia (excesso de glicose no sangue). O trabalho, realizado no Instituto de Bioquímica Médica da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), promete contribuir para o tratamento de enfermidades relacionadas à ação dos ERO's (moléculas que contêm oxigênio e cujos elétrons apresentam alto poder de reação com outras moléculas), como o diabetes e as doenças de Alzheimer, Parkinson e Huntington.

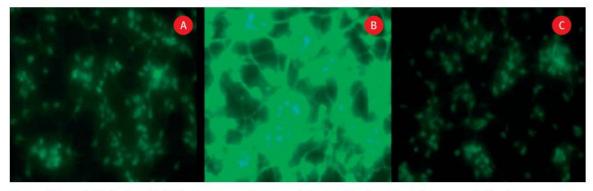
Em estudo anterior, realizado pelos mesmos coordenadores da presente pesquisa, os bioquímicos Antonio Galina Filho e Marcus Fernandes Oliveira, foi comprovada a relação entre a produção das ERO's e uma enzima, chamada hexocinase, capaz de ati-

var as moléculas de glicose e induzir sua quebra.

A célula obtém energia através de um processo chamado respiração celular. Nele, a molécula de glicose, açúcar obtido dos alimentos, é quebrada por uma série de enzimas. Nessa quebra, a energia liberada é armazenada em uma molécula chamada adenosina trifosfato (ATP) - uma adenosina difosfato (ADP) que ganhou um grupo fosfato. Trata-se de um ciclo: conforme ocorre a quebra de glicose, o ADP é enriquecido e se transforma em ATP. E quando a célula precisa usar energia para realizar alguma função intracelular, ela rompe a ligação entre o fosfato e o ATP, liberando energia, tornando-se novamente ADP e fosfato.

Grande parte dos radicais livres no organismo humano é formada durante a respiração celular, que, quanto mais lenta, mais produz espécies reativas de oxigênio. "O problema se dá quando há muita glicose a ser quebrada pelas células e todas as moléculas de ADP já estão sob a forma de ATP. O excesso de glicose continua a ser quebrado, mas como não há onde armazenar essa energia, ocorre mais formação de radicais livres, que procuram 'drenar' o excesso de energia produzida", explica Galina Filho. A novidade da pesquisa brasileira foi atribuir à enzima hexocinase papel fundamental nesse processo. "A hexocinase regula o ritmo da respiração a partir do ciclo ADP-ATP. Logo, o seu funcionamento poderia também regular a produção dos radicais livres", afirma o pesquisador.

O segundo trabalho, cuja revisão vai ser apresentada a uma revista internacional, acrescenta mais um elemento a esse processo: a creatina. "Como podemos acelerar a respiração celular, mesmo com alta concentração de glicose na célula, ou seja, com muito ATP? Essa foi a pergunta que



Para verificar a inibição de radicais livres pela creatina, neurônios de ratos foram tratados com substância que apresenta maior fluorescência à medida que aumenta a quantidade desses radicais químicos. Em neurônios expostos a condições normais de glicose (A), os níveis de radicais são baixos (menor fluorescência), mas em neurônios sob alta concentração de glicose (B) esses níveis sobem muito (maior fluorescência). No entanto, a adição de creatina, em situação de alto teor de glicose (C), reduz muito os radicais livres, como mostra a baixa fluorescência

tentamos responder na pesquisa", conta Galina Filho. A solução foi procurar outra enzima que fizesse essa função, a creatina-cinase. "Essa enzima retira o terceiro fosfato da ATP e o coloca na molécula de creatina, transformando-a em creatina-fosfato, que funciona também como uma fonte de energia, e produzindo um ADP como produto final", esclarece. A creatina pode ser encontrada em alimentos como o atum, o bacalhau e o salmão, além das carnes bovina e suína.

Nos experimentos feitos pelos pesquisadores, células do sistema nervoso de ratos foram colocadas em um meio de cultura contendo creatina e em outro meio (grupocontrole) sem o composto. Comparando a produção de radicais livres nas células nervosas, foi comprovada a ação benéfica da substância. "A creatina não possui contra-indicação, e a parte não utilizada pelo organismo é eliminada na urina", diz Galina Filho.

Futuro tratamento

Já existem relatos de um grupo nos Estados Unidos que está utilizando a creatina como protetora contra neurodegenerações em casos do mal de Huntington. Além de ser uma importante contribuicão para a compreensão do mecanismo intracelular relacionado à eficiência da creatina como um agente antioxidante, o estudo brasileiro propõe uma nova aplicação para a substância: no tratamento de pessoas com hiperglicemia (alto teor de glicose no sangue). Futuramente o grupo pretende administrar a creatina em ratos diabéticos e em camundongos com disfunção múltipla de órgãos, males também atribuídos à ação dos radicais livres e a distúrbios no controle da glicose sangüínea.

Rosa Maria Mattos Ciência Hoje/RJ



ECOLOGIA

RENDIMENTO DE PESCARIAS CAI

Um estudo inédito sobre a pesca de tubarões no estado do Rio de Janeiro, realizado pelo Instituto Ecológico Aqualung, constatou uma queda de 88% no rendimento das pescarias, além de uma redução no tamanho médio dos tubarões capturados. A pesquisa, supervisionada pelo biólogo marinho Marcelo Szpilman, baseou-se em entrevistas feitas com pescadores dos principais pontos de desembarque do estado.

Os resultados mostram que o tubarão-martelo (*Sphyrna* sp.), cujos estoques mundiais apresentaram queda de 90% nos últimos 15 anos, é o mais capturado e que espécies de pesca proibida, como o cação-anjo (*Squatina* sp.), ainda são apanhadas. Além disso, os entrevistados identificaram as proximidades da costa como o local mais utilizado para as pescarias. Segundo Szpilman, essas são as águas onde os tubarões procriam e é possível que a queda no tamanho médio dos animais seja reflexo da captura de filhotes, o que aumentaria os riscos de extinção.

Outro dado da pesquisa revela que o *finning* (modalidade de pesca na qual somente as nadadeiras do tubarão são aproveitadas) é praticado na região. A atividade exige altos índices de captura e contribui para a diminuição dos estoques.

A meta final do projeto é avaliar todo o litoral brasileiro, mas, na opinião do biólogo, infelizmente os resultados devem diferir apenas nas espécies capturadas. "Tubarões são de extrema importância para manter o equilíbrio do ecossistema marinho, mas sua preservação depende de políticas públicas que ofereçam alternativas aos pescadores e da 'desmitificação da fera' perante o público."



MUSEU VIRTUAL NA FIOCRUZ • O Museu da Vida da Casa de Oswaldo Cruz (unidade da Fiocruz) acaba de inaugurar um espaço destinado às crianças e aos jovens interessados em ciência: o museu virtual TryScience. Através de um quiosque multimídia, o usuário participa

de competições interativas, realiza experimentos em áreas como biologia e física, além de visitar centros científicos espalhados pelo mundo. A iniciativa está presente em 27 países, totalizando 120 quiosques como esse. A visita é gratuita e parte do conteúdo pode ser vista em www.tryscience.org.

Isaac Rodrigues Santos

Departamento de Oceanografia, Universidade do Estado da Flórida (doutorando)



Plásticos na dieta da vida marinha

Os animais marinhos estão apresentando distúrbios alimentares em parte análogos aos sofridos por seres humanos. Da mesma forma que as pessoas cada vez mais se alimentam da chamada 'comida rápida' (fast food) ou processada, os animais marinhos vêm ingerindo itens plásticos jogados às águas pelos humanos. Há semelhanças entre esses fenômenos: assim como existe uma lanchonete em cada esquina de nossas cidades, é possível encontrar rejeitos plásticos sobre a crista de cada onda do mar. Se os entregadores cruzam as cidades de moto para levar pratos prontos aos consumidores, as correntes marinhas 'entregam' plásticos flutuantes às mais longínquas praias, tornando-os 'presas' dificilmente recusáveis pelos 'predadores'. As implicações dessa poluição marinha, entretanto, são mais que preocupantes.

lixo marinho flutuante pode ser visto em todos os oceanos, inclusive em áreas sem presença humana, como no mar que circunda a Antártida. Pesquisadores da organização não-governamental norte-americana Fundação Algalita provaram que, em determinadas áreas, a massa de plástico é superior à massa de organismos marinhos. Não se trata da baía da Guanabara, para a qual não existem dados científicos disponíveis, mas sim do centro do Pacífico, o maior oceano do planeta! Grande parte desse plástico vem de rios que banham cidades costeiras. Ao chegar aos oceanos, o lixo é carregado por ventos e correntes marinhas acumulandose em locais específicos.

Os plásticos podem matar os animais marinhos através de dois mecanismos principais: ingestão e aprisionamento (ver 'Tubarões de coleira', em CH nº 224). Tartarugas e aves são os animais que mais consomem plásticos, embora já tenham sido observados golfinhos, peixes e até crustáceos microscópicos com plásticos em seus estômagos. Tartarugas parecem preferir sacolas plásticas por confundi-las com águas-vivas, um de seus principais alimentos. Já as aves são mais atraídas por esférulas plásticas, pequenos grânulos ovais usados como matériaprima para a fabricação de diversos utensílios. Depois de submetidas a processos industriais, as pequenas esferas plásticas são transformadas em copos, garrafas, sacolas e toda uma gama de produtos dos quais temos uma estreita relação de dependência. Essas esférulas são tão parecidas com certos tecidos biológicos que, na década de 1970, os cientistas que descreveram sua presença nos oceanos pensaram inicialmente tratar-se de ovos de peixe.

O lixo é hoje tão comum nos oceanos que quase 100% dos indivíduos de certas espécies de albatrozes (grandes aves que vivem a maior parte do tempo em mar aberto) apresentam plásticos em seus estômagos, seja em pequenas ou grandes proporções. Mesmo em baixas quantidades, os plásticos ingeridos são perigosos



As aves marinhas confundem as esférulas plásticas (mais esbranquiçadas), comuns no litoral da Bahia, com tecidos biológicos naturais (itens mais alaranjados)

porque obstruem o aparelho digestivo, causam lesões no estômago e liberam compostos tóxicos.

É importante lembrar ainda que pesticidas e muitos outros contaminantes químicos tendem a se associar a fragmentos plásticos. Em artigo publicado em 2001 na revista Environmental Science and Technology, pesquisadores da Universidade de Tóquio (Japão) demonstraram que as concentrações de determinados pesticidas são cerca de 1 milhão de vezes maiores nas esférulas do que na água do mar, o que pode trazer sérias consequências para aves marinhas que ingerem esses pequenos plásticos. Portanto, além de comer itens sem qualquer valor nutritivo, esses animais ingerem quantidades significativas de contaminantes químicos.

Mas o efeito mais dramático dessa ingestão acidental é muito difícil de ser observado. Aparelhos digestivos recheados de plásticos têm menor capacidade de assimilação de nutrientes oriundos de alimentos verdadeiros. Consequentemente, as taxas de crescimento, as reservas energéticas, as chances de evitar predadores e a capacidade de buscar alimento diminuem. Isso reduz a probabilidade de os animais sobreviverem e pode, em longo prazo, causar o colapso de determinadas populações. Além disso, existe um efeito cíclico e perverso: em um oceano com grande disponibilidade de plásticos, a atitude lógica de uma ave faminta e debilitada é exatamente ingerir o próximo plástico que cruzar o seu caminho.

O principal estudo brasileiro a avaliar a ingestão de plásticos por tartarugas foi liderado pelo biólogo Leandro Bugoni, do Núcleo de Educação e Monitoramento Ambiental (Rio Grande, RS), que atualmente se encontra na Universidade de Glasgow (Escócia). O trabalho apresentou resultados alarmantes: foram encon-

trados plásticos em 60% das carcaças de tartarugas recolhidas nas praias do Rio Grande do Sul – a maior taxa de incidência já registrada no mundo. Sacolas e cordas de plástico foram os tipos de materiais mais freqüentes. Pelo menos 13% das tartarugas morreram em decorrência da ingestão de plásticos – apenas 3 g já podem ser suficientes para obstruir completamente o trato digestivo de um animal juvenil.

A ingestão de plásticos está relacionada aos hábitos alimentares das tartarugas. As espécies que não perseguem suas presas, como a tartaruga-verde, estão mais sujeitas ao problema. A tartarugade-couro, que se alimenta principalmente de águas-vivas, também é um alvo fácil. Em observações feitas na costa francesa na década de 1990, por exemplo, Raymond Duguy e colegas demonstraram que o principal fator de mortalidade de tartarugas-de-couro é a ingestão de plástico. A captura acidental pelas redes de pesca foi considerada um fator secundário. O maior problema talvez esteja relacionado ao fato de que, por motivo desconhecido, as tartarugas fêmeas são mais propensas a ingerir plásticos.

Avaliações sistemáticas da presença de plásticos no litoral brasileiro ainda são muito escassas e por isso ainda não temos como saber a real extensão desse impacto. Apesar disso, as grandes taxas de mortalidade de animais marinhos causada por plásticos demonstram que as ações conservacionistas devem focar a redução dos níveis de poluição. É espantoso observar que o aumento da produção mundial de plásticos nos últimos 40 anos seja uma ameaça a animais como as tartarugas marinhas. Elas habitam o planeta há mais de 100 milhões de anos e sobreviveram aos períodos geológicos dominados pelos dinossauros, quando predado-



res aquáticos gigantes eram abundantes. Apesar de sua longa história evolutiva e ocorrência em todos os mares tropicais e subtropicais, as tartarugas marinhas encontram-se hoje em perigo de extinção.

Retomando o paralelo inicial, é possível afirmar que há uma importante diferença entre a 'comida rápida' dos humanos e a 'dieta plástica' dos animais marinhos: as pessoas se tornam obesas; os animais perdem suas reservas de energia. A alimentação humana é uma decisão consciente, com implicações geralmente individuais. Já os animais não sabem diferenciar 'o joio do trigo'. Enquanto plásticos estiverem à disposição nos mares, os animais seguirão sofrendo as conseguências dessa forma de poluição.

A solução passa primeiramente por um maior reconhecimento do problema e a aplicação rígida das leis ambientais. Mas o mais importante é, com certeza, excluir o item plástico do cardápio da fauna marinha através de educação ambiental da população. As pessoas devem ser informadas sobre como pequenas ações individuais podem trazer consequências letais. Usar menos plásticos, reaproveitá-los e colocá-los no local adequado são conceitos que podem e devem ser mais bem difundidos. Ou seria mais fácil ensinar aves e tartarugas a não comer plásticos?

Tartarugas são afetadas não apenas por atividades pesqueiras, mas também pelos plásticos. Nas praias do Rio Grande do Sul, 60% apresentam plástico no aparelho digestivo ENTOMOLOGIA Novas teorias tentam explicar como e por que os cupins constroem ninhos

Arquitetos da natureza

Ana Paula Albano Araújo

Programa de Pós-graduação em Entomologia, Universidade Federal de Viçosa Og DeSouza

Departamento de Biologia Animal, Universidade Federal de Viçosa

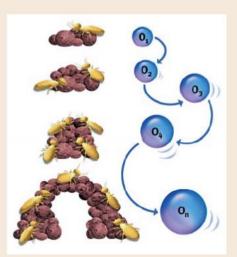
Figura 1. Representação esquemática da construção das paredes de ninhos de cupins de solo. Cada operário libera feromônios. promovendo um efeito 'bola de neve' na atração de novos operários e permitindo assim a sincronização do trabalho

s ninhos de cupins dominam muitas paisagens e são uma das mais notáveis construções do reino animal. Embora esses insetos sejam considerados pragas em diversas culturas e nas áreas urbanas, muitas espécies têm grande importância ecológica nos ecossistemas tropicais, contribuindo para o ciclo de nutrientes nas florestas e para mudanças (maior aeração e fertilidade) na estrutura do solo. Por isso, são chamados de 'engenheiros do ecossistema'. De fato, os cupins fazem jus a

esse nome, não só pelos benefícios que trazem ao ambiente, mas também pela construção de seus ninhos.

Os insetos sociais exibem diversos comportamentos complexos – um exemplo é a 'dança das abelhas', na qual uma delas transmite às demais informações (localização e grau de importância) sobre uma fonte de alimento recém-descoberta. No caso dos cupins, a construção de ninhos de arquitetura sofisticada parece se incluir nesse universo de comportamentos complexos, e vem, há muito tempo, atraindo a atenção de cientistas. Como organismos tão simples são capazes de construir estruturas tão elaboradas?

Segundo o ponto de vista tradicional, sociedades de insetos foram, no curso da evolução, se aprimorando até chegar à forma atual, com indivíduos capazes de 'entender' e executar ordens muito complexas. Esse raciocínio considera conceitos básicos como: 1) comportamentos elaborados só podem surgir de indivíduos complexos; 2) há um controle hierárquico das ações a serem executadas por membros



de uma colônia. Pesquisas recentes, porém, apontam em outra direção: vários comportamentos complexos típicos de insetos sociais podem se originar a partir da ação de indivíduos simples, que executam ações simples, sem deter qualquer informação global sobre o grupo. Em outras palavras, ações localizadas e executadas por integrantes de uma colônia podem gerar padrões espaço-temporais de grande complexidade, sem a existência de um controle hierárquico.

Essa 'emergência de ordem espontânea' – ou 'autoorganização' – é conhecida há muito em sistemas físicos e químicos, nos quais é comum o surgimento de padrões macroscópicos a partir de processos e interações ocorridas em nível microscópico. Nos sistemas biológicos, a auto-organização já foi observada em inúmeros processos (alguns associados aos sistemas imunológico e neural, por exemplo). Processos de auto-organização podem ser gerados por 'objetos discretos' (indivíduos) que se interconectam e têm comunicação mútua (trocam informação) com os vizinhos mais próximos. Essa interação pode originar padrões espaciais ou temporais, como comportamentos coletivos de insetos sociais (busca de alimento, construção de ninhos e defesa, por exemplo).

Entre os insetos sociais, a organização das formigas tem sido amplamente estudada através de experimentos que envolvem situações reais e simulações com modelos computacionais. Tais estudos mostram que, para que uma atividade seja realizada de forma perfeita, deve haver um número ideal de formigas.

Abaixo desse número não há sincronização do trabalho, porque o contato entre as formigas é insuficiente. Acima da quantidade ideal, a atividade também se torna ineficiente, pois a alta freqüência de contato entre as operárias impede que o trabalho ocorra de forma ordenada. Assim, a auto-organização surge quando há um número ideal de formigas na área, que representa a fronteira do caos – ou seja, afastando-se desse número, a organização não existe.

Assim, muitos comportamentos antes atribuídos à cooperação entre os indivíduos de uma colônia estão sendo analisados hoje com base nas teorias de auto-organização. Ao executar uma tarefa em conjunto, um operário de cupim não está necessariamente colaborando com os demais membros da colônia. Antes disso, ele pode estar seguindo uma tendência inevitável de sua conformação biológica.

Sabe-se há muito tempo que o processo de construção de ninhos pelos cupins segue regras locais, e não receitas completas que abrangem toda a seqüência da construção. Em 1959, o zoólogo francês Pierre-Paul Grassé (1895-1985) chamou de 'estigmergia' a comunicação indireta entre indivíduos de cupins, que ocorre através das características dinâmicas de uma dada estrutura de construção dos ninhos. A estigmergia pode ser considerada um processo de auto-organização porque regras locais podem originar padrões globais complexos, mesmo na ausência de uma norma rígida que estabeleça toda uma seqüência comportamental.

Os cupins são organismos eussociais (verdadeiramente sociais), porque exibem as seguintes características: cuidados com a prole, divisão do trabalho, sobreposição de gerações e existência de castas estéreis. Isso pode favorecer sua notável capacidade de auto-organização e explicar por que seres tão pequenos (cerca de 1 cm) e cegos são capazes de construir ninhos tão elaborados, com cerca de mil vezes o seu tamanho corporal!

A construção do ninho é iniciada pelo casal real. Após o vôo de acasalamento, o rei e a rainha escolhem um local, perdem as asas e iniciam a constru-

ção. Nas espécies que vivem no solo (como as do gênero *Cornitermes*), essa construção ocorre basicamente através de deposições sucessivas de partículas de barro, cimentadas por fezes e saliva dos cupins. Cada nível da estrutura do ninho (cerca 1 cm de altura) é construído por pilares interconectados com tetos abaulados. Mas o que regula essa construção?

Na verdade, no início da construção não existe qualquer forma de coordenação das tarefas e as partículas são depositadas aleatoriamente. Essas partículas, porém, estão impregnadas com feromônios – substâncias emitidas pelos cupins e responsáveis pela atração de novos operários, por um mecanismo de realimentação (feedback) positiva (um efeito 'bola de neve'). Cada operário que atua na construção libera mais feromônio, o que aumenta a concentração deste e resulta na agregação de novos operários (figura 1). No entanto, esse mecanismo só funciona se houver uma adequada densidade de operários no local. Caso faltem operários, o feromônio emitido evapora e a construção é interrompida. O mesmo processo é observado durante a realização de reparos de danos no ninho ou nas buscas por alimentos.

O interior dos ninhos normalmente é dividido em uma câmara onde se aloja o casal real e câmaras que abrigam os indivíduos imaturos, conectadas por galerias (túneis) de forrageamento. Os ninhos de certas espécies, como *Cornitermes cumulans*, podem ter locais específicos para armazenar alimentos. Nos das espécies de Macrotermitinae (ausentes no Brasil) há locais próprios para a criação de colônias de fungos.

Os tipos de ninhos construídos estão relacionados ao processo evolutivo e ao hábito alimentar de cada espécie de cupim, já que eles limitam o tamanho da colônia e suas estratégias alimentares. Os cupins considerados mais primitivos (que teriam surgido primeiro ao longo do processo evolutivo) constroem galerias dentro de estruturas de madeira, seu alimento (ver 'Cupins ou besouros?', em *CH* nº 202). Já os cupins tidos como mais derivados (que surgiram mais tarde ao longo da evolução) constroem seus ninhos de forma independente do alimento.

Para os cupins de madeira seca (família Kalotermitidae), os ninhos constituem a própria fonte de alimento e duram menos que os de outros tipos, já que a madeira se esgota com o tempo. Já os cupins mais derivados, ao construir ninhos 'isolados' do seu alimento, tornam-se menos limitados. Entre esses ninhos estão os chamados epígeos (construídos acima do solo) e os hipógeos (subterrâneos). Os primeiros dominam várias paisagens, sendo muito comuns no cerrado brasileiro e também em áreas de pastagens (figura 2), enquanto os subterrâneos, construídos por

Figura 2.
Ninhos epígeos
(acima do solo)
de formatos
distintos
– o ninho
da direita,
quebrado,
permite ver
o interior







muitas espécies de cupins da região tropical, passam despercebidos aos nossos olhos (figura 3). A forma mais especializada, porém, é o ninho arbóreo, que, embora instalado sobre troncos e galhos de árvores, mantém conexões com o solo – tais ninhos ocorrem apenas em espécies da família Termitidae (Nasutitermitinae) (figura 4).

Por que construir ninhos?

A construção de ninhos, por cupins e outros insetos sociais, permite maximizar o contato entre os indivíduos da colônia e promove maior sucesso na comunicação através da troca de informações de forma precisa. Essa comunicação ocorre por contato entre os indivíduos, seja mecânico (sensores táteis nas antenas, por exemplo) ou químico (liberação de feromônios).

A proximidade entre os integrantes da colônia contribui para a transferência de alimento dos operários (que o trazem para o ninho) para as demais castas e indivíduos ainda imaturos. O alimento é solicitado através de contato entre os indivíduos e recebido por trofalaxia anal (transferência de comida



Figura 3. Ninho subterrâneo de cupim, aberto ao meio para mostrar a estrutura

líquida digerida e de simbiontes intestinais) ou bucal (transferência de saliva e comida regurgitada). Além disso, o forrageamento sob a proteção de túneis facilita o contato com feromônios e hormônios – que inclui, por exemplo, a inibição da maturação sexual dos reprodutores secundários da colônia (indivíduos capazes de substituir o casal real, se este morrer).

A mais notável função dos ninhos, no entanto, é conferir proteção contra inimigos naturais ou fatores não biológicos. Os cupins, por exemplo, têm corpo mole e frágil, e sofrem rápida dessecação se expostos ao ar seco e ao sol (figura 5). Além disso, os ninhos, em geral resistentes, fornecem proteção mecânica contra predadores, como as formigas. Algumas espécies de cupins apresentam ainda notáveis adaptações que complementam tal proteção. Nos gêneros *Cryptotermes* (Kalotermitidae) e *Reticulitermes* (Rhinotermitidae), por exemplo, a conformação da cabeça (cápsula cefálica) permite que seja encaixada nos orifícios do ninho, bloqueando-os e impedindo a entrada de predadores.

O ninho também pode servir como local de depósito de alimento, como já citado. Para espécies da família Kalotermitidae (cupins de madeira seca), o ninho é a fonte de alimento, e não há necessidade de sair dele em busca de comida. Já algumas espécies de Termitidae (subfamília Macrotermitinae, ausente no Brasil) cultivam dentro do ninho os fungos dos quais se alimentam, mas para que estes se desenvolvam a temperatura deve permanecer em torno de 30°C e a umidade próxima à saturação.

Outro benefício do ninho é a regulação da temperatura e de trocas gasosas (figura 6), que contribui para a homeostase da colônia, ou seja, a manutenção das condições propícias ao desenvolvimento dos cupins, independentemente das variações ambientais. A arquitetura dos ninhos varia em função da temperatura ambiental. Em regiões muito quentes, apresentam várias reentrâncias nas paredes e um aspecto mais irregular, o que aumenta a área de superfície e facilita a regulação da temperatura interna. Na savana africana, por exemplo, têm formato de catedrais (são altos e pontiagudos). Já em regiões frias a arquitetura tende a ser mais simples, com a superfície interna reduzida e paredes espessas, o que evita a perda de calor.

Figura 4. Ninho arbóreo de cupim, construído sobre o tronco de uma árvore



Figura 5. Operários de cupim da subfamília Nasutitermitinae, em galerias construídas no tronco de uma árvore – o corpo é mole e o esqueleto externo frágil

Algumas espécies de cupim, em vez de construir o próprio ninho, coabitam os de outras espécies ou invadem ninhos desocupados: são os chamados cupins inquilinos. É comum a ocorrência de várias espécies em um mesmo ninho, mas essa convivência só é possível porque existem galerias independentes para cada espécie, o que evita conflito direto. Os companheiros de ninho são reconhecidos pelo odor, próprio de cada espécie, proveniente de hidrocarbo-

netos presentes em sua cutícula, que são transferi-

dos entre os indivíduos da colônia durante os conta-

tos entre eles. Um ninho de cupins pode ser pa-

rasitado, sem se defender, quando o inseto parasita

adquire ou imita o odor próprio da espécie atacada.

Esse odor pode ser obtido - como fazem algumas ves-

pas do gênero Polistes – a partir dos hidrocarbonetos

presentes na própria superfície das galerias do

cupinzeiro.

Há, porém, um conflito na adoção dessas estratégias. A menor área de superfície, em resposta à baixa temperatura ambiental, pode dificultar as trocas gasosas com o exterior, resultando no aumento da concentração de gás carbônico (CO₂). Talvez isso explique o maior sucesso adaptativo dos cupins nas regiões neotropicais: seus ninhos têm grande área de superfície, o que favorece a termorregulação e as trocas gasosas.

O cerrado brasileiro exibe alta densidade de ninhos de cupins, embora esse bioma seja constantemente afetado por incêndios. Após uma queimada, a temperatura chega a 74°C na superfície do solo, nível fatal para cupins. No entanto, acredita-se que o material argiloso das paredes dos ninhos proteja os cupins do fogo. A ocorrência de ninhos policálicos (ninhos satélites ou secundários, ligados ao principal) em uma mesma colônia também pode contribuir para reduzir a mortalidade nos incêndios, pois os indivíduos podem escapar para locais mais seguros, garantindo a sobrevivência da colônia.

Vários organismos podem utilizar os ninhos de cupins como abrigo, entre eles cobras, pássaros, vespas, abelhas, formigas, besouros, larvas de mariposas e borboletas, opiliões, aranhas e escorpiões. Por isso, são chamados de termitariófilos. Essa relação, denominada inquilinismo, favorece apenas as espécies que se aproveitam do ninho, não trazendo benefícios ou prejuízos para os cupins. Algumas formigas constroem, dentro dos cupinzeiros, galerias muito pequenas, nas quais os cupins não cabem, e assim podem capturar as crias destes e fugir sem dificuldades. Um dos maiores fatores de mortalidade de cu-

pins é a predação em seus ninhos por formigas, mas esses dois grupos de insetos também podem apresentar interações benéficas para ambos.

A alta resistência do material dos ninhos de cupim tem atraído o interesse dos engenheiros. Alguns estudos tentam reproduzir sinteticamente a saliva de cupim ('baba sintética'), buscando obter maior aderência em materiais de revestimento. Na zona rural, esses ninhos são muito usados para a construção de fornos de barro e para aumentar a fertilidade do solo antes do plantio, já que normalmente têm muita matéria orgânica e podem ser ricos em nutrientes essenciais. Entretanto, apesar da importância econômica e ecológica dos cupins, sabe-se relativamente pouco sobre esses pequenos engenheiros.

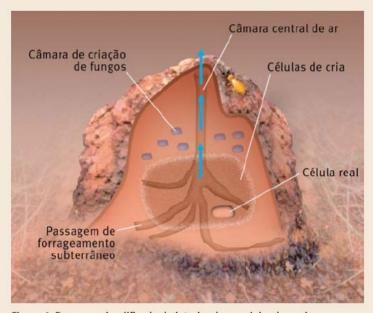


Figura 6. Esquema simplificado do interior de um ninho de cupins

Microscópicos e vorazes

Graças à sua elevada sensibilidade a modificações no ambiente em que vivem e ao papel que desempenham na cadeia alimentar, os protistas ciliados têm suscitado a realização de inúmeros estudos aplicados. Esses organismos unicelulares podem ser empregados, por exemplo, na avaliação da qualidade de ambientes lênticos (de águas paradas) e lóticos (de águas correntes) e no tratamento biológico de esgotos. Por Roberto Júnio Pedroso Dias (mestrando) e Marta D'Agosto, do Laboratório de Protozoologia da Universidade Federal de Juiz de Fora (MG), e Isabel Cristina V. S. de Castro (doutoranda) e Inácio Domingos da Silva-Neto, do Laboratório de Protistologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

s protistas ciliados foram descobertos no final do século 17 pelo holandês Antony van Leeuwenhoek (1632-1723), com o auxílio de um microscópio primitivo que ele próprio construiu. Os animálculos de Leeuwenhoek foram observados em água de chuva entre filamentos de algas microscópicas. Nos relatos enviados à Real Sociedade de Londres, ele apresentou ao mundo a vida em outra dimensão.

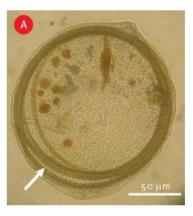
Com grande diversidade de formas e tamanhos, os protistas ciliados medem entre 10 micrômetros (o que equivale a um centésimo do milímetro) e 4,5 mm. Todos são dotados de cílios, usados na locomoção e na obtenção de alimento e dispostos de forma variada, mas na fase adulta alguns perdem essas estruturas. Em sua maioria são organismos de vida livre que ocupam ambientes marinhos, terrestres e

de água doce. Estabelecem vários tipos de relações ecológicas com outros organismos, vivendo como parasitos, comensais, mutualistas e epibiontes (que subsistem sobre outros organismos).

A disponibilidade de alimento é o fator que controla a distribuição dos protistas ciliados nos diferentes ecossistemas. Eles se alimentam de bactérias, hifas (hastes) de fungos, outros protistas (diatomáceas, flagelados, amebas e outros ciliados), diversos detritos e animais microscópicos (figura 1). A ampla gama de mecanismos alimentares que desenvolveram é uma resposta aos variados tipos de alimento a seu dispor e às diversas condições ambientais. O principal mecanismo alimentar é a fagocitose (ingestão de partículas sólidas), que consiste em três etapas principais: captura do alimento, formação de um vacúolo digestivo e digestão, auxilia-

da por lisossomos (vesículas repletas de enzimas digestivas)(figura 2).

De acordo com sua estratégia de fagocitose, os ciliados se classificam em filtradores (alimentam-se de pequenas presas, principalmente bactérias e detritos, filtra-



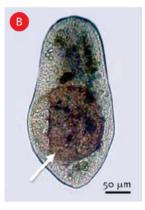


Figura 1. Ciliado onívoro (que ingere diversos tipos de alimento) da espécie Frontonia leucas após ingerir uma cianobactéria filamentosa (indicada pela seta em A) e após ingerir uma tecameba, um tipo de ameba com carapaça (indicada pela seta em B)

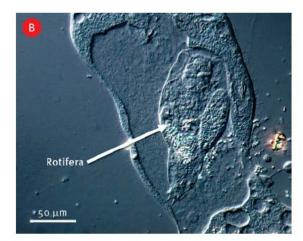


Figura 2. Ciliado do gênero *Spathidium* antes de se alimentar (A) e após ingerir um rotífero, animal microscópico, indicado pela seta (B)

das por ação ciliar), raptoriais (predam bactérias, diatomáceas, flagelados, outros ciliados, metazoários e tecidos animais) e suctoriais (organismos sésseis, que vivem aderidos a outros organismos ou a substratos não vivos e capturam suas presas por meio de tentáculos) (figura 3). Algumas espécies podem ingerir em média 100% de seu volume em uma hora.

Nos filtradores, a taxa de captura é proporcional à concentração das partículas alimentares na área de filtração e à velocidade da corrente de água gerada por seus cílios. Nos raptoriais, a taxa de captura está relacionada com o tamanho das presas e com sua concentração. Quando as partículas ou presas são menores que os ciliados, a filtração é o mecanismo mais eficiente, mas, se a presa for maior que eles, predomina o mecanismo raptorial. Como os suctoriais são organismos sésseis, sua taxa de captura depende da mobilidade da presa. Eles podem ser observados sobre outros ciliados, comportandose como oportunistas, pois capturam presas atraí-

das pela corrente de água produzida por ciliados filtradores.

Aplicações dos ciliados

A participação dos protistas ciliados no tratamento biológico de esgotos permite a produção de um efluente clarificado e de boa qualidade. Além de contribuir para a remoção da matéria orgânica dos esgotos, eles reduzem, com sua atividade predatória, o número de bactérias suspensas no meio líquido. Nos últimos anos, vem crescendo o número de estudos sobre o emprego de protistas na avaliação da eficiência operacional de estações de tratamento de esgoto que utilizam o método biológico.

Trabalhos recentes têm investigado sua eficiência no monitoramento ambiental de ecossistemas aquáticos, principalmente rios e córregos. A rápida degradação dos ambientes de água doce, por meio das muitas atividades humanas, produziu avanços importantes nos métodos de avaliação das condições







Figura 3. Ciliado filtrador do gênero *Vaginicola*, que vive sobre moluscos aquáticos (A); ciliado suctorial do gênero *Acineta*, que vive sobre moluscos aquáticos (B); e ciliado raptorial do gênero *Lembadium*, encontrado em um tanque de bromélias da mata atlântica (C)

FOTOS DE ISABEL C. V. S. CASTRO



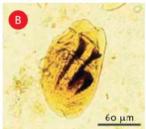


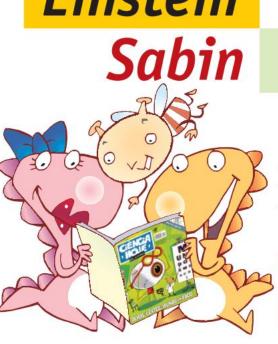
Figura 4. Ciliados encontrados no estômago de ruminantes. Em A, um indivíduo maior (Metadinium, círculo azul) após ingerir outro menor (Ostracodinium, círculo vermelho). Em B, imagem ampliada de um ciliado do gênero Metadinium após ingerir um ciliado do gênero Ostracodinium

gerais desses ecossistemas, visando à sua conservação ou recuperação. O método biológico analisa comunidades biológicas que dependem das condições ambientais durante todo o dia e que são suficientemente sensíveis para revelar o grau de poluição dos recursos hídricos.

O uso de protozoários como bioindicadores tem sido apontado como de grande potencial para avaliação da qualidade da água. O curto ciclo de vida e a alta taxa reprodutiva desses protistas permitem a detecção de impactos ambientais de curta duração. Esses organismos respondem diretamente a mudanças no perfil químico e são sensíveis a dosagens muito pequenas de contaminantes. Além disso, apresentam ampla distribuição geográfica, sendo componentes essenciais de quase todos os ambientes, podendo ser obtidos em quantidade estatisticamente aceitável. A alta sensibilidade às condições físicas e químicas do ambiente pode ser explicada pelo fato de muitos protozoários apresentarem exigências específicas em relação às características

Vale lembrar ainda que os ciliados presentes no rúmen, o maior compartimento do estômago de mamíferos ruminantes (bois, cabras, ovelhas), atuam junto com a flora bacteriana na digestão da celulose, disponibilizando proteínas mais digestíveis para seus hospedeiros. Além de se alimentar de fibras vegetais, os ciliados do rúmen ingerem bactérias e outros ciliados (figura 4). Alguns estudos demonstram que a ausência desses organismos no rúmen acarreta problemas nutricionais que levam à perda de peso e à queda na produção animal (leite e carne).

Por seu comportamento nutricional, os protistas ciliados podem apresentar diversas faces: ocupam diferentes posições em uma cadeia trófica, interferem na produção animal e nos processos de depuração da água em estações de tratamento de esgoto ou atuam como predadores microscópicos, com voracidade comparável à dos grandes carnívoros.



Einstein Pasteur **Da Vinci** Sabin Galileu Newton

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

ASSINE 0800-7278999
www.ciencia.org.br

www.ciencia.org.br



ECOLOGIA Análises de DNA e datação de pólen revelam expansão da espécie no Sudeste e no Sul

Rotas de migração da araucária

Conhecida como pinheiro-brasileiro, pinheiro-do-paraná ou simplesmente araucária, a *Araucaria angustifolia* é considerada árvore símbolo do Paraná, dando nome a diversas cidades desse estado (Araucária e São José dos Pinhais), de Santa Catarina (Pinhalzinho e Pinheiro Preto) e do Rio Grande do Sul (Pinhal da Serra e Pinhal Grande). Análises modernas de DNA sugerem que a espécie povoou inicialmente planaltos do estado de São Paulo, expandindo-se em seguida na região Sul, hoje sua principal área de ocorrência. Por **Valdir Marcos Stefenon**, doutorando do *Instituto de Genética Florestal e Melhoramento de Plantas Florestais* da *Universidade Georg-August* (Goettingen, Alemanha).

os últimos anos, avanços nas técnicas de análise de regiões específicas do DNA têm fornecido informações essenciais para o conhecimento da diversidade e expansão da araucária no sul do Brasil. Além disso, recentemente a possibilidade de exploração de produtos secundários, como sementes e resina, nas florestas de araucária despertou o interesse pelo melhoramento genético das árvores e pela criação de reflorestamentos e áreas de preservação da espécie. Mas a escolha dos melhores locais para estabelecimento de áreas de conservação ou coleta de sementes depende de dados sobre a distribuição da diversidade genética das populações e de seus padrões de expansão.

A. angustifolia é a única espécie nativa da família Araucariaceae no Brasil. O gênero Araucaria, por sua vez, reúne 19 espécies exclusivas do hemisfério sul: duas oriundas da América do Sul e as demais da Austrália e de ilhas do sudoeste do Pacífico. A espécie é encontrada em uma vasta área no planalto sul-brasileiro, em regiões acima de 500 m de altitude, entre 18° e 30° de latitude sul, com predominância na região Sul do país (40% no Paraná, 31% em Santa Catarina e 25% no Rio Grande do Sul). Mas está presente também em pontos descontínuos do Sudeste (3% em São Paulo e 1% em áreas elevadas do sul de Minas Gerais e Rio de Janeiro) e apresenta pequenas manchas no extremo nordeste da Argentina e no leste do Paraguai.

Fragmentos de floresta de araucária em região de planalto no Rio Grande do Sul



PRIMEIRA LINHA

Caminhão pronto para transportar madeira de araucária no início dos anos 70 Nos estados da região Sul do Brasil, onde mais se adensam os pinhais, o clima predominante varia de subtropical a temperado, com temperaturas médias de 20°C a 21°C no verão e de 10°C a 11°C no inverno e precipitação média de 1.500 a 1.750 mm anuais, com variações extremas de 1.300 a 3.000 mm anuais.

Exploração das florestas de araucária

Quando os europeus chegaram ao Brasil, a araucária dominava uma vasta floresta de aproximadamente 200 mil km² no planalto sul-brasileiro, consorciada especialmente com espécies das famílias Lauraceae, Mirtaceae e Aquifoliaceae. Devido à alta qualidade de sua madeira, a araucária começou a ser explorada pelos portugueses no final do século 18, em áreas próximas ao litoral. Sua exploração em áreas mais distantes da costa se deveu à criação de vias férreas no final do século 19. A extração do produto em áreas mais remotas só se tornou possível a partir da década de 1930, com o transporte de madeira por meio de caminhões, o que intensificou o corte em grande escala das florestas de araucária. Diante da exploração extrema feita até meados dos anos 70 e da expan-

são da fronteira agrícola no sul do Brasil, essas florestas foram reduzidas a menos de 10% de sua área original. Hoje A. angustifolia é classificada como 'vulnerável' na Lista Oficial da Flora Ameaçada de Extinção, do Ibama, e na Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas, da União Internacional para a Conservação da Natureza.



Migração pós-glacial da A. angustifolia

O último período glacial foi um fator importante na determinação da moderna distribuição das espécies do hemisfério Norte, pois só após esse período ocorreu o repovoamento da maior parte do continente europeu e norte-americano (ver 'A era do gelo'). Espécies de árvores européias como o carvalho (gê-

A ERA DO GELO

O período conhecido como Último Glacial Máximo ocorreu entre 30 mil e 18 mil anos atrás e corresponde a um período em que a temperatura global média era aproximadamente 7°C inferior à atual. Essa queda de temperatura levou à formação de uma extensa camada de gelo sobre os continentes e à redução do nível do mar em mais de 100 m. Contudo, a magnitude desse resfriamento não foi

igual em todas as áreas do planeta. Nas maiores latitudes (regiões mais distantes do Equador) e no interior dos continentes, a redução da temperatura foi mais drástica. Em locais como o centro da Europa, as temperaturas devem ter sido aproximadamente 15°C mais baixas. No hemisfério Sul, a camada de gelo atingiu regiões mais austrais e elevadas, como a Patagônia e os Andes. Em áreas tropicais e subtropicais, essa redução foi de aproxima-

damente 5°C, mas a alteração no regime de chuvas foi marcante. Os períodos frios levaram à redução das precipitações, e largas áreas de florestas foram substituídas por vegetação semelhante à dos campos e cerrado. Nesse período, a sobrevivência de animais e plantas dependeu de sua capacidade de se abrigar em refúgios onde havia, principalmente, disponibilidade de água.

MARCADORES MOLECULARES

Marcador molecular é todo produto oriundo de um segmento específico de DNA ou de um gene expresso (como uma proteína). Os avanços recentes da biologia molecular tornaram possível detectar rapidamente a variabilidade genética de acordo com a sequência de DNA, gerando um grande número de marcadores moleculares. Esses marcadores podem ser aplicados em diversas áreas, da genética humana e médica ao melhoramento genético de animais e plantas. Diferentes experi-

mentos feitos no início da década de 1980 revelaram que o genoma de eucariotos (organismos cujo núcleo celular é envolvido por uma membrana) apresenta grande variedade de sequências de DNA repetidas. Entre elas está uma classe de pequenas seqüências com 1 a 4 nucleotídeos repetidas lado a lado que se tornou bastante conhecida. Distribuídas ao acaso no genoma, essas següências (denominadas microssatélites) são hoje amplamente utilizadas como marcadores moleculares. Por exemplo, a següência das bases guanina (G) e adenina

(A) posicionadas lado a lado várias vezes (GAGAGAGAGA...) em um ponto do genoma da A. angustifolia foi usada no estudo de populações naturais que geraram os resultados aqui apresentados. Em algumas árvores, essa seqüência ocorre 12 vezes, enquanto em outras ela é maior (entre 14 e 23) ou menor (entre 5 e 11). Tal variação permite analisar a diferença entre indivíduos de uma população e determinar a diversidade e possíveis relações entre indivíduos e populações.

nero *Quercus*) têm sido exaustivamente estudadas, e suas rotas de migração pós-glacial são conhecidas e confirmadas por meio da análise de regiões específicas do DNA. No caso da araucária, a análise de regiões do DNA conhecidas como microssatélites está sendo utilizada com o objetivo de esclarecer os padrões de migração da espécie no sul do Brasil (ver 'Marcadores moleculares').

Estudos palinológicos (análise do pólen presente em camadas do solo) feitos no final da década de 1990 sugerem que durante o último período glacial a araucária era encontrada nas regiões Sudeste e Sul do Brasil, mas só em áreas protegidas, de baixa altitude, onde a quantidade de água disponível era suficiente para sua sobrevivência.

A reconstrução das rotas de migração a partir de análises filogeográficas (relação entre populações distribuídas em diferentes áreas) de regiões microssatélites do DNA e a datação de pólen fossilizado sugerem que as florestas de araucária povoaram inicialmente áreas elevadas de Minas Gerais e São Paulo, na serra da Mantiqueira. Posteriormente, essas florestas teriam povoado os planaltos da região Sul, onde passaram a ser a principal formação florestal, cobrindo aproximadamente 35% do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Em Minas Gerais, formações vegetais com araucária podiam ser encontradas há mais de 48 mil anos, mas, devido a alterações climáticas que tornaram a região mais seca, essa vegetação foi substituída por cerrado há aproximadamente 8 mil anos. A primeira expansão de populações de araucária rumo às terras altas do estado de São Paulo deve ter ocorrido há cerca de 3 mil anos, quando as condições climáticas (principalmente os níveis de pluviosidade) se tornaram mais propícias à espécie. Uma expansão mais pronunciada da floresta de araucária pelo planalto paranaense deve ter ocorrido há 1,5 mil anos; no planalto catarinense e no Rio Grande do Sul, presume-se que o mesmo fenômeno tenha ocorrido há cerca de 1.000 anos e 800 anos, respectivamente.

O futuro do pinheiro-brasileiro

Análises do DNA, que registraram alta diversidade genética e elevado grau de diferenciação entre populações, mostram também a importância da preservação de áreas estudadas como fonte de diversidade da araucária. Entre as populações analisadas, uma está no Parque Estadual de Campos do Jordão (SP), uma reserva legal, e as demais são áreas de preservação mantidas em propriedades particulares da empresa Klabin S/A (Paraná e Santa Catarina) e da família Acauan (Rio Grande do Sul).

Além de confirmar os dados palinológicos sobre a expansão da *A. angustifolia* no sul do Brasil após o período de glaciação, o estudo revela um dado importante para a preservação da diversidade genética da espécie. Em virtude da extensa distribuição da araucária, populações de todas as áreas onde ela ocorre devem ser levadas em conta em planos de conservação, pois, apesar da atual fragmentação, o *gene pool* (conjunto de genes) da espécie parece ser bastante amplo e estar distribuído entre os remanescentes de floresta.



ECOLOGIA HUMANA Modo de uso de áreas úmidas por moradores indica como devem ser conservadas

O exemplo dos ribeirinhos

O modo como populações humanas ribeirinhas de áreas úmidas do sul do Brasil vivem nesses ambientes e os utilizam pode ser uma alternativa para a conservação dos mesmos. Em vez de alterar os processos naturais, impedindo as inundações, como faz o modelo de ocupação e uso associado à expansão urbana nesses locais, os ribeirinhos adaptam-se às condições do ecossistema por meio de diversas estratégias de sobrevivência. Por **Rafael José Altenhofen** e **Leonardo Maltchik**, do *Laboratório de Ecologia e Conservação de Ecossistemas Aquáticos (Lecea*), da *Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos*).

s áreas úmidas estão entre os ambientes que apresentam maior biodiversidade e produtividade em todo o planeta, proporcionando variados recursos para a população humana. Como esses sistemas têm sido intensamente destruídos ou degradados, há uma crescente união de esforços internacionais para sua conservação. O sucesso dessas ini-







Figura 1. Ciclo de estiagem e inundação em uma planície às margens do rio dos Sinos

ciativas, porém, dependerá não só de decisões administrativas ou de estudos científicos, mas também do envolvimento dos diferentes setores da sociedade, e a participação das populações humanas que habitam e fazem uso direto das áreas úmidas será peça-chave nesse processo.

Muitas áreas úmidas em planícies de inundação do Rio Grande do Sul abrigam moradores ribeirinhos, que exibem diferentes formas de relação com esses ambientes e variados graus de dependência dos recursos que eles fornecem. No sul do Brasil, porém, as inundações são imprevisíveis e, por isso, podem afetar mais as populações dessas áreas. Assim, para permanecer nas áreas úmidas, os ribeirinhos são obrigados a responder aos pulsos esporádicos de inundação com estratégias que minimizem – com maior ou menor grau de sustentabilidade ambiental (ou seja, mantendo ou alterando pouco os processos naturais) – os impactos desses eventos sobre o seu modo de vida.

Embora muitos moradores vivam há gerações em tais ambientes, no Rio Grande do Sul, pouco ainda se conhece sobre suas relações com as características próprias desses locais. Recentemente, novas informações sobre essa interação foram obtidas por pesquisa de mestrado que envolveu ribeirinhos da bacia hidrográfica do rio dos Sinos, no estado. O estudo, realizado entre 2003 e 2004, com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e do Fundo Setorial de Recursos Hídricos (CT-Hidro), investigou as estratégias dos moradores locais (escolhidos em função dos distintos usos e formas de ocupação do ambiente) frente aos pulsos de inundação (figura 1).



Figura 2. Dique de contenção de cheias, construído em área inundável da bacia do rio dos Sinos



Figura 3. Moradia de ribeirinhos sobre elevação situada próximo ao rio dos Sinos

Adaptação às inundações

A distribuição das famílias ribeirinhas nas áreas úmidas do rio dos Sinos está relacionada a processos históricos, socioeconômicos e culturais. A ocupação desses ambientes, iniciada com o aproveitamento de rios como vias de transporte, é marcada atualmente pela crescente migração de populações marginalizadas para áreas de preservação permanente (entre elas as áreas úmidas, as margens dos cursos d'água e outras). Os moradores atuais desses ambientes mesclam elementos característicos das sociedades urbano-industriais com aspectos de uma cultura específica, que incorpora as alterações ambientais em seu modo de vida.

Os ribeirinhos reconhecem e interpretam processos ambientais das áreas úmidas, principalmente as dinâmicas hídricas do rio, que têm importante papel na organização de suas vidas. O resultado é uma adaptação – em termos de cultura e organização familiar e econômica – a esses eventos, através da adoção de estratégias de sobrevivência que têm conseqüências diretas para o uso e a manutenção de tais sistemas. Assim, essas áreas úmidas tornam-se um ecossistema ainda mais complexo, onde o elemento humano faz parte da intrincada rede de interações.

As inundações são fatores limitantes para muitas atividades dos ribeirinhos, mas suas estratégias permitem que ocupem e utilizem tais locais, de diferentes maneiras — as quais implicarão maior ou menor grau de sustentabilidade ambiental. Enquanto os modelos predominantes de ocupação urbana e de grandes propriedades agrícolas se desenvolveram buscando controlar as inundações por meio de diques (figura 2), aterros e drenagens, os ribeirinhos estudados adotaram outra prática, adaptando-se às cheias e permitindo a continuação destas nas áreas úmidas. Tais adaptações podem ser observadas em

diferentes aspectos do dia-a-dia dessas populações, desde seu sistema de construção e localização de casas até seus meios de subsistência e aspectos da relação de grupo entre esses indivíduos. A utilização, pelos ribeirinhos, de recursos das áreas úmidas sem impedir as inundações é um exemplo de uso sustentado de tais ambientes, capaz de assegurar importantes funções dos mesmos, como o armazenamento de água superficial, a recarga de aqüíferos (depósitos de água subterrâneos), a retenção de nutrientes, a estabilidade climática e outras.

A adaptação das moradias desses ribeirinhos às inundações segue basicamente dois sistemas. No primeiro, as casas são construídas em locais mais altos (quando existentes), onde as águas dificilmente chegam (figura 3) – trata-se de uma estratégia de resistência (não alterar as características). No segundo sistema, elas são erguidas sobre palafitas (figura 4), de modo que as águas das cheias atinjam

Figura 4. Moradia de ribeirinhos sobre palafita em planície de inundação



PRIMEIRA LINHA

Figura 5. Moradia de ribeirinhos construída em sistema misto



apenas a base da casa (cuja altura é calculada a partir das maiores cheias), e não seu interior – trata-se de uma estratégia de resiliência (recuperar-se após a inundação). Existe ainda uma variação, na qual a casa tem duas partes, uma das quais fica em um nível mais baixo e a outra, usada durante as cheias, em um nível mais alto (figura 5).

As fontes de subsistência dos ribeirinhos estudados são diversificadas, incluindo, nas áreas rurais, a agricultura, a pecuária ou o trabalho em olarias, e nas adjacências de áreas urbanas a catação (em depósitos de lixo urbano, regulares ou não) e uso de resíduos sólidos para a alimentação de suas criações ou de materiais recicláveis para comercialização.

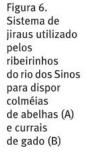
A diversidade de fontes de sustento é maior no caso dos moradores de áreas úmidas mais próximas de centros urbanos, que em sua maioria dispõem de menos recursos financeiros. Trata-se de uma estratégia de busca de auto-suficiência, baseada na diversificação localizada de recursos como forma de

diminuir a pressão sobre suas fontes de subsistência básicas e assim superar a instabilidade do ambiente em que vivem. Redes informais de comércio e troca também são utilizadas, já que ampliam a base de recursos dessas populações.

Os ribeirinhos estudados mostram estratégias de criação de animais diferentes das adotadas por populações agrícolas não afetadas pelas inundações. As criações abrangem gado bovino, eqüino e ovino, além de suínos, aves e abelhas (colméias), e esses animais são empregados em tração (arados, montaria e carroças), consumo próprio e comercialização (carnes e subprodutos como leite, ovos, mel e lã), e como moeda de troca por outros produtos.

Para enfrentar a redução das pastagens naturais para o gado nas cheias, os ribeirinhos têm diferentes estratégias. Entre elas estão o deslocamento dos animais para pastos em áreas mais elevadas (reservados para o período de inundações) e a permuta de pastagens entre os moradores – nesse último caso, o gado é transferido para pastos (não atingidos pelas inundações) em terras de vizinhos, e estes, em contrapartida, são autorizados a deslocar seu gado para as áreas mais baixas (e, por isso, com melhores pastagens) na época seca. O sistema beneficia ambas as partes. Em áreas que ficam totalmente inundadas nas cheias (atingindo todos os moradores), pequenos currais de gado, baias de cavalos, galinheiros, pocilgas e caixas com colméias de abelhas são construídos sobre estacas de madeira (jiraus) (figura 6), permanecendo suspensos acima do nível atingido pelas águas.

Assim como as criações, os cultivos agrícolas dos ribeirinhos também precisam ser adaptados às inundações e às características físicas das áreas úmidas.







Apenas moradores de locais mais elevados, dificilmente inundados e com maior drenagem do solo, podem cultivar – diretamente no terreno – espécies não adaptadas às cheias. Os que não vivem nessas áreas ajustam-se cultivando espécies adaptadas (nativas, por exemplo) ou aquelas cujo ciclo de plantiocolheita se enquadre nos períodos em que, normalmente, as inundações são menos freqüentes. A intensificação – não rara – das cheias nesses períodos pode ocasionar a perda total das plantações. Em função desses aspectos, outra estratégia muito usada pelos ribeirinhos é o cultivo de diferentes espécies vegetais de pequeno porte (hortaliças e plantas medicinais, condimentares e aromáticas) em caixas, latas ou vasos, sobre jiraus.

Uma alternativa sensata

Incorporar as inundações como inerentes às áreas úmidas e entender que o ser humano deve se adaptar a elas, ao invés de tentar impedi-las, são atitudes dos ribeirinhos que devem ser adotadas também em políticas públicas de conservação desses ambientes. Dentro dessa óptica, o envolvimento dessas populações ribeirinhas em propostas conservacionistas surge como uma alternativa sensata e com boas chances de atingir eficácia. Trata-se, portanto, não só de conservar um ecossistema, mas de manter inalterado um sistema socioambiental.

Muitos dos moradores de áreas úmidas estudados recorrem também, como estratégia de diversificação, ao extrativismo de espécies nativas, utilizadas para sua alimentação (frutos, por exemplo), como fitoterápicos (ervas e plantas medicinais, por exemplo), matéria-prima e combustível (lenha). A retirada de madeira da vegetação das margens dos rios é feita, sobretudo, com o corte dos galhos, de modo que os caules possam rebrotar, mas os ribeirinhos utilizam ainda, como alternativa, troncos trazidos pelas inundações.

Enquanto a caça é esporádica, sendo mais ocasional do que ativa, a pesca é bastante difundida, principalmente entre os ribeirinhos não-agrícolas e com menos recursos financeiros, e praticada visando ao próprio sustento. O pescado, muitas vezes, é conservado em viveiros submersos (figura 7) nos rios, arroios e lagoas, devido à ausência de geladeiras (e até de energia elétrica em muitas das moradias).

Outra estratégia bastante utilizada para combater as incertezas socioambientais, e que apresenta grande valor adaptativo, é a cooperação entre os ribeirinhos. Além da permuta de pastagens e da troca de produtos e alimentos, como já mencionado, eles podem construir casas em sistema de mutirão, realizar vigilância comunitária (para evitar furtos, por exemplo), criar animais de maneira compartilhada e realizar rodízio de ferramentas e equipamentos.



Também são comuns a carona (em canoas), o pouso ou estadia na casa de vizinhos durante as inundações, o auxílio em deslocamentos mais longos em períodos sem cheias e outros sistemas de apoio comunitário.

As chances de persistência desses sistemas socioambientais, porém, diminuem à medida que os ribeirinhos se tornam mais suscetíveis a influências culturais e socioeconômicas externas, que levem a mudanças em seus padrões de consumo, em especial se isso significar um aumento do consumo de bens industrializados (cuja aquisição exige uma maior exploração dos recursos naturais das áreas úmidas). Intervenções nas práticas culturais dessas populações, alterando esse modo de vida baseado na integração com o ambiente, podem não apenas comprometer os sistemas sociais, mas também pôr em risco a própria conservação das áreas úmidas.

Na bacia do rio dos Sinos, devido à forte pressão humana, tais ambientes sofrem risco de desaparecimento. No entanto, como são sistemas socioambientais, as propostas, tanto para sua conservação quanto para seu manejo, devem contextualizar os aspectos ecológicos na realidade social de seus moradores.

A presença humana nas áreas úmidas, suas conseqüências e potencialidades de intervenção, devem ser consideradas nos esforços interdisciplinares – envolvendo técnicos, ambientalistas, tomadores de decisão e a população em geral – no sentido da conservação desses sistemas. Da mesma forma, qualquer decisão que envolva possíveis reorientações desses ribeirinhos quanto à utilização que fazem dos recursos locais deve levar em conta os conhecimentos empíricos e modelos de uso (mais ou menos sustentáveis e adaptados aos processos naturais) das populações que convivem há gerações com as áreas úmidas.

Figura 7.
Viveiros
submersos,
para conservação
in vivo
do pescado,
construídos
com sucata
por ribeirinhos

O caçador de microfósseis

Quando menino, Setembrino Petri imaginava-se zoólogo. Nascido no interior de São Paulo, vivia em meio a animais, catando lambaris nos rios e sapos nos brejos. Mais tarde, já aluno do curso de história natural da Universidade de São Paulo (USP), imaginou-se botânico, encantado com as aulas do então catedrático da área, o botânico Felix Rawitscher (1890-1957). Mas logo surgiriam as aulas de geologia e uma paixão avassaladora pela paleontologia, que se manteve até o presente e pode ser apreciada pela disposição com que Setembrino Petri transita hoje, mesmo aposentado e com 83 anos, pelos laboratórios do Instituto de Geologia da USP. Querido por seus colegas e admirado pelos estudantes de pós-graduação, aos quais ainda orienta e dá aulas, Setembrino traz a marca de nascença do bom pesquisador e educador. Sempre atento e humilde, conquista todos com sua sabedoria.

Pioneiro nos estudos de microfósseis no Brasil, Petri montou e chefiou, ainda na década de 1950, o primeiro laboratório de micropaleontologia do país, em Belém (PA), e acompanhou de perto os esforços pela busca de petróleo no Brasil, contribuindo com suas pesquisas e seu conhecimento. Entre os diversos cargos e funções que exerceu, foi presidente e vice-presidente da Sociedade Brasileira de Geologia (SBGEO), de 1964 a 1966, e coordenador geral dos vestibulares e presidente da Fuvest, entre 1976 e 1983. Detentor de muitos prêmios e medalhas, como a Comenda do Ministério da Ciência e Tecnologia (1998) e o Prêmio Jabuti, da Câmara Brasileira do Livro, por sua obra *Geologia do Brasil* (1983), Petri não se tornou zoólogo como imaginava na infância ou botânico como cogitou na graduação, mas pode se orgulhar de ter seu nome em um gênero e três espécies fósseis diferentes. Homenagem mais que justa de colegas pesquisadores que reconheceram o valor e o prazer de conviver com Setembrino Petri.

Entrevista concedida a Renata Lourenço Lopes Hidalgo (Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental, Instituto de Geociências, USP), William Sallun Filho (Instituto Geológico-SMA/SP) e Vera Rita da Costa (Ciência Hoje/SP)

PERFIL

Como se deu a sua escolha pela área de paleontologia?

Na infância, sempre gostei de bicho. Fui menino curioso, criado no interior de São Paulo. Andava no mato, pescava lambaris e pegava bichos para criar. Desde pequeno, tinha mania de coletar sapos e besouros e fazer experiências com eles - cutucá-los, alimentá-los e essas coisas que todo moleque faz (ou, pelo menos, fazia naquele tempo). Acho que foi assim que surgiu a minha vontade de estudar história natural - eu queria ser zoólogo. Mas durante o curso, graças às excelentes aulas do professor Felix Rawitscher, comecei a gostar também de botânica. Até pensei em me dedicar a essa área, mas apareceram também as aulas de geologia e, novamente, mudei de rumo. Dessa vez para sempre.

Quem eram os seus colegas de turma no curso de história natural na USP?

Entrei na USP em 1942, e, naquele tempo, a geologia e a biologia eram ensinadas juntas, não eram cursos independentes, como hoje. Fazíamos o curso geral de história natural e depois nos especializávamos nas diferentes áreas. A primeira turma de geólogos, transferida da história natural, diplomou-se apenas em 1959, e acho interessante refletirmos sobre isso, pois às vezes me parece que a separação entre a biologia e a geologia prejudicou a concepção geral dos fenômenos naturais. Nós adquiríamos no curso de história natural uma visão muito boa, e só nos especializávamos depois. No tempo em que fiz a graduação, transitávamos pelas várias áreas do conhecimento, tínhamos contato com mestres das várias disciplinas que compunham a biologia e a geologia. Isso ampliava muito nossos conhecimentos e nossa cultura geral. Eu, por exemplo, escolhi a geologia, mas outros colegas de turma, como Francisco Lara e Antonio Brito da Cunha, se dedicaram a áreas diferentes. Lara enveredou para a bioquímica, enquanto Brito da Cunha se dedicou à biologia. Aliás, nós três éramos os únicos homens na turma que se formou em 1944. Entre as mulheres, estava [Maria Dolores] Ungaretti, que também seguiu carreira de pesquisadora, no Instituto de Biociências da USP. Éramos apenas 12 alunos nessa turma.

Com a separação dos cursos, esse trânsito pelas diversas disciplinas se tornou mais difícil. Hoje, os alunos da graduação já são de certa maneira especializados — ou são geólogos ou são biólogos. Acho uma pena que isso aconteça no início de seus estudos, quando ainda são tão jovens. Seria interessante que eles tivessem uma vivência semelhante à que tínhamos, porque, afinal, os conhecimentos da geologia e da biologia estão intimamente interligados. O geólogo precisa



do conhecimento da biologia, assim como os biólogos necessitam conhecer a geologia, para interpretar melhor os fenômenos de suas áreas. Sem essa visão mais abrangente dos processos naturais, as interpretações dos dados de pesquisa ficam muito mais restritas.

Além de Rawitscher, que outros professores influenciaram sua carreira?

Nas disciplinas relacionadas à geologia, destacavam-se, em vulcanismo, o barão de Fiore [Otorino de Fiore (barão de Cropani)] e, em mineralogia e petrografia, Ettore Onorato [1899-1971]. Ambos eram italianos e estavam entre os primeiros estrangeiros convidados a estruturar a Universidade de São Paulo. Eram muito bons em suas áreas e admirados pelos alunos, sobretudo o barão de Fiore, que era reconhecido no exterior por seus estudos sobre vulcões. No Brasil, no entanto, provavelmente pela ausência de vulcões ativos, ele se dedicou à paleontologia. Nas disciplinas de biologia, lembro-me de André Dreyfus [1897-1952] e do [geneticista russo] Theodosius Dobzhansky [1900-1975], que Dreyfus convidou para pesquisar no Brasil. Cheguei a assistir às conferências de Dobzhansky, um grande biólogo que uniu a genética à evolução.

O senhor estudou na USP no período da Segunda Guerra Mundial, entre 1942 e 1945. Como era o ambiente na universidade nessa época? Havia rivalidades políticas? O clima era de muito contato, tanto entre

O clima era de muito contato, tanto entre os alunos, quanto destes com os professores, acho que porque éramos poucos e a faculdade era ainda pequena e funcionava no casarão Barra do Garças, Goiás, 1947, entre os índios kalapalos, que pela primeira vez recebiam a visita de um avião. Da esquerda para direita: Setembrino Petri, Fernando de Almeida e Octavio Barbosa

da Alameda Glete. No período da guerra houve, sim, uma certa tensão, principalmente com relação aos italianos e depois que o Brasil entrou no conflito. Mas eu não cheguei a me inteirar muito desses assuntos. Apenas sei que o barão de Fiore acabou sendo afastado da universidade nesse período, e imagino que isso tenha acontecido devido à guerra, ao fato de ele ser italiano.

Era costume os melhores alunos de uma turma serem convidados a permanecer na universidade como professores assistentes.

Foi o que aconteceu com o senhor?

Eu gostava de pesquisar, mas não me considerava um excelente aluno. Na realidade, como éramos poucos e a universidade estava em seu início, havia muitas oportunidades de trabalho - bem diferente de hoje, não é? Meu primeiro emprego foi no Instituto Geográfico e Geológico [atual Instituto Geológico]. Fui para lá a convite de Plínio de Lima [1893-1980], diretor da seção de geologia e um grande petrógrafo. Mas fiquei apenas seis meses, pois logo surgiu um convite para voltar para a USP, para trabalhar com [Kenneth E.] Caster [1908-1992]. Na época, julguei que seria mais interessante retornar à universidade, porque Caster era paleontólogo, norte-americano, e tinha vindo para o Brasil muito interessado em conhecer os fósseis daqui. O primeiro assistente dele na cátedra era Josué Camargo Mendes [1918-1991]; o segundo era Rui Ozório de Freitas [1915-2003] e eu seria o terceiro. Quem me indicou para o cargo foi Camargo Mendes. Foi nessa época, sob orientação de Caster, que preparei meu doutorado sobre o Devoniano paranaense, mas oficialmente quem constou como meu orientador nesse trabalho foi o [geólogo alemão] Viktor Leinz [1904-1983], já que Caster retornou para os Estados Unidos antes de eu defender minha tese, em 1948.

Nessa área em que o senhor fez o doutorado já havia pesquisa no país?

Havia trabalhos esparsos, de reconhecimento, mas não detalhados, como o trabalho que fiz na bacia do Paraná. Foi um trabalho estratigráfico, no qual detalhei toda a coluna do período Devoniano. Descrevi as rochas sedimentares que a compunham, os fósseis presentes e busquei interpretar os fenômenos envolvidos. Levei três anos para realizar os trabalhos de campo.

E como foi feito o trabalho de campo? O senhor morou lá durante esse tempo?

Não dava para morar lá. No final da década de 1940, quando fiz o trabalho, não havia facilidade alguma. Não tínhamos bolsa nem auxílio de pesquisa ou reserva técnica, nenhuma dessas facilidades que existem hoje. O único apoio que tínhamos era o lombo de um burro! Para poder ir pesquisar no Paraná, concentrava as aulas na universidade em determinados meses e, assim, conseguia períodos longos para passar no campo. A região em que fiz a pesquisa ficava próxima à cidade de Tibagi, que naquele tempo era um fim de mundo. Quando muito, a cidade tinha meia dúzia de casas; asfalto, nem pensar. Para atravessar o rio Tibagi, só havia balsa e quando chovia muito era preciso ficar dias ou semanas esperando as estradas voltarem a ser transitáveis. Para ter uma idéia da precariedade, basta dizer que a pensão em que me hospedava era tão 'bem construída' que a fossa asséptica ficava acima da cozinha. Por isso, quando penso nos recursos disponíveis hoje para uma pesquisa de campo, chego a sorrir de satisfação. Veja o caso do GPS [sigla em inglês de Sistema de Posicionamento Global]. Com ele, é possível saber instantaneamente e com exatidão onde nos encontramos. Mas no tempo em que fiz minhas principais pesquisas de campo, éramos obrigados a nos valer de pontos de referência - do cruzamento de nível de acidentes geográficos - para nos localizar em um mapa, que muitas vezes era impreciso. Quando realizei esse trabalho, começava-se a falar do uso da fotografia aérea para reconhecimento, o que era visto,

Essa foi sua primeira pesquisa de campo? Que tipo de fósseis o senhor analisou em Tibagi?

na época, como uma grande inovação.

Trabalhei também em Jaguariaíva e Ponta Grossa, sempre no Paraná. Nessa pesquisa, analisei principalmente macrofósseis, para trabalho futuro do Caster. Apenas mais tarde, na década de 1950, comecei a me dedicar à microfauna, em especial aos foraminíferos [a macrofauna é visível a olho nu, ao contrário da microfauna, visível apenas ao microscópio]. Esse foi o primeiro trabalho importante que realizei sozinho, mas antes eu já havia feito outro trabalho de campo junto com Fernando Flávio Marques de Almeida [1926-], Octávio Barbosa [1907-1997] e Kenneth E. Caster. Com esses três bons amigos, viajei dois meses pelo Brasil para coletar fósseis, em 1946, em um tempo em que não havia estradas em Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul (os dois últimos estados ainda não estavam

separados) e ainda havia índios não contatados no país. Andávamos pelo cerrado e seguíamos, em geral, o curso dos rios. Fizemos essa viagem porque o Caster já preparava sua volta aos Estados Unidos e esperávamos mandar para lá muitos exemplares fósseis, para serem estudados. Ele queria produzir uma grande monografia sobre fósseis devonianos do Brasil, e eu deveria, inclusive, ir para os Estados Unidos, para ajudá-lo na descrição desse material. Então, partimos para a coleta e conseguimos muita coisa interessante. Juntamos cerca de 20 caixas grandes de fósseis nessa viagem, mas, próximo a Campo Grande, o câmbio do caminhãozinho que usávamos quebrou e fomos obrigados a despachar as caixas de fósseis por trem, para o Rio de Janeiro. A idéia era que, chegando ao Rio, as caixas fossem despachadas direto para os Estados Unidos. Mas o caso é que o Caster foi para os Estados Unidos e esperou a vida toda pelos fósseis, que nunca chegaram. Provavelmente, ficaram perdidos no meio do caminho, entre Campo Grande e o Rio de Janeiro.

Quer dizer que temos um tesouro paleontológico extraviado no país?

Certamente. Em algum fundo de estação, em um galpão perdido do Brasil, devem estar as caixas com os fósseis que levamos dois meses para coletar.

Sua ida para os Estados Unidos, então, não se realizou?

Fui assim mesmo, mas como não havia mais os fósseis para descrever, fui para outro laboratório, o de foraminíferos, em Sharon, Massachusetts, uma cidade próxima a Boston. Quem dirigia esse laboratório era [o paleontólogo] Joseph A. Cushman [1881-1949]. Eu havia consultado o Viktor Leinz, em busca de uma opção de laboratório para estagiar nos Estados Unidos, e ele, por sua vez, descobriu que esse seria um bom local para eu aprender sobre foraminíferos fósseis, um tema sobre o qual já estava interessado na época.

Estudar microfauna, em particular foraminíferos, era um tanto inusitado naquela época. A paleontologia se voltava mais para o estudo dos grandes fósseis, não dos microscópicos, não é? Por que o senhor se interessou por foraminíferos?

Realmente, naquele tempo os foraminíferos fósseis não tinham a fama que têm agora. Hoje, eles passaram a ser importantes evidências devido à sua evolução rápida, que permitia

estabelecer planos cronológicos quando mudava a fauna. Essa mudança era nítida entre o Cretáceo e o Terciário, e há muitos estudos sobre eles. Mas o meu interesse por esses fósseis foi bem anterior a isso. Surgiu em razão de uma viagem que fiz a Belém, no período entre a volta de uma excursão que fiz ao interior do Brasil para coletar fósseis e a minha ida para os Estados Unidos. Durante a viagem a Belém, em que acompanhei Antonio da Rocha Penteado [1924-1994], que era geógrafo, da USP, coletamos calcários que ficavam expostos quando a maré baixava no rio Guamá. Quando voltei para São Paulo e analisei esse material ao microscópio, vi que estava cheio de foraminíferos fósseis. Fiquei intrigado com aquilo e passei a estudar o assunto. Fui o primeiro a estudar foraminíferos fósseis no Brasil.

Quanto tempo o senhor ficou nos Estados Unidos? Como se manteve lá?

Fui para lá com uma bolsa do serviço geológico norte-americano, uma concessão de treinamento. Eles me permitiram ficar três meses no laboratório, em troca de ajudar em um mapeamento geológico que estava sendo feito no país. Foi uma experiência muito boa, porque pude conhecer e aprender bastante. Estive nas montanhas rochosas, escalei aquelas rochas e ajudei a mapeá-las. Viajei por todo o sul dos Estados Unidos, pelo Arizona, Colorado, e também pelo Novo México. Ao todo foram 13 meses nos Estados Unidos – três no laboratório e 10 no campo. Mas, mesmo tendo ficado menos tempo no laboratório fazendo pesquisa, aprendi bastante. Tanto que, quando voltei ao Brasil, comecei a escrever logo sobre os foraminíferos. No final de meu estágio, Caster insistiu em que eu fosse para o seu laboratório, na Universidade de Cincinnati, e permanecesse por lá, trabalhando com ele, mas como estava ocorrendo a guerra da Coréia, figuei com receio de solicitar a cidadania, o visto permanente, e ser mandado para o campo de batalha. Não quis arriscar.

Como foi trabalhar com os norte-americanos?

Fui tratado como igual, nunca senti preconceito por ser pesquisador brasileiro. Ao contrário, eles reconheciam a experiência e a disposição que eu tinha para o trabalho de campo. Mas talvez hoje isso fosse diferente, porque a competição em ciência é atualmente muito acirrada.

As condições para pesquisa que eles têm agora — e naquele tempo também — são muito melhores e, por isso, produzem muito. Mas há um ponto positivo para nós: aqui, somos todos polivalentes e sabemos fazer de tudo um pouco.

Lá, eles são muito especializados, cada um domina um pedacinho e faz uma parte do trabalho. Por isso, eles têm sempre muita gente trabalhando em um mesmo projeto. Lá, o chefe de um laboratório é chefe – ele reúne os dados e os publica. Não é como o pesquisador brasileiro, que se encarrega de todas as etapas do processo – do planejamento do trabalho de campo à sua execução e à divulgação final.

O senhor mencionou antes a importância dos foraminíferos como evidência da transição entre o Cretáceo e o Terciário.

Pode esmiuçar um pouco esse tema? Até a década de 1960, sabia-se muito pouco sobre a transição entre o Cretáceo e o Terciário no campo de micropaleontologia, ao contrário do que aconteceu com a macropaleontologia. Mas, a partir dessa época, os estudos de microfauna ou micropaleontologia começaram a revelar que, na transição entre esses dois momentos importantes da história da Terra, tinha acontecido uma renovação muito rápida da fauna e flora planctônica – um episódio de extinção de grandes proporções, mais visível entre os microfósseis, que se conservam em grande quantidade, do que entre os macrofósseis. Entre os grupos afetados por esse episódio estava o dos foraminíferos, o que é evidenciado pela grande quantidade de fósseis encontrados em várias partes do mundo, inclusive, no Brasil. Mais tarde, na década de 1980, outras evidências relacionaram pelo menos parte dessa grande extinção ao impacto de um asteróide, que teria afetado as condições climáticas de nosso planeta. Entre as décadas de 1960 e 1980, a micropaleontologia ganhou muito destaque e os fósseis de foraminíferos ficaram famosos. Além disso, essas microfaunas também se tornaram mais conhecidas porque estão associadas a rochas que contêm reservas de petróleo. Elas funcionam como indicadores, não apenas para a datação das rochas, como para se correlacionar camadas de poços ou afloramentos distantes e estabelecer estruturas como possíveis armazenadoras de petróleo. Tanto que, quando estava nos Estados Unidos preparando-me para voltar para o Brasil, fui contatado pelo Conselho Nacional do Petróleo (ainda não havia a Petrobras), para montar um laboratório em Belém. Naquela época, havia todo um esforço de perfuração na foz do Amazonas, pois se acreditava que lá poderiam estar contidas grandes reservas de petróleo do Brasil. Achei a idéia muito boa e, voltando dos Estados Unidos, fui direto para Belém, onde fiquei quatro anos trabalhando nessa área.

Mas, quando o senhor estudou os fósseis de foraminíferos que encontrou em Belém, sabia da possibilidade de aplicação desse conhecimento pela indústria petrolífera?

Não, eu não fui estudar foraminíferos por causa disso. Na época, já era sabido que os estudos de estratigrafia poderiam ser úteis para a localização de reservas, mas não relacionei esses fatos. Aliás, essa é uma característica que tenho: a última coisa em que penso é que algo vai me render dinheiro; nem sempre isso é bom! Sempre me deixei levar, na carreira, pelo gosto de estudar, pela empolgação de fazer ciência.



Campo Largo, Paraná, 1999

Como eram feitos os estudos para identificação de reservas de petróleo naquele tempo?

Usavam-se basicamente os conhecimentos da geofísica para determinar se havia a possibilidade de localizar camadas com potencialidade para petróleo e estimar em que profundidade poderiam estar. Esse método é usado ainda hoje, mas combinado com outros, como, por exemplo, a análise das amostras de sedimentos, que naquele tempo estava apenas sendo introduzida na pesquisa petrolífera. Quando fui para o Pará, lembro-me de um episódio que revela bem o início dessa colaboração entre a geofísica, a geologia e a paleontologia na prospecção de petróleo. Com base em estudos geofísicos, um geólogo norte-americano que dirigia os trabalhos estimou que o poço de Cururu, em Marajó, deveria ser perfurado até 8 mil metros. Os geofísicos deduziram que até essa profundidade haveria sedimentos que poderiam, potencialmente, gerar petróleo. Mas, conforme comecei a analisar os sedimentos, percebi que a cerca de 4 mil metros já se havia atingido um granito. Em um relatório, alertei para isso e aconselhei a parar a perfuração. Mas esse geólogo norte-americano e os geofísicos da equipe não concordaram. Eles alegaram que se tratava de uma intrusão de granito que logo seria "vencida" pelas brocas. Imagina! Intrusão de granito... Furaram mais de 180 m de granito até perceberem o erro. A verdade é que eles não conheciam nada da geologia do Brasil. Mas dominavam as técnicas da geofísica, além do fato de que a geologia norte-americana tinha muito prestígio entre nós. Depois desse episódio, é claro, passaram a acreditar mais no que

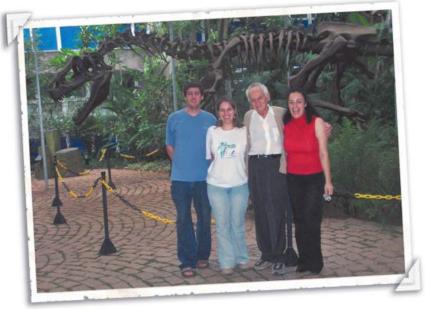
dizíamos e a aceitar melhor a nossa colaboração. Eu, em particular, fiquei com um cartaz danado entre eles e passei a acompanhar todas as perfurações, datando as camadas com base, principalmente, nos microfósseis.

Por que naquela época se acreditava que as reservas brasileiras de petróleo estariam na Amazônia?

Era uma condição imposta pela época: ainda se estava conhecendo a geologia do Brasil e não havia tecnologia para perfuração no mar, em profundidade, como há hoje. A expectativa era, então, encontrar petróleo nas bacias continentais, e para isso era preciso furar, para tirar testemunhos e analisá-los. Foi justamente nessa época que começou a se sedimentar a idéia de que não tínhamos, no Brasil, condições favoráveis para a formação de petróleo no continente, o que gerou muita polêmica.

Que tipo de polêmica?

O início da década de 1950 foi um período político conturbado no país. O nacionalismo corria solto e qualquer posição desfavorável ao país era vista como tentativa de 'boicote' ou de alinhamento com os Estados Unidos. Lembro-me do estudo do geólogo norte-americano Walter Link [1902-1982], que trabalhou para a Petrobras entre 1954 e 1960, no qual ele e sua equipe afirmavam – que a possibilidade de o Brasil possuir reservas comerciais de petróleo era remota. Link foi duramente criticado por isso, taxado como agente do imperialismo norte-americano e acusado de estar sabotando as pesquisas de petróleo no país. Mas é preciso



lembrar que na época em que ele fez essa afirmação ainda não existia tecnologia para a exploração submarina de petróleo. Considerando-se, portanto, a tecnologia da época, ele não estava errado. Hoje existe tecnologia para explorar petróleo em águas profundas e, graças a isso, o Brasil conseguiu encontrar muitas reservas submarinas. No entanto, como Link afirmava, o petróleo proveniente de campos sobre o continente é muito pequeno no Brasil.

Até que ano o senhor permaneceu em Belém, trabalhando para o Conselho Nacional de Petróleo?

Fiquei até 1954, quando Leinz me convidou para voltar para a universidade. Talvez eu devesse ter ficado lá, porque com a criação da Petrobras as condições de trabalho melhoraram muito. Na época, não acreditei muito que isso aconteceria, mas o tempo provou que minha avaliação estava errada. Mas, tudo bem, eu era muito jovem, tinha apenas 32 anos na época.

O senhor nota diferença entre os estudantes de hoje e os de seu tempo?

Noto que os alunos de hoje são mais bem preparados do ponto de vista tecnológico. Aliás, quem me ensinou a usar o computador foi meu neto de oito anos. Mas, por outro lado, percebo que essa linguagem padronizada e simplificada do computador tem interferido na maneira de eles se expressarem. Às vezes, por exemplo, custo a entender o sentido do que os alunos escrevem, pois a linguagem deles também está ficando fragmentada e simplória. Acho que, ao mesmo tempo em que se progrediu tecnologicamente, se regrediu culturalmente. Vou citar um exemplo de minha família:

No pátio do Instituto de Geociências da USP, da esquerda para a direita: William Sallun Filho (pesquisador do Instituto Geológico de SP), Alethéa E. M. Sallun (pós-graduanda do IG/USP), Setembrino Petri e Renata Hidalgo (pesquisadora do IG/USP)

meus pais eram gente simples. Meu pai era alfaiate e minha mãe dona de casa. Eles tinham apenas o primário, mas eram bem preparados culturalmente. Ambos tocavam instrumentos - meu pai, violino e minha mãe, bandolim. Eles costumavam reunir-se com os vizinhos e parentes à noite para realizar pequenos saraus, onde se tocava, se lia, se recitava, se conversava sobre diversos assuntos. Isso unia as famílias, as pessoas, e as tornava mais cultas, sem que tivessem consciência disso, pois se tratava, para todos, de um passatempo. O encontro entre as pessoas enriquecia a cultura. Hoje é o contrário: cada um em seu canto. As pessoas estão mais passivas. Não se conversa mais sobre o que acontece, como se conversava na minha juventude.

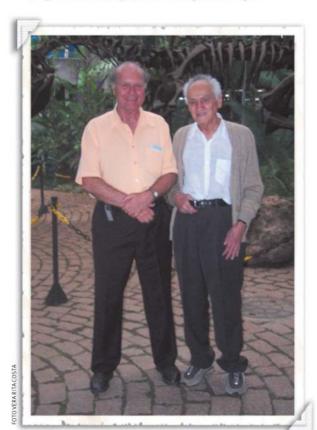
E com relação à paleontologia brasileira? Como o senhor avalia a produção na área?

Aqui, em São Paulo, tivemos um começo difícil, em particular na USP, porque Viktor Leinz era contrário a se estudar fósseis no Brasil. O negócio dele era geologia estrutural e rochas duras e, embora já tivéssemos registros de achados fósseis importantes em nosso país naquela época, ele argumentava que eram poucos os fósseis e que não valia a pena serem estudados. Lembro-me que ele me designava para dar aulas de todas as disciplinas, menos a paleontologia. E, como era o catedrático, ele mandava! Esse cerco à paleontologia em São Paulo só começou a ser furado pelo Josué Camargo Mendes que, apesar de Leinz e das turras que tinha com ele, fez muitos trabalhos importantes de paleontologia. Eu também me arriscava nessa área, mas não com o ímpeto do Josué. Ele, sim, furou o cerco e, inclusive, foi o responsável pela separação das cadeiras de geologia - que ficou com Leinz até se aposentar em 1974 – e de paleontologia, que Josué ocupou também até sua aposentadoria. Nos últimos anos, a paleontologia floresceu, não apenas aqui, mas em vários centros do país. Temos uma paleontologia de grande qualidade. Só me preocupa, um pouco, o excesso de especialização, que, como dissemos antes, impede que se façam análises mais abrangentes. É fundamental, por exemplo, em estudos

paleontológicos, que não se faça apenas uma descrição dos fósseis, mas que se analisem também as condições geológicas e climáticas em que os espécimes viveram. Hoje temos técnicas modernas, como a tomografia computadorizada, que facilitam muito essas interpretações. Junto com outros dados e aspectos, os resultados dessas técnicas permitem, se bem interpretados, determinar o contexto em que um fóssil aparece no registro. Essa visão de paleontologia é, para mim, fundamental, e precisa ser incentivada no país.

A paleontologia é uma área de muita competitividade entre grupos de pesquisa?

Há, sim, competitividade, mas não mais que em outras áreas da ciência. Há sempre esse burburinho em torno dos achados fósseis – quem acha o fóssil mais antigo ou mais importante.... Mas, isso, no fundo é uma bobagem, quando se leva em conta uma visão mais abrangente da paleontologia e quanto ainda há a interpretar e a entender. Uma descoberta é um ínfimo, um átimo do que existiu. Nossa espécie viveu no que representa menos de um segundo da história da Terra. Quando se têm presentes as extinções de organismos no tempo geológico e a enormidade do que está em jogo, essas competições que



aparecem entre poucas pessoas passam a não ter sentido, são meras tolices.

Qual a receita do bom pesquisador e do bom professor?

O bom pesquisador é aquele que acompanha a produção, estuda tudo o que de novo aparece em seu campo e em campos correlatos, vai para campo e põe a mão na massa, interage com os alunos e colegas e, principalmente, não considera a sua própria pesquisa o máximo, o ponto final de nada. Já o bom professor não necessariamente é aquele que tem mais conhecimento, mas o que sabe estabelecer a melhor interação com os alunos. Para isso, ele tem de se atualizar constantemente. porque a ciência muda dia a dia e não se pode ficar ensinando parado no tempo. Além disso, são os temas atuais que mais motivam e fazem vibrar os alunos. A tectônica de placas, por exemplo, não existia para a ciência, quando me formei; só apareceu 20 anos depois, na década de 1960, e é hoje um referencial na área. Ou seja, ao longo de minha carreira toda, fui obrigado a estudar, a jogar muita coisa que havia aprendido fora e a me reabastecer com conhecimentos novos. Acho que quem faz ciência tem de estar disposto a isso – a estar sempre aberto ao novo.

As inscrições de candidatos ao vestibular indicam um aumento do interesse por carreiras relacionadas ao ambiente: biologia, geologia, climatologia, geografia. O que o senhor diria a um jovem que pretende seguir uma dessas áreas?

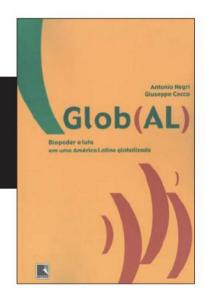
É preciso que esse seja um interesse genuíno, não apenas a vontade de se dar bem financeiramente em uma carreira 'do futuro'. Muitos jovens acham que essas são carreiras promissoras, mas devem saber que ciência não dá dinheiro, que a pesquisa não é uma tarefa fácil, que faltam oportunidades de trabalho e verbas, embora, é claro, possa dar muito prazer. Penso que só devem seguir as carreiras científicas aqueles que procuram realização pessoal. Sempre me pautei por fazer o que gostava e não posso reclamar. Além disso, com meus 83 anos, ando meio pessimista: vejo a Terra se degradando, a água escasseando, o globo se aquecendo e [o presidente dos Estados Unidos, George] Bush no poder, contra o protocolo de Kyoto... Ou seja, há uma série de indicadores que me causam preocupação e me fazem pensar que está na hora de a humanidade tomar juízo e reverter isso. Por isso, quem for se dedicar à ciência, deve também ter a preocupação de encarar esses desafios e gerar conhecimentos que possam reverter essas situações.

No pátio do Instituto de Geociências da USP, 2006, Setembrino com o geólogo Umberto Cordani

De volta para o passado?

Glob(AL) – Biopoder e luta em uma América Latina globalizada

Antonio Negri e Giuseppe Cocco *Rio de Janeiro, Record, 272 p., R\$ 37,90*



foco principal dos autores deste livro é a crítica ao nacional-desenvolvimentismo sulamericano. O argumento central é o de que a luta pela transformação na América Latina deve transcender a armadilha binária: neoliberalismo versus nacional-desenvolvimentismo. O eixo central da crítica é correto, pois o 'sucesso' do nacional-desenvolvimentismo gerou sociedades profundamente marcadas pelo autoritarismo e pela desigualdade. Esta é uma crítica já conhecida na região. Na sua essência, o nacionaldesenvolvimentismo tinha muito pouco de 'nacional' e, menos ainda, de 'desenvolvimentismo'. Os processos acelerados de crescimento econômico, como o do Brasil no período de 1930-1980, foram marcados pelo papel de protagonista do capital estrangeiro. O Brasil, por exemplo, transformou-se em um dos países com maior grau de desnacionalização do aparelho produtivo no mundo. No que se refere ao desenvolvimento, formou-se uma das sociedades mais desiguais e injustas do planeta e, portanto, impediu-se a convergência entre, de um lado,

crescimento da produção e acumulação de capital e, do outro, desenvolvimento econômico, político, social e institucional.

Os autores procuram apresentar uma visão alternativa para o processo de transformação e desenvolvimento da América Latina. Eles partem do argumento de que o Estado-nacional não tem mais condições de desempenhar o papel de ator principal e dirigente desse processo. Esse argumento assenta-se na percepção de que as condições atuais do sistema internacional (nas suas dimensões políticas, econômicas e culturais) tendem a minimizar o papel do Estado-nacional. Tal percepção apóia-se em um conceito altamente controverso, desenvolvido por um dos autores em outro trabalho. Esse conceito é o de 'império', entendido como "a situação política global na qual a soberania assumiu uma nova forma e compõe-se de uma série de organismos nacionais e supranacionais unidos por uma única lógica de governo". Supõe-se, então, que tais organismos de dominação sejam supra-estatais, ou, então, que dispensem o Estado-na-

cional como instrumento de poder. Essa é, certamente, uma suposição questionável.

Para substituir o Estado como protagonista da luta política pela transformação, os autores destacam o que eles chamam de "multidão". Como não há uma elaboração profunda a respeito desse conceito, a percepção do leitor é de que se trata, aqui, da mobilização de massa, seja nas lutas macropolíticas, seja nas estratégias de sobrevivência no cotidiano. A maior dificuldade deriva do seguinte: a mobilização de massa não é contraditória com o Estado quando este é visto como instrumento de poder e de transformação da sociedade. Ou seja, a sobrevalorização da "multidão" não implica, necessariamente, a minimização do papel do Estado. Dessa forma, o Estado forte, eficaz e organizador não é contraditório com os processos de democratização e mobilização da sociedade. Muito pelo contrário. O fato de o Estado ter sido seqüestrado e corrompido pelas elites políticas e econômicas sul-americanas não significa que ele não possa ser recuperado pelo povo. Esse novo Estado efetivamente democrático deverá, então, trabalhar para proteger o conjunto da sociedade, principalmente em relação às suas elites e grupos dirigentes corruptos e predadores.

O livro é de difícil leitura. Isso ocorre porque os autores apresentam inúmeros argumentos sem maior fundamentação conceitual ou empírica. Por exemplo, além dos conceitos mencionados, há outros que o leitor não consegue entender claramente, pois não há uma definição clara ou oportuna. Isso acontece, por exemplo, com expressões como 'biopoder' e 'biopolítica', usadas recorrentemente. Além disso, há argumentos que aparecem como dados fáticos, mas que não são convincentes na ausência de evidência empírica.

Para ilustrar, os autores afirmam: "Hoje, o Consenso de Washington é um cachorro morto." Essa frase é totalmente estranha aos analistas da economia brasileira atual. O governo Lula tem sido responsável pela manutenção e até pelo aprofundamento de medidas que são pilares do Consenso de Washington, como a liberalização comercial, a liberalização financeira, o foco no arrocho fiscal e o comprometimento do desenvolvimento frente à política monetária equivocada de juros altos e centrada nas metas de inflação.

Há, ainda, um conjunto de afirmativas que dificultam a leitura pois confundem-se com retórica desprovida de conteúdo. Frases como "o poder nasce da corrupção" ou "o poder é sempre corrupto" tendem a prejudicar a análise. O poder é invariante em relação à corrupção, pois não há qualquer relação de causalidade. Poder é, simplesmente, a probabili-

dade de um ator social realizar a própria vontade independentemente da vontade alheia. Se o poder é causa ou conseqüência da corrupção é uma questão circunstancial.

Entretanto, na sua essência, os autores estão corretos. A reconstrução do Estado e a reafirmação da soberania nacional tendem a ser, no discurso e na prática, um disfarce para projetos não-democráticos, antipopulares e contrários à transformação efetiva das sociedades sul-americanas. E, portanto, esses projetos devem ser combatidos, talvez não da mesma forma, mas pelo menos com a mesma intensidade com que devem ser combatidos os projetos neoliberais ou o social-liberalismo populista, inclusive aquele atualmente implementado pelo governo Lula.

Na América Latina a agenda política está, atualmente, mais complexa, em decorrência do fracasso do neoliberalismo, da desconfiança em relação ao nacional-desenvolvimentismo, das ilusões do social-liberalismo populista e dos desafios de projetos novos e radicais de transformação das sociedades. Este livro contribui para aumentar as desconfianças quanto ao nacional-desenvolvimentismo e procura fazer a ponte com novos projetos.

Reinaldo Gonçalves

Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro

A parte e o todo: a diversidade cultural no Brasil-nação

Ruben George Oliven

Porto Alegre, Vozes, 232 p., R\$ 32

Uma das discussões mais recorrentes sobre a globalização é o lugar ocupado pelas regionalidades, tema apresentado neste livro, agora revisado e ampliado. O autor contraria a tese de que a globalização tende a acabar com as diferenças e mostra como esse processo, na ver-



dade, reforça nacionalidades e identidades de grupos. O livro aborda também o surgimento da idéia brasileira de nação em detrimento das peculiaridades estaduais e regionais e o reaparecimento de manifestações culturais regionais, como o gauchismo, após a reabertura política do país. Quando foi publicada pela primeira vez, em 1990, a obra ganhou o Prêmio de Melhor Livro do Ano pela Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Ciências Sociais (Anpocs).

Domingo é dia de ciência: história de um suplemento dos anos pós-guerra

Bernardo Esteves

Rio de Janeiro, Azougue editorial, 200 p., R\$ 34,90

Em 1948, o jornal carioca A manhã iniciou um empreendimento pioneiro no campo da divulgação científica no país: um caderno especial sobre ciências com 12 páginas, encartado



no jornal no último domingo do mês. Escrito por professores secundaristas e pesquisadores, o Ciência para todos foi veiculado durante cinco anos, com tiragem de 74 mil exemplares. Este livro relata a história do suplemento e mostra como era feito o jornalismo científico na metade do século passado. O autor - jornalista, com mestrado em história da ciência - faz uma análise do material publicado no encarte e do contexto histórico em que foi produzido, marcado pelas transformações dos anos pós-guerra. Naquela época, o meio científico era bem diferente do atual: uma geração de cientistas preocupada em renovar os métodos de ensino de ciências e dialogar com a sociedade. A obra, que traz inúmeras ilustrações, propõe uma reflexão sobre o papel do jornalismo científico e o espaço que a ciência deve ocupar hoje na imprensa.

De 1929 a 1931, o historiador Sérgio Buarque de Holanda (1902-1982) foi correspondente de O Jornal na Alemanha. A passagem por esse país foi essencial para sua formação, pois ali ele conheceu as principais correntes do pensamento histórico, social e filosófico, tendo sido aluno do grande teórico do historicismo alemão Friedrich Meinecke (1862-1954). Ele trouxe da Europa o manuscrito 'Teoria da América', que deu origem ao ensaio 'Corpo e alma do Brasil', veiculado em 1935 na revista Espelho. No ano seguinte, esse ensaio foi publicado, com modificações, sob o título Raízes do Brasil - obra que, sem dúvida,

ocupa lugar de destaque entre os estudos sobre a realidade social brasileira.

excelência de Raízes do Brasil, amplamente reconhecida, deriva de pelo menos quatro aspectos: originalidade de enfoque, extraordinária capacidade de síntese, elegância de estilo e firme convicção do autor de que o povo brasileiro poderia superar suas mazelas crônicas. Além de historiador, Sérgio Buarque de Holanda foi crítico literário, etnógrafo, dirigente de instituições culturais, professor e militante político. É, em síntese, um dos grandes nomes de nossa vida cultural, que reúne extraordinária erudição e capacidade de trabalho, associadas a sensibilidade e lucidez, fundadas em compromissos democráticos e emancipatórios.

Cedo Sérgio Buarque publicou na imprensa paulista e carioca artigos que revelavam análises e interesses culturais incomuns para alguém tão jovem. Seu primeiro artigo - 'Originalidade literária', veiculado na edição de 22 de abril de 1920 do Correio Paulistano – concluía, após traçar as grandes linhas de nosso desenvolvimento literário: "O Brasil há de ter uma literatura nacional, há de atingir, cedo ou tarde, a originalidade literária. A inspiração em assuntos nacionais, o respeito das nossas tradições e a submissão às vozes profundas da raça acelerarão esse resultado final."

A idéia contida nessa frase guiará, talvez, o núcleo central da obra do autor: sua permanente interrogação sobre o sentido e a natureza da realidade brasileira. Essa interrogação convocará uma variada gama de perspectivas teóricas, matrizes concei-

> tuais, repertórios e fontes documentais que, ao rejeitar qualquer forma de provincianismo, apostava em nossa capacidade coletiva de superar dificuldades a partir da mobilização das vozes profundas de nossa gente.

O itinerário de Sérgio Buarque, que viveu intensamente momentos cruciais da vida brasileira. sintetiza aspectos decisivos do desenvolvimento político e cultural do país no século 20. Ele participou ativamente do movimento modernista de 1922; foi professor de história econômica e moderna e de literatura comparada na efêmera ex-



Sérgio Buarque de Holanda aos 18 anos

O AUTOR E SUAS OBRAS

Sérgio Buarque de Holanda nasceu a 11 de julho de 1902 em São Paulo e morreu na mesma cidade no dia 24 de abril de 1982. Em 1921 mudou-se para o Rio de Janeiro, matriculando-se na Faculdade de Direito, sem grande perspectiva de vir a exercer a profissão, já que seu interesse se concentrava na literatura. Ligado aos modernistas de São Paulo, era o representante do grupo paulista no Rio. Boêmio extravagante - de monóculo, sempre carregado de livros e revistas em várias línguas -, freqüentava os bares cariocas, tendo conhecido Donga e Pixinguinha, entre outros notáveis sambistas e chorões. Um bom companheiro de noites alegres, que tomava chope e discutia o melhor do mundo. Assim o conheceu no Rio o sociólogo Gilberto Freyre (1900-1987), que o chamou de "mestre de mestres".

Em 1924 fundou, com o amigo Prudente de Morais Neto (1904-1977), a revista modernista *Estética*, que circulou entre setembro de 1924 e junho de 1925, dando início à ruptura entre os modernistas que reivindicavam a vanguarda (entre os quais ele se filiava) e certas correntes que tendiam ao academicismo ou ao reacionarismo político. Formado em direito, mudou-se para o Espírito Santo. É dessa época sua única experiência como advogado. Em 1927, voltou ao Rio para continuar sua carreira de jornalista, redator e tradutor em agências de notícias.

A obra de Sérgio Buarque se desenvolveu em sete grandes vertentes. No campo da crítica literária e historiográfica destacam-se as obras *Cobra de vidro* (1944) e *Tentativas de mitologia* (1979). No de história social, estão *Monções* (1945) e *O extremo*

oeste (livro póstumo, publicado em 1986). A área de história literária é representada pelo volume póstumo e inacabado de *Capítulos da literatura colonial* (1991). Em etnografia, publicou *Caminhos e fronteiras* (1957). Na vertente história do Brasil, ele organizou os sete volumes da coleção *História geral da civilização brasileira* referentes aos períodos colonial e imperial (publicados entre 1960 e 1972), e escreveu alguns capítulos da coleção. Finalmente, na área de história política destaca-se *Do império à república* (1972), da coleção 'História geral da civilização brasileira'. A essas vertentes pode ser acres-

centada outra — que se poderia chamar teoria da América —, que engloba *Raízes do Brasil* e *Visão do paraíso* (1958). Essa última obra é uma continuação e um aprofundamento da anterior.

Após sua morte, foram publicados *Raízes de Sérgio Buarque de Holanda* (1989), organizado por Francisco de Assis Barbosa; *O espírito e a letra* (1996), organizado por Antonio Arnoni Prado; *Livro dos prefácios* (1996), que reúne parte dos prefácios elaborados para obras de história e literatura; *A contribuição italiana para a formação do Brasil* (2002) e *Para uma nova história* (2004), organizado por Marcos Costa. Registre-se ainda a coletânea de textos do historiador alemão Leopold von Ranke (1795-1886) organizada por Sérgio Buarque e para a qual ele escreveu a introdução 'O atual e o inatual na obra de Leopold von Ranke', considerado um de seus trabalhos mais notáveis.



Fac-símile da capa da primeira edição de *Raízes* do Brasil

periência da Universidade do Distrito Federal; dirigiu o Instituto Nacional do Livro e o Museu Paulista; foi professor da Escola de Sociologia Política de São Paulo e da Universidade de São Paulo, tendo lecionado também nos Estados Unidos e na Itália (ver 'O autor e suas obras').

A partir das origens

A mais conhecida obra de Sérgio Buarque, *Raízes do Brasil* – que inaugurou a Coleção Documentos Brasileiros, lançada pela Livraria José Olympio Editora – foi traduzida para várias línguas e atingiu em 2006 sua 26ª edição. A partir de 1947 a estrutura do livro se fixou em sete capítulos: 'Fronteiras da Europa', 'Trabalho & aventura', 'Herança rural', 'O semeador e o ladrilhador', 'O homem cordial', 'Novos tempos' e 'Nossa revolução'. O texto é curto e conciso (152 páginas, com as notas); o estilo, límpido e



Sérgio Buarque de Holanda em Berlim, em 1930, quando era correspondente de *O Jornal*, dos Diários e Emissoras Associados

MEMÓRIA



Sérgio Buarque de Holanda durante encontro promovido pelo Centro Brasil Democrático, no Rio de Janeiro, em 1978

direto; a argumentação é baseada em fontes seguras, sem exageros de erudição. Seu mestre nesse caso, a referência imediata entre os historiadores brasileiros, talvez seja Capistrano de Abreu (1853-1927), que também valorizava a concisão e a clareza. A primeira edição tinha seis capítulos. A segunda, de 1947, teve o terceiro capítulo (então denominado 'O passado agrário') dividido em dois: os atuais capítulos 3 ('Herança rural') e 4 ('O semeador e o ladrilhador').

Raízes do Brasil tentou ser uma interpretação global do Brasil a partir de suas fontes formativas, isto é, a partir do processo de sua colonização. No esforço de captar as especificidades da colonização portuguesa, Sérgio Buarque confrontou-a com a

colonização espanhola e inglesa. Dos contrastes resultantes desses cotejos emergiram aspectos decisivos do itinerário histórico brasileiro. A estratégia de apreensão do essencial da nossa realidade, de suas raízes, realizou-se a partir da mobilização de documentação histórica adequada e de conceitos derivados da metodologia dos tipos-ideais, do sociólogo alemão Max Weber (1864-1920).

Assim, dos cronistas, viajantes e historiadores que buscaram fixar em suas obras o Brasil e a América, Sérgio Buarque captou o essencial para construir uma estrutura tipológica baseada em pares antitéticos, que prefiguram as diferenças entre o modo português e o modo espanhol de colonização; e entre o modo ibérico de colonização e o que prevaleceu nas colônias inglesas ou holandesas. Fazem parte dessa tipologia os pares antitéticos: trabalho versus aventura, patriarcalismo versus capitalismo moderno, semeador versus ladrilhador, patrimonialismo versus burocracia moderna, cordialidade versus impessoalidade e iberismo versus americanismo.

Não se pense que a tipologia a que se referiu o autor seja um expediente que, ao naturalizar o que é decisivamente histórico e social – portanto mutável e dinâmico –, nos condenaria ao subdesenvolvimento eterno, à insuperável subalternidade. Na verdade, é o contrário que decorre da visão de Sérgio Buarque. *Raízes do Brasil* é, ao fim e ao cabo, a reafirmação da capacidade do povo de superar as estruturas crônicas que o amesquinham e o aprisionam.

O livro despertou interesse e controvérsia desde a sua publicação. A exemplo do escritor Cassiano Ricardo (1895-1974), houve quem criticasse a caracterização do brasileiro como 'homem cordial', na medida em que isso parecia igualar 'bondade' a 'cordialidade'. Muito se escreveu sobre o tema, e Sérgio Buarque lembrou mais de uma vez que o termo 'cordial' remete a 'coração', de onde vêm tanto bons sentimentos, quanto sentimentos menos nobres e generosos. Não há em *Raízes do Brasil* nem a idealização de um 'homem cordial', nem a mitificação de nossas raízes ibéricas em sua inesgotável plasticidade e capacidade de assimilação.

Raízes do Brasil é a interpretação lúcida e exigente de nosso destino como povo, conforme afirmou o autor em entrevista concedida em 1976: "A

idéia básica do livro era de que nunca houve democracia no Brasil e de que necessitávamos de uma revolução vertical, que realmente implicasse a participação das camadas populares. Nunca uma revolução de superfície, como foram todas na história do Brasil, mas uma que mexesse mesmo com toda a estrutura social e política vigente." Eis o sentido de Raízes do Brasil e de sua insuperável atualidade.



João Antônio de Paula Faculdade de Ciências

Econômicas, Universidade Federal de Minas Gerais

e o filho Chico Buarque em sua residência em São Paulo, 1981

Sérgio Buarque

de Holanda



Dados do Orkut

Gostaria de parabenizar a iniciativa do CNPq, junto com o Instituto Ciência Hoje, de fornecer a *CH* aos bolsistas do CNPq. Eu, que não tinha acesso à revista, (...) me sinto agraciada ao poder inteirar-me com o que há de novo no mundo científico. Que este projeto continue beneficiando cada vez mais bolsistas.

Na edição de maio, ao ler a matéria sobre o Orkut, fiquei intrigada quanto à fidedignidade dos dados estatísticos informados. Gostaria de saber se houve uma maneira segura de confirmar informações como nacionalidade, idade e sexo (este último, não mencionado) dos participantes. Isso porque muitos inscritos não informam corretamente seus dados, ou por brincadeira ("modelando o eu virtual", como disse o participante da pesquisa, citado na matéria) ou até por medo de ter sua vida vasculhada por estranhos. Isso também acontece com a faixa etária dos integrantes dessa enorme rede de relacionamentos: muitos, intencionalmente, omitem ou alteram suas idades. Caso os dados informados tenham sido extraídos dos cadastros dos usuários, creio que teria sido conveniente citar na matéria alguma possível margem de erro. (...) Também navego no Orkut e tenho vários amigos que mentem e/ou omitem algumas informações importantes (...). Portanto, penso não ser possível afirmar que temos "tantos" brasileiros, "tantos" iranianos, "tantos" alemães cadastrados. (...)

AUDREI C. TESCH PETRÓPOLIS, RJ

✓ Um dos autores do artigo, José Eisenberg, responde: "As estatísticas apresentadas no artigo são aquelas coletadas pelo próprio Orkut. A leitora tem razão em que, por serem informações autodeclaradas pelos usuários, não é possível checar sua autenticidade. Mais difícil ainda seria tentar estimar a margem de erro. Entretanto, é plausível supor que as respostas intencionalmente falsificadas distribuam-se igualmente (por exemplo, entre as diversas nacionalidades), fazendo com que os dados apresentados sejam pelo menos um ponto de partida para aferir o perfil dos usuários."

Vacina contra HIV

Li uma matéria em 2004 na CH Online sobre uma vacina em teste na Universidade Federal de Pernambuco, que mostrou ser a mais promissora do mundo entre as dirigidas ao combate ao HIV/Aids. Li mais recentemente que as pesquisas esbarraram na burocracia e na falta de verbas. Como não consegui nenhuma informação sobre a retomada do estudo, gostaria que a revista nos informasse a respeito de algo de tamanha importância para a melhoria da qualidade de vida de milhões de pessoas ou, quem sabe, para a possível cura de um mal que aflige o mundo.

ROBERT NOGUEIRA DO NASCIMENTO POR CORREIO ELETRÔNICO

Os pesquisadores da UFPE envolvidos no estudo da vacina informaram que a segunda fase dos testes, que definiria a quantidade ideal de vacina para cada tipo de paciente, deveria ter começado em março de 2005, mas isso não aconteceu devido à retenção, por órgãos federais, de um equipamento essencial ao trabalho. Após a liberação do aparelho, o grupo está tentando obter a verba necessária para prosseguir a pesquisa, e acredita que isso poderá ocorrer até o final deste ano, graças a um novo edital do Programa de DST e Aids do Ministério da Saúde, que oferece, em conjunto com a Unesco, financiamento para pesquisas em vacinas contra o HIV.

Incentivo I

Sou aluna de iniciação científica e adorei receber a revista! É um incentivo à leitura e à pesquisa! Ótima idéia! Bom para vocês, que divulgam a revista e adquirem assinantes em potencial, e para nós, estudantes, que nos mantemos atualizados sobre todas as áreas da pesquisa.

CYNTHIA DINIZ MACEIÓ, AL

Incentivo II

Adorei receber a *CH*. Será de grande proveito não só para mim, mas para toda a minha família, pois adoramos ler. É uma revista interessante e que traz assuntos atuais e importantes.

CAROLINA FERNANDES REIS POR CORREIO ELETRÔNICO

Susumo Ohno

Não resisto a fazer duas correções no excelente artigo de Paulo P. R. Amaral e Helder I. Nakaya, 'DNA não-codificador: o lixo que vale ouro?' (CH 228). Meu amigo Susumu Ohno, infelizmente já falecido, que inclusive estagiou no Instituto Butantan e era grande amigo do Brasil, era de origem japonesa, não sul-coreana, e a cidade onde ele trabalhava (City of Hope) está localizada na Califórnia, não na Flórida!

Francisco M. Salzano Porto Alegre, RS

M Susumu Ohno nasceu em 1928 na cidade de Seul, hoje capital da Coréia do Sul, mas na época parte do Império do Japão. Portanto, era cidadão japonês. E, como diz o professor Salzano, City of Hope é mesmo na Califórnia.

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

CORREIO ELETRÔNICO:

cienciahoje@cienciahoje.org.br

CARTAS A REDAÇA

Cartões vermelhos, amarelos e...



Marco Moriconi

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

ais uma Copa se passou. Não vamos entrar em discussões sobre o porquê de o... Bem, nem precisa explicar. Melhor esquecer e 'bola pra frente'! Mas, nessa Copa, tivemos um festival de cartões vermelhos e amarelos, com jogador que recebeu até três amarelos no mesmo jogo! (a regra determina que, no segundo amarelo, na mesma partida, o jogador seja expulso). Então, quase tudo é possível, e assim, este mês, vamos imaginar um juiz que tem em seu bolso três cartões: um amarelo, um vermelho e um especial, que é amarelo de um lado e vermelho do outro.

A situação é a seguinte: depois de uma falta perigosa, o juiz corre para o local da infração, puxa um cartão e mostra para o jogador. Pergunta: se o juiz está vendo amarelo, qual é a probabilidade de o jogador estar vendo amarelo? Antes que um especialista me critique: é sabido que os cartões vermelhos ficam no bolso de trás, e os amarelos no da camisa. Então, quando se vê de onde vem o cartão, já se sabe a intenção do juiz... Mas aqui é uma situação muito hipotética; afinal, que juiz tem um cartão vermelho e amarelo?

À primeira vista, o problema parece elementar. Se o juiz vê amarelo, então o outro lado pode ser vermelho ou amarelo. Portanto, a probabilidade deve ser 1/2. A situação é mais interessante do que isso, porém!

Vejamos como analisar o problema. Quando se quer calcular uma probabilidade, devemos imaginar um grande número de eventos. Imaginemos, então, que o juiz mostre um cartão diversas vezes para o jogador, e, para simplificar, chamemos esse número de N. O leitor escolhe o valor de N. Pode ser 1 mil, 10 mil, não importa (haja acréscimos e prorrogações para tantos cartões!).

O cartão amarelo será denominado A (e cada lado dele, A1 e A2). O vermelho tem lados V1 e V2. Já o amarelo-vermelho tem lados AV1 (amarelo) e AV2 (vermelho). Como cada lado do cartão tem a mesma probabilidade de ser mostrado, o juiz verá cada um desses lados N/6 vezes ao mostrar os cartões N vezes. Assim, o juiz verá A1 N/6 vezes; A2 N/6 vezes; V1 N/6 vezes; e assim por diante.

Se ele está vendo amarelo, então necessariamente estamos considerando as vezes em que ele vê A1, A2 e AV1, o que totaliza N/2 vezes (ou seja, N/6 + N/6 + N/6 = N/2). Mas veja o que acontece! Quando ele vê A1, do outro lado tem A2, que é amarelo. Quando ele vê A2, do outro lado tem A1, que é amarelo. Mas, quando ele vê AV1, do outro lado tem AV2, que é vermelho!

Então, das N/2 vezes que ele vê amarelo, em N/3 vezes (N/2 x 2/3 = N/3) há, do outro lado, também o amarelo, e, em N/6 vezes (N/2 x 1/3 = N/3), o vermelho. Conclusão: a probabilidade de o outro lado ser amarelo é N/3/N/2 = 2/3.

Quem sabe, o uso de um cartão de 'duas cores' não seja uma boa sugestão para a FIFA (Federação

Internacional de Futebol) adotar na próxima Copa?

DESAFIO

Dois amigos se encontram, e um deles diz que tem duas crianças. O outro pergunta se são meninas, meninos ou um casal. O primeiro, matemático brincalhão, diz que uma das duas crianças é uma menina. Qual a probabilidade de a outra ser menina? E se ele tivesse dito que a criança mais velha é menina, qual seria a probabilidade de a outra ser menina?

SOLUÇÃO DO DESAFIO PASSADO

Na coluna passada, vimos que era possível reduzir um problema com N postos até aquele em que há apenas um posto. Será que isso significa que podemos resolver o caso de N+1 postos? Sim! Vejamos como. No mês passado, mostramos que é sempre possível escolher um posto com gasolina suficiente para nos levar até o próximo. Aqui, esses dois postos serão chamados N e N+1. Agora, podemos pensar em uma pista em que o combustível de N e N+1 é somado, transformando esses dois postos em apenas um. Mas como, por hipótese, estamos supondo que o caso de N postos está resolvido (método da indução!), nosso problema está solucionado.