

ciênciahoje

REVISTA DE
DIVULGAÇÃO
CIENTÍFICA
DA SBPC

229



VOL. 39
AGOSTO
2006
R\$ 8,90

DIREITO ESPACIAL
Poder de corporações
ameaça uso do espaço
em benefício de todos

MANGUEZAIS
Estudo revela
expansão do
ecossistema no
Nordeste

TELÔMEROS

Os guardiões da vida



Na ponta dos cadarços

Uma imagem simples pode ajudar a entender o que perpetua o material genético (DNA) de geração para geração. Sabe aquela fita plástica que sela as pontas dos cadarços de tênis e sapatos? Assim também os cromossomos (estruturas compostas de DNA e proteínas, presentes no núcleo das células de todos os organismos vivos) exibem em suas extremidades ‘capas protetoras’ conhecidas como telômeros. Esses trechos finais dos cromossomos são responsáveis por manter a integridade do genoma (conjunto de genes de uma espécie) e, da mesma forma que a fita plástica do cadarço, impedir que ele seja danificado. Se os telômeros são destruídos, a célula morre. Isso mostra a importância que essa diminuta estrutura pode ter e explica por que muitos biólogos decidiram se dedicar a estudá-los melhor: por acreditar que sua deterioração esteja associada ao processo de envelhecimento e ao aparecimento de vários tipos de doenças.

Os manguezais (formações florestais que ocorrem no litoral tropical, em áreas de contato entre a terra e o mar) podem ser bons sinalizadores da situação do meio em que se encontram. É que eles reagem rapidamente a qualquer mudança – boa ou ruim – no ambiente costeiro. Para conhecer melhor os efeitos do impacto global, regional e local sobre esse importante ecossistema, pesquisadores estão tentando mapear detalhadamente as áreas de mangue do Nordeste brasileiro. A partir de informações sobre sua extensão, distribuição e evolução, eles acreditam que seja possível prever o alcance desses efeitos sobre toda a zona costeira no futuro.

O crescimento do poderio de grandes corporações privadas – sobretudo na área espacial – vem preocupando os governos nacionais, uma vez que elas estão invadindo a esfera pública, inclusive influenciando na formulação de políticas que atendam a seus próprios interesses. Especialistas em direito espacial internacional começam a sugerir formas de reduzir esse movimento de expansão e de garantir o princípio da igualdade de soberania de todos os países sobre a exploração do espaço.

A redação



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

DIRETORIA

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

CIÊNCIA HOJE • SBPC

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

REDAÇÃO

Editora Executiva • Alicia Ivanishevich; **Editor de Texto** • Ricardo Menandro; **Setor Internacional** • Cássio Leite Vieira; **Repórteres** • Thaís Fernandes (coordenação), Fred Furtado e Rosa Maria Mattos; **Revisoras** • Elisa Sankuevitz e Maria Zilma Barbosa; **Secretária** • Theresa Coelho; **Colaboraram neste número** • Cássio Leite Vieira (edição de texto), Ivan Sebben, Marcelo Garcia, Marina Verjovsky e Sandoval Poletto (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@ampersanddesign.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: (0xx11) 3091-4192

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

REPRESENTAÇÕES

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) 247-2033. Fax: (0xx71) 235-5592

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

REPRESENTANTES COMERCIAIS

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

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

RECURSOS HUMANOS • Luiz Tito de Santana

EXPEDIÇÃO • Gerente • Adalgisa Bahri

IMPRESSÃO • Minister Express Editora de Impressos Ltda.

DISTRIBUIÇÃO • Fernando Chinaglia Distribuidora S/A

CIÊNCIAHOJE • Av. Venceslau Brás, 71, fundos – casa 27 – CEP 22290-140, Rio de Janeiro-RJ Tel.: (0xx21) 2109-8999 – Fax.: (0xx21) 2541-5342 • 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 parceiros no fortalecimento da iniciação científica e na popularização da ciência

Apoio



ATENDIMENTO AO ASSINANTE E NÚMEROS AVULSOS

08007278999

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

CH On-line: www.ciencia.org.br
chonline@cienciahoje.org.br

PARA ANUNCIAR

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

16 A vida nas ‘pontas’ dos cromossomos

Por 60 anos, a ciência buscou saber o que mantém o material genético estável de geração em geração. A resposta está nos telômeros, trechos de DNA situados na extremidade dos cromossomos e hoje bastante estudados pelos cientistas.

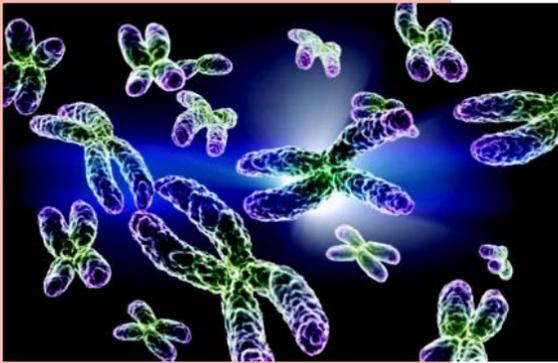
Por **Maria Isabel Nogueira Cano**



24 Manguezais do Nordeste e mudanças ambientais

Variações na extensão e na distribuição de manguezais no litoral do Nordeste brasileiro indicam não apenas alterações significativas nas condições ambientais da região costeira, causadas por atividades humanas, mas podem revelar também mudanças climáticas globais.

Por **Luiz Drude de Lacerda, Luís P. Maia, Leonardo H. U. Monteiro, Guilherme M. e Souza, Luiz J. C. Bezerra e Marcelo O. T. de Menezes**



Capa: 3D4Medical.com/Getty Images

30 O uso do espaço e o poder das corporações

O poder das grandes corporações privadas no mundo atual é ainda maior nas atividades espaciais. O que podem fazer os países e os organismos internacionais para preservar o direito espacial e garantir que o uso do espaço sempre vise ao bem e ao interesse de toda a humanidade?

Por **José Monserrat Filho**



O LEITOR PERGUNTA

- 4 Quais as propriedades medicinais do abacaxi?
- 4 Quando ocorre um relâmpago, os raios X liberados atingem o solo? Qual o perigo para o ser humano?
- 5 Como funcionam e para que servem aceleradores de partículas?
- 5 Como o DNA é detectado no fio de cabelo, se este é formado apenas por proteínas?

ENTREVISTA

Shuji Nakamura

6 O novo Edison

Pesquisador japonês fala de sua descoberta e do trabalho científico

MUNDO DE CIÊNCIA

9 O 'magnetismo' em torno dos buracos negros

Resolvido mistério sobre absorção de matéria por esses sistemas

A PROPÓSITO

15 Tradição e evolução

Prova Brasil revela o fraco desempenho do ensino fundamental

EM DIA

40 Esperança para a asma

Folha de xaxim mostra bons resultados no tratamento da doença

42 Ciência com criatividade nas escolas

Encontro debate como tornar eficiente o ensino científico no Brasil

44 Dobradinha contra Chagas

Novas drogas e estudos auxiliam combate ao *Trypanosoma cruzi*

46 A vilã das gorduras

Batata-palha tem altos níveis de ácidos graxos nocivos à saúde

47 Novo olhar sobre o mundo

Binóculo eletrônico cria realidade virtual com imagens panorâmicas

51 Simples, sensível e eficiente

Pesquisadores criam novo aparelho para medir fotocondutividade

OPINIÃO

54 Geologia de engenharia: o homem como agente geológico

Importante ramo das geociências ainda não é bem conhecido

ENSAIO

56 O mito de *Tristão e Isolda* em *Iracema*

Estudo analisa influência do romance francês em José de Alencar

58 Não foi suficiente ver para crer

Idéias sociais impediram o estabelecimento da teoria celular

PRIMEIRA LINHA

60 De volta para o campo

Sedimentos de represas podem ser usados como fertilizantes

64 Sinalizadores de ameaças aos corais

Estudo de protozoários ajuda a preservar os ambientes recifais

68 Atrás do pão de cada dia

Animais podem se associar para facilitar a busca do alimento

MEMÓRIA

72 A trajetória de uma espécie

Fósseis do homem de Neandertal foram achados há 150 anos

RESENHA

75 Uma biologia autônoma

Resenha do livro *Biologia, ciência única*, de Ernst Mayr

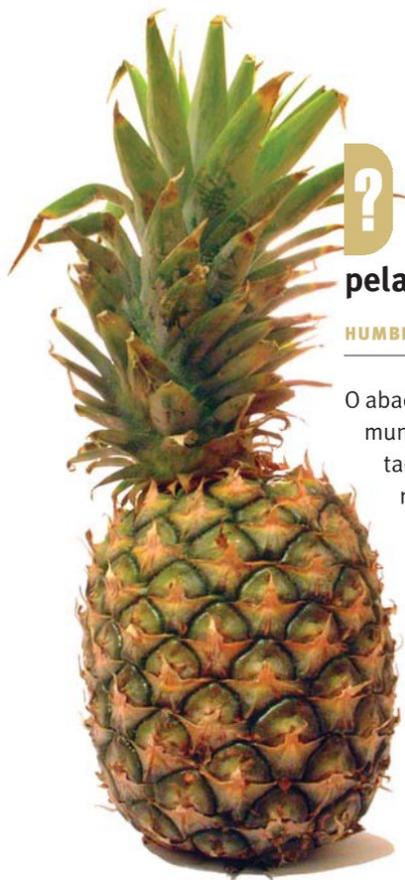
75

CARTAS

QUAL É O PROBLEMA?

80 Crise do petróleo

Como percorrer uma pista com poucos postos de gasolina



? Quais as propriedades medicinais do **abacaxi**?
As enzimas da fruta são mesmo responsáveis
pela quebra de moléculas de gordura e proteína?

HUMBERTO ALITTO, POR CORREIO ELETRÔNICO

O abacaxi é um autêntico fruto das regiões tropicais e subtropicais, muito consumido em todo o mundo. Seu sabor e aroma característicos se devem à presença de vários constituintes, destacando-se os açúcares, principalmente a sacarose, e os ácidos cítrico e málico. O abacaxi é rico em vitamina C, carotenóides, vitaminas do complexo B e minerais como potássio, manganês e cálcio. Além dessas qualidades nutricionais, o abacaxi possui uma enzima, a bromelina, que auxilia na digestão das proteínas (proteolítica). A bromelina está presente no caule, nas folhas e no fruto.

Por ser uma enzima proteolítica, a bromelina atua exclusivamente sobre as proteínas, não interferindo na digestão de gorduras. No entanto, como o abacaxi apresenta um alto teor de fibras, que aumentam a velocidade do trânsito intestinal, ocorre uma melhora no processo de digestão como um todo. Além dessa ação, o abacaxi tem propriedades expectorante, antitussígena, antiinflamatória e diurética.

Patrícia Maria Pontes Thé

Departamento de Farmácia, Universidade Federal do Ceará

? Quando ocorre um **relâmpago**, os **raios X** liberados atingem
o solo? Se atingem, qual o perigo para o ser humano?

RILDO PINHEIRO, POR CORREIO ELETRÔNICO

Quando um raio atinge o solo, ele emite raios X (radiação eletromagnética com comprimentos de onda entre 0,1 e 10 nanômetros) em todas as direções ao seu redor. Esses raios X são gerados pelos elétrons acelerados a velocidades próximas à da luz dentro do canal de descarga do relâmpago, através de processos ainda pouco conhecidos. Produzidos em pulsos de curtíssima duração (milionésimos de segundos), esses raios X são cerca de duas vezes mais intensos do que aqueles gerados quando tiramos uma chapa da mandíbula, por exemplo. Contudo, devido à alta densidade atmosférica próxima ao solo, eles são fortemente atenuados ao se propagarem e seus efeitos são perceptíveis a apenas alguns metros do local de incidência das descargas.

Esse fato faz com que o perigo da exposição aos raios X liberados por um relâmpago seja menor do que os riscos associados à própria descarga. Além disso, a incidência de descargas em um mesmo local, mesmo no caso extremo de um prédio muito alto como o Empire State Building, em Nova York (Estados Unidos), que registra cerca de 25 descargas por ano, não seria suficiente para produzir grandes danos ao ser humano.

Osmar Pinto Junior

*Grupo de Eletricidade Atmosférica (ELAT),
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (SP)*



Como funcionam e para que servem os aceleradores de partículas?

MARIA RITA VASCONCELOS, POR CORREIO ELETRÔNICO

O tubo da televisão é o exemplo mais simples de um acelerador de partículas. Um feixe de elétrons é gerado por emissão termoiônica (emissão de elétrons por um filamento aquecido a alta voltagem) na parte mais fina do tubo e os elétrons são acelerados e focalizados por campos elétricos até atingirem a tela. Mas esse não é o único exemplo de acelerador de partículas com aplicações práticas. Em muitos hospitais, há aceleradores para esterilizar roupas e equipamentos. Esse tipo de esterilização é usado também para aumentar a durabilidade de frutas.

O uso mais visível de aceleradores ocorre na pesquisa científica, em particular para estudar a estrutura da matéria. Para isso, são construídos aceleradores enormes, que acumulam grande quantidade de energia em uma região diminuta de espaço. Quanto maior a energia, maior o acelerador. Essas máquinas aceleram cargas elétricas do repouso até velocidades muito próximas à da luz. O único mecanismo disponível para acelerá-las são os campos elétricos. O elemento acelerador, que gera os campos elétricos, são caixas de radiofrequência, onde se propagam campos eletromagnéticos com frequências características de rádio. Nessas caixas, as partículas entram em fase com as ondas eletromagnéticas e ganham um pouco de energia ao sair das ondas. É como um surfista, que tem que estar em fase com a crista de uma onda. As partículas também 'surfam' as ondas eletromagnéticas.

Há duas possibilidades de fazer com que as partículas ganhem muita energia: a) alinhar uma grande quantidade dessas caixas de radiofrequência em um acelerador linear, com comprimento medido em quilômetros; b) guiar as partículas em um percurso circular (também medido em quilômetros), com campos magnéticos, e fazê-las passar muitas vezes pelas mesmas caixas de radiofrequência. O primeiro método é usado para partículas muito leves, como o elétron, enquanto o segundo é usado para prótons e suas antipartículas (prótons carregados negativamente).

O LHC (Large Hadron Collider), que será inaugurado no próximo ano em Genebra, na Suíça, é um acelerador do segundo tipo, onde as partículas irão percorrer um túnel circular com 27 km de comprimento. Já a próxima geração de aceleradores de elétrons, como o ILC (International Linear Collider), planejado para ser construído daqui a 10 anos, alinha cerca de 30 km de caixas de radiofrequência. Qualquer um desses aceleradores tem um consumo de energia equivalente ao de uma cidade de porte médio.

Ronald Cintra Shellard

Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas e Departamento de Física, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro



Como o DNA é detectado no fio de cabelo, se este é formado apenas por proteínas?

GISELE FERNANDES LAGE, POR CORREIO ELETRÔNICO

No cabelo, a principal fonte de DNA nuclear (presente no núcleo das células) é o bulbo capilar, também conhecido como raiz. Entretanto, na haste do cabelo, encontramos muitas mitocôndrias, organelas que contêm DNA no seu interior. Embora diferente do DNA nuclear, o DNA mitocondrial também se presta a análises de genealogia (linhagem genética). Assim, quando se acham fios de cabelo no local de um crime, é possível comparar seu DNA mitocondrial com o de um membro da família (ascendente ou descendente) da pessoa desaparecida ou suspeita. Mas, atenção: no caso do DNA mitocondrial, a herança é exclusivamente materna. Isso acontece porque, durante a fertilização, as mitocôndrias paternas que se encontram nos espermatozoides não penetram ou não sobrevivem no zigoto (o óvulo fertilizado). Em outras palavras, o DNA mitocondrial do embrião é originário das mitocôndrias já presentes no óvulo materno. Desse modo, em qualquer família, o DNA mitocondrial dos filhos e filhas será sempre idêntico ao DNA mitocondrial da mãe.

Franklin Rumjanek

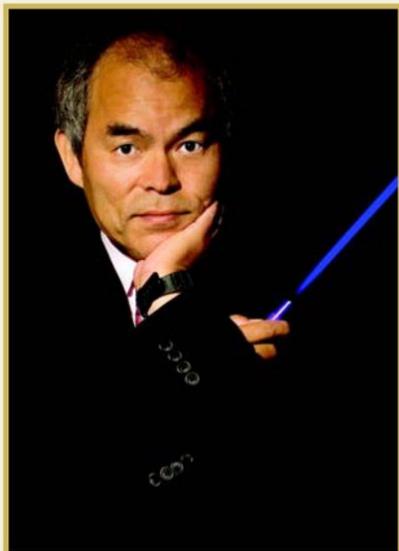
Instituto de Bioquímica Médica, Universidade Federal do Rio de Janeiro

CARTAS À REDAÇÃO

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

CORREIO ELETRÔNICO:
cienciahoje@cienciahoje.org.br

O NOVO EDISON



RANDY LAMB, UCSB

Shuji Nakamura

No ano passado, em uma reunião da Sociedade Brasileira de Física, ao surgir o nome de Shuji Nakamura durante uma apresentação, um dos participantes comentou em voz alta: “Ele certamente vai ganhar o prêmio Nobel.” Intrigados, alguns presentes quiseram saber por quê. Resposta: ele inventou o LED branco, que, estima-se, em uma década, vai pôr fim ao reinado mais que centenário da lâmpada incandescente, inventada pelo norte-americano Thomas Edison (1847-1931). LED é a sigla inglesa para designar diodos emissores de luz. São aquelas lampadzinhas (em geral, vermelhas) encontradas em muitos aparelhos eletrônicos. Se comparados com as ‘primas’ incandescentes, os LEDs (incluindo a versão branca de Nakamura) duram 100 vezes mais, são menores, emitem mais luz, gastam menos energia, esquentam bem menos, não empregam vidro, filamento ou mercúrio, não têm partes móveis. Estima-se que em 10 anos os LEDs brancos invadirão os lares do planeta. E passarão a levar luz a locais sem eletricidade, pois funcionam com baterias solares. Nascido em 1954, esse engenheiro formado pela Universidade de Tokushima começou sua carreira em uma pequena empresa química no interior do Japão. Foi de lá que, no início da década de 1990, passou a surpreender especialistas da área, depois de apresentar ao mundo os LEDs branco, azul e verde, bem como o *laser* azul. Desde 2000, é professor catedrático na conceituada Universidade da Califórnia, em Santa Bárbara, cujo lema é, ironicamente, *Fiat lux* (algo como ‘Que se faça a luz’). Do Japão, Nakamura concedeu esta entrevista à *Ciência Hoje*.

Cássio Leite Vieira
Ciência Hoje/RJ

No próximo dia 8 de setembro, o senhor vai receber, em Helsinque, o Prêmio de Tecnologia do Milênio, uma versão finlandesa, bienal (e mais polpuda) do Prêmio Nobel. Ao receber o cheque de 1 milhão de euros (R\$ 2,8 milhões), o senhor se tornará milionário, literalmente. Como acha que essa significativa quantia irá mudar sua vida?

Metade do prêmio irá para o pagamento de impostos. Portanto, a quantia, no final das contas, será menor que 1 milhão. Posto de modo simples, esse dinheiro não afetará meu cotidiano.

O senhor disse, em uma entrevista, que pretende doar parte do prêmio para instituições e universidades cuja linha de pesquisa seja voltada à disseminação da iluminação no mundo, principalmente no Terceiro Mundo. Por quê?

Um terço da população do planeta não tem nem eletricidade, nem iluminação. No entanto, com os LEDs brancos que inventei, a iluminação poderia chegar até eles. Em muitas regiões dos países em desenvolvimento, não há iluminação à noite. Os LEDs brancos, ligados a pequenas baterias alimentadas por células solares, poderiam ser usados como fontes de luz nesses lugares.

O que o senhor pretende fazer com o resto do dinheiro do prêmio?

Neste momento, não tenho a menor idéia.

Em termos de economia de energia, o senhor poderia nos dar uma idéia sobre as principais diferenças entre um LED branco e uma lâmpada incandescente? Em comparação com esta última, quanto tempo a mais duraria um LED branco?

A eficiência de um LED branco é cerca de 10 vezes mais alta que a de uma lâmpada incandescente convencional. Portanto, podemos dizer que, caso a fonte de alimentação seja a mesma, um LED branco poderia funcionar por um período 10 vezes maior.

Seria possível calcular quanta energia seria economizada, por exemplo, nos Estados Unidos, caso ocorra a substituição das lâmpadas incandescentes e fluorescentes por lâmpadas de estado sólido, ou seja, LEDs?

A iluminação com LED branco poderia ser empregada para diminuir o consumo de energia, bem como para poupar recursos [energéticos]. Por volta de 2025, a eletricidade usada no mundo para iluminação cairia pela metade. Só nos Estados Unidos, calcula-se que, até 2020, a iluminação à base de LED branco evitaria a construção de 133 usinas. Em outras palavras, 133 usinas com capacidade de 1 mil megawatts cada poderiam deixar de ser construídas. O

Departamento de Energia norte-americano estima que, também por volta de 2020, cerca de US\$ 100 bilhões [R\$ 215 bilhões] em recursos energéticos terão sido poupados, caso a iluminação seja feita por LEDs. Essa troca também reduziria a emissão de gases do efeito estufa, pois grande parte da energia vem da queima de combustíveis fósseis. Os Estados Unidos, por exemplo, deixariam de emitir 258 milhões de toneladas métricas de carbono. Em termos mundiais essa substituição, conseqüentemente, diminuiria drasticamente os efeitos do aquecimento global. Isso ajudaria todos os países a reduzir suas emissões, em acordo com o Protocolo de Kyoto.

Parece que os LEDs brancos já são usados nos faróis de certas marcas de automóveis. O senhor recebe direitos de patente (*royalties*) por isso?

O senhor poderia citar outras aplicações em uso para os LEDs brancos?

Não recebo *royalties* nem posso recebê-los, pois todas as patentes de produtos que inventei no Japão pertencem à empresa em que trabalhei lá. Os LEDs brancos são empregados como luz de fundo em telas

A eficiência de um LED branco é cerca de 10 vezes mais alta que a de uma lâmpada incandescente convencional

de cristal líquido de telefones celulares e de aparelhos de televisão, em projetores portáteis, na iluminação geral de edifícios, casas e exteriores, em equipamentos médicos.

Quando o senhor acha que os preços dos LEDs brancos serão acessíveis para uso doméstico?

Acho que em uns 10 anos eles passarão a ser empregados para iluminação doméstica.

O LED branco e o laser azul parecem ser as 'estrelas' entre seus inventos. E quanto ao LED azul e o verde? Para que eles servem?

Os LEDs brancos são feitos a partir dos LEDs azuis, acrescentando-se [o elemento químico] fósforo. Então, sem o LED azul, não seria possível desenvolver o branco. Em certas aplicações, como nos projetores portáteis e nos aparelhos de televisão com tela de cristal líquido, os fabricantes gostam de usar LEDs azuis, verdes e vermelhos. Em semáforos, por exemplo, deve-se necessariamente usar LEDs verdes. Portanto, há muitas aplicações para eles.

Ao tomar conhecimento de que havia sido premiado, o senhor disse: "Algum dia, haverá iluminação

Para os jovens físicos que iniciam uma carreira experimental, um conselho: rompa com o senso comum e tente coisas incomuns

em partes do mundo em que, hoje, nem mesmo há eletricidade.” Como a tecnologia desenvolvida pelo senhor poderia melhorar a qualidade de vida de pessoas que moram em países em desenvolvimento?

Em muitas regiões de países em desenvolvimento, não há eletricidade. No entanto, como já disse, os LEDs brancos poderiam funcionar com pequenas baterias que, por sua vez, seriam alimentadas pela luz solar. Com isso, esses locais poderiam ser iluminados à noite e, assim, as pessoas poderiam ler livros, ou seja, estudar. A educação e a conscientização de mulheres que vivem em certas regiões do planeta são importantes para controlar as altas taxas de natalidade. Vale acrescentar que os LEDs que emitem luz na faixa do ultravioleta são usados para a purificação de água e ar.

Outros pesquisadores em sua área passaram décadas tentando fazer o que o senhor fez desde o momento em que anunciou a primeira de suas invenções no início da década de 1990. Por que o senhor acha que conseguiu fazer antes de todos?

LEDs, bem como diodos emissores de luz *laser* (LDs), são as mais avançadas fontes de luz. Na década de 1980, a luz azul estava faltando na área de LEDs e LDs. Se essa cor estivesse disponível, poderíamos fazer qualquer outra delas, incluindo o branco. E esses LEDs e LDs seriam certamente usados em mostradores, iluminação etc. Muitos pesquisadores estavam tentando desenvolver LEDs e LDs azuis. Eu queria fazer o mesmo. No entanto, no meu caso, selecionei materiais baseados no nitreto de gálio [GaN] para desenvolver esses dois componentes. Na década de 1980, a esmagadora maioria dos pesquisadores dessa área estava usando materiais contendo seleneto de zinco [ZnSe]. Achei que o nitreto de gálio seria bem melhor, porque ele é fisicamente mais robusto, e, ao mesmo tempo, eu queria fazer algo diferente do que estavam fazendo as grandes empresas.

O senhor poderia explicar para um leitor não especializado por que o nitreto de gálio tem sido tão fundamental para o desenvolvimento de suas inovações? Como e quando o senhor percebeu que esse composto daria frutos tão revolucionários?

A emissão de luz colorida por um LED é determinada pelo tipo de material com que ele é feito. Para a

emissão da cor azul, estão disponíveis apenas esses dois tipos de materiais que já citei: o seleneto de zinco e o nitreto de gálio. Em 1992, tive sucesso em produzir o primeiro LED azul, embora ele não fosse muito brilhante. No entanto, a vida média dele era superior a 10 mil horas de funciona-

mento, enquanto os LEDs azuis à base de seleneto de zinco duravam menos de uma hora. Isso me deu bastante confiança de que o nitreto de gálio era o melhor material para construir LEDs azuis.

O senhor passou algum tempo, no início de sua carreira, trabalhando como um jovem engenheiro em uma empresa química no interior do Japão. O senhor acha que esse tipo de trabalho foi importante para sua formação como cientista?

Sim, porque podemos aprender o quão importante é fazer produtos no menor tempo possível. Na universidade, trabalhamos principalmente voltados para o desenvolvimento de idéias, teorias ou a construção de um protótipo. Mas fazer produtos reais é um campo completamente distinto. E sabemos que é importante fazer produtos reais para aplicações reais.

Como é seu dia-a-dia? O senhor vai ao laboratório todos os dias ou seu trabalho exige que parte significativa de sua rotina diária seja dedicada a assuntos administrativos e outros problemas burocráticos?

Sim, vou à universidade todos os dias. No entanto, lá [no laboratório], meus estudantes fazem os experimentos sozinhos, e eu apenas os supervisiono. Isso me obriga a ter reuniões constantes com eles.

É atribuída a Thomas Edison a seguinte expressão: “Invenção é 1% de inspiração e 99% de transpiração”. O senhor diria que esse tipo de receita também se aplica em seu caso?

Eu diria que são 99% de esforço e 1% de sorte.

A propósito, como o senhor se sente sendo comparado a Thomas Edison, um homem considerado o maior inventor de todos os tempos? Muito orgulhoso.

Que tipo de conselho o senhor daria para um jovem físico que esteja pensando em iniciar sua carreira como um experimental?

Rompa com o senso comum e tente coisas incomuns. Desse modo, você terá a chance de fazer uma descoberta importante cuja probabilidade de que seja alcançada por outros é muito pequena. Se não fizer assim, a chance de você chegar a uma descoberta importante será praticamente zero. ■

O 'magnetismo' em torno dos buracos negros

Dados obtidos pelo Chandra, o telescópio norte-americano que 'enxerga' o universo na faixa dos raios X, permitiram solucionar um dos grandes mistérios sobre os buracos negros: como esses corpos celestes acrescentam matéria à sua já impressionante concentração de massa. Os autores do artigo, publicado em *Nature* (22/06/2006, pp. 953-955), mostram que campos magnéticos presentes no disco de matéria que permanece girando em torno desses 'ralos cósmicos' antes de ser engolida desempenham um papel fundamental nesse processo. Os resultados também sugerem que um mecanismo semelhante possa ocorrer em outros sistemas astrofísicos.

Os buracos negros são concentrações de massa no universo em regiões do espaço com dimensões extremamente pequenas. Isso faz surgir em torno deles o que os astrofísicos denominam 'horizonte de eventos', uma superfície a partir da qual, para se escapar da gravidade do buraco negro, a velocidade deve ser igual à velocidade da luz (cerca de 300 mil km/s). Em outras palavras, ultrapassada essa superfície, nada escapa de um buraco negro, nem a luz. E daí vem o nome desses corpos celestes.

Os astrofísicos têm encontrado evidências observacionais de dois tipos de buracos negros: i) os supermassivos, que habitam o centro das galáxias e têm massas que vão de um milhão a um bilhão de vezes a massa do Sol; ii) os estelares, com massas da ordem de 10 vezes a massa solar. Estes últimos são o resultado final da evolução de uma estrela massiva (com massa inicial de até 50 vezes a massa do Sol) que explode, fenômeno denominado supernova. O 'caroço implodido' que resta da explosão dá origem a um buraco negro. Também parecem existir buracos negros de massa intermediária (da ordem de mil vezes a massa do Sol) no centro de aglomerados de estrelas, mas as evidências observacionais ainda não são claras.

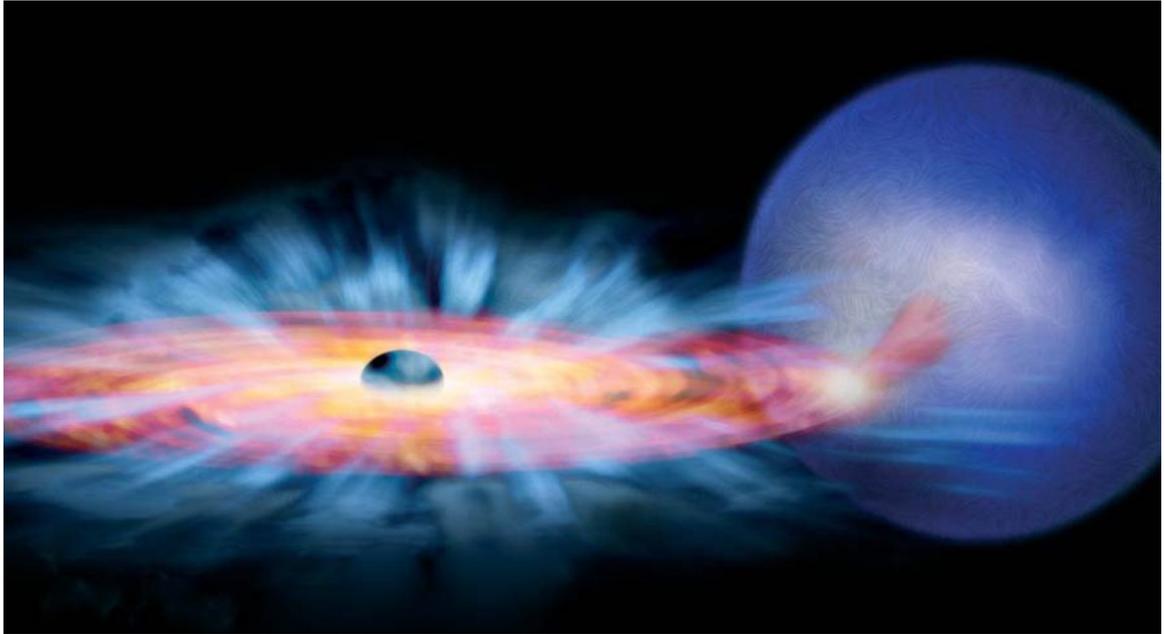
Os buracos negros capturam matéria de sua vizinhança através de estruturas chamadas discos de acreção, onde ela permanece girando em torno desse corpo celeste até ser engolida. As observações mostram que esses

discos apresentam grande emissão de energia (na forma de radiação eletromagnética), bem como dão origem a ventos e jatos de matéria que parecem surgir de suas partes mais internas.

De onde vem essa emissão de energia? Os cálculos mostram que a quantidade de energia emitida equivale à da energia gravitacional liberada na 'queda' da matéria desde grandes distâncias até o raio interno do disco de acreção. Conclui-se que a eficiência dessa transformação é muito grande: de 10% a 40% (ou seja, de cada 100 g de matéria capturada, de 10 a 40 g são transformados em energia). Não há nenhum sistema na natureza que tenha essa eficiência. Por exemplo, o processo que gera luz e calor nas estrelas, a fusão nuclear, que é muito mais eficiente que qualquer máquina aqui na Terra, tem eficácia de 0,7%.

Mas como se dá a transformação da energia potencial gravitacional na energia irradiada? Com base em observações, conclui-se que o agente transformador é o disco de acreção, e o mecanismo seria um atrito viscoso que produz turbulência e redemoinhos nos discos.

A natureza física desse atrito é ainda controversa, mas uma possível explicação para ela é a chamada 'instabilidade magnetorrotacional', fenômeno no qual um campo magnético seria o responsável pelo atrito viscoso, aquecendo o disco a altas temperaturas e transferindo, das partes mais internas dele para fora, momento angular – uma propriedade presente em todos os corpos que gi-



CHANDRA-RAY OBSERVATORY / NASA

Concepção artística do sistema GRO J1655-40, no qual há um buraco negro e uma estrela companheira não colapsada. Esta última é mostrada com sua atmosfera expandida e transferindo matéria para o disco de acreção em torno do buraco negro. As cores ilustram que o disco tem uma temperatura que cresce para o centro. Em branco, observa-se também o vento emanado pelo disco, cujas características foram derivadas a partir de dados obtidos pelo telescópio Chandra

ram em torno de si mesmos (pião, por exemplo) ou de outros (Lua orbitando a Terra). Essa transferência permitiria a queda do gás em direção ao buraco negro. Sem ela, o gás ficaria girando por muito tempo em torno do buraco negro (porém, não é isso que se observa).

Jon Miller, da Universidade de Michigan (Estados Unidos), e colegas reportam evidências observacionais de que esses processos magnéticos estariam presentes no disco de acreção em torno do buraco negro estelar conhecido como GROJ1655-40, que se encontra em um sistema duplo no qual a outra estrela não está colapsada (figura). O GROJ1655-40 tem massa da ordem de sete vezes a do Sol e captura matéria, através de um disco de acreção, da estrela companheira, que tem massa de 2,3 vezes a massa solar, em uma órbita com período de 2,6 dias.

As conclusões de Miller e colegas são baseadas em imagens

feitas pelo telescópio Chandra, da Nasa (agência espacial norte-americana), que fotografa o universo na faixa dos raios X. Com esses dados, foi possível deduzir que um vento de partículas ionizadas (ou seja, carregadas eletricamente) emana, com velocidades da ordem de mil km/s, do disco de acreção. A quantidade e a qualidade dos dados também permitiram determinar a temperatura do vento (da ordem de milhões de graus), bem como de sua geometria. Miller e colegas demonstraram que a alta temperatura, combinada com a intensidade do vento, descarta, como mecanismos que dão origem a esse vento, processos térmicos ou relacionados à pressão exercida pela radiação eletromagnética, sobrando, com isso, uma única hipótese plausível: o vento é produzido por campos magnéticos presentes no disco de acreção.

A importância desse trabalho é a comprovação observacional

de que os campos magnéticos desempenham papel fundamental no processo de acreção de matéria ao buraco negro. Esse resultado sugere que, em outros discos de acreção, o mesmo mecanismo possa ocorrer. Como esses discos estão presentes em muitos sistemas astrofísicos (de discos protoplanetários em torno de estrelas em formação a discos de acreção em torno dos buracos negros supermassivos no centro dos quasares), fica assim comprovado observacionalmente que um dos mecanismos que permitem a alimentação do buraco negro a partir da matéria dos discos de acreção é a fricção gerada por campos magnéticos.

Thaisa Storchi-Bergmann

*Departamento de Astronomia,
Instituto de Física,
Universidade Federal
do Rio Grande do Sul*

COSMOLOGIA

UM ENTRE MUITOS UNIVERSOS

O físico britânico Stephen Hawking, da Universidade de Cambridge (Inglaterra), e seu colega Thomas Hertog, do Laboratório Europeu de Física de Partículas (CERN), em Genebra (Suíça), acabam de propor um modelo cosmológico em que o universo não teve apenas um começo, mas uma multidão deles. Essa diversidade de universos conviveu, por alguns instantes, em um estado de superposição, como se fosse um número infinito de filmes passados ao mesmo tempo na mesma tela.

Cada um desses universos era diferente do atual (que tem três dimensões espaciais, está se expandindo a taxas aceleradas etc.). Esses começos superpostos e cada uma de suas histórias, no entanto, desapareceram instantes depois do *Big Bang*. O universo que ‘sobrou’ – ou seja, o atual – é, segundo os dois físicos, a soma da breve história de cada um dos outros.

A nova teoria explica por que certas constantes da natureza são do jeito que são, ou seja, ‘sintonizadas’ de modo a permitir a existência de vida, como se o atual universo tivesse ‘escolhido’ que caminho tomar entre as múltiplas possibilidades.

Os autores alegam que é possível comprovar experimentalmente as idéias propostas. Isso seria feito atra-



vés da chamada radiação cosmológica de fundo, um tipo de ‘eco’ dos primórdios do universo. Nessa radiação, muito tênue e fria, que banha o universo, estariam gravadas ‘impressões digitais’ das várias histórias dos universos efêmeros. Mas detalhes (intensidade, por exemplo) dessas ‘impressões’ só serão revelados quando a teoria for aperfeiçoada.

O modelo de Hawking e Hertog reforça a candidatura das chamadas supercordas ao posto de melhor teoria atual para a unificação dos fenômenos macro e microscópicos. As supercordas permitem – o que gerou a desconfiança de setores da comunidade de cosmólogos – a existência de inumeráveis tipos de universos com características bem diferentes das deste em que vivemos.

Physical Review D, vol. 73, 123527, 2006

EM FOCO

FÓSSIL AO VIVO • O animal da foto é amigável, peludo, tem o tamanho aproximado de um esquilo e um andar desajeitado, lembrando o de um pato. A princípio, parece ser só mais um roedor, não fosse o fato de ser o único representante vivo de uma família de animais extinta há 11 milhões de anos. Ele foi capturado na vila de Doy, no Laos, perto da fronteira com a Tailândia. Depois de ter ‘posado’ para fotos e ‘estrelado’ um breve filme, o espécime foi devolvido ao seu hábitat.

Batizado *Laonastes aenigmamus*, o rato-da-rocha-laosiano, como também é conhecido, atraiu a atenção de especialistas e da mídia desde sua primeira aparição, quando espécimes mortos, vendidos como comida, foram identificados em um mercado na região de Khammouan (Laos). Ano passado, o roedor foi descrito como a única espécie de uma nova família. Porém, em março deste ano, outra reviravolta: com base na análise de fósseis, um artigo na *Science* (09/03/2006) relacionou o *kha-nyou*, como é chamado pelos locais, como pertencente à família Diatomyidae, cujos representantes viveram no sul da Ásia, no Japão e na região central da China, entre 34 milhões e 11 milhões de anos atrás, e que eram dados como extintos.

A descoberta do *L. aenigmamus* é o que os paleontólogos denominam ‘efeito Lázaro’, referência ao homem que, segundo a *Bíblia*, foi ressuscitado por Jesus Cristo. O ‘Lázaro’ mais famoso da paleontologia é provavelmente o celacanto, que se acreditava extinto havia 65 milhões de anos, até que um espécime vivo (*Latimeria chalumnae*) foi capturado por pescadores nas águas da África do Sul em 1938.

A maior preocupação agora dos descobridores do roedor laosiano é assegurar a preservação da espécie.



UTHANTRESUJON

MEDICINA Bebida popular ajuda a evitar o aparecimento das doenças

CAFÉ CONTRA DIABETES E CIRROSE

Que tal uma bebida que, quanto mais se tomar, menor é o risco de se desenvolver diabetes do tipo 2? Melhor: a ação dela nesse caso vale para qualquer idade, sexo ou massa corporal.

Grande parte do planeta já faz esse tipo de tratamento, ao beber café diariamente. No entanto, o que surpreendeu a equipe de Mark Pereira, da Universidade de Minnesota (Estados Unidos), é a cafeína não ser a substância responsável pela ação protetora, pois o tipo descafeinado da bebida mostrou melhores resultados contra a doença, marcada por problemas em metabolizar ('queimar') açúcares no sangue.

Os autores desconfiam, por exemplo, do magnésio, do qual o café é uma boa fonte. Os pesquisadores também deixam um alerta: apesar dos resultados, que poderão ter impacto sobre a saúde pública em função da popularidade do café, as principais medidas para a prevenção do diabetes ainda são exercício e dieta.

O estudo foi feito com cerca de 28 mil mulheres norte-americanas, acompanhadas por 11 anos.

Vício combate o vício

Outro estudo com café concluiu que consumi-lo generosamente protege o fígado de quem toma grandes quantidades de álcool. Para os autores, os resultados explicam algo que já se sabia: alcoólatras 'pesados' que bebem muito café têm menor risco de desenvol-

ver cirrose hepática ('cicatrizes' no fígado que comprometem o funcionamento do órgão), quando comparados com os alcoólatras que não tomam café.

O estudo envolveu 125.580 pessoas, das quais 199 – após um intervalo de 15 a 20 anos – desenvolveram cirrose em função do alcoolismo. Os autores concluíram, com base nos dados sobre o consumo (ou não) de café, chá e álcool fornecidos por todos os participantes do estudo, que a cada xícara de café bebida por dia, o risco de ter uma cirrose induzida pelo álcool diminui em 22%, em comparação com os não bebedores de café. Entre os que consumiam as maiores quantidades de café (no caso, mais de quatro xícaras por dia), o risco chegou a ser 80% menor.

O café não apresentou, no entanto, ação contra a cirrose causada por outros problemas (vírus da hepatite B, por exemplo). Outra surpresa: o chá não apresentou efeito algum contra a cirrose alcoólica ou não alcoólica, o que permitiu deduzir que não é a cafeína que está por trás desses resultados. O ingrediente protetor, porém, não é conhecido.

Uma vez mais, um alerta: a melhor maneira de evitar a cirrose hepática é diminuir a quantidade de álcool consumida.

Archives of Internal Medicine, 28/06/06 e 12/06/06



SOCIOLOGIA

'VINGANÇA' DOS SOCIOLOGOS

Na década de 1990, Alan Sokal, físico da Universidade de Nova York, enfureceu os sociólogos ao conseguir publicar um artigo na revista *Social Text* repleto de argumentos (sem fundamentos) sobre a teoria quântica, que trata do universo atômico e subatômico. O objetivo era mostrar que não havia rigor científico naquele setor da comunidade científica. Agora, trabalho semelhante garantiu um sabor de 'vingança', apesar de não ter sido esse o objetivo do autor.

O sociólogo Harry Collins, da Universidade de Cardiff (Reino Unido), conseguiu se passar por físico ao submeter, a uma banca de nove físicos especialistas em gravitação, suas respostas para um questionário de sete perguntas complexas sobre ondas gravitacionais. Sete dos examinadores ficaram em dúvida na hora de esco-

lher entre Collins e o outro respondente (este, um físico profissional da área). Dois deles chegaram a escolher o sociólogo como o 'verdadeiro' físico. Um dos membros da banca justificou assim seu voto em Collins: as respostas pareciam mais fáceis de entender, o que parecia refletir mais autoconfiança do respondente.

Collins, que trabalha há cerca de 30 anos com a comunidade de físicos de ondas gravitacionais – previstas no início do século por Albert Einstein (1879-1955), mas ainda não detectadas – quis mostrar que é possível a um não especialista ganhar conhecimentos científicos, mesmo que eles não permitam dar contribuições para a área. O sociólogo chama esse tipo de conhecimento de interativo, contrastando com o contributivo, que permite ao detentor fazer experimentos e desenvolver teorias.

O artigo será publicado em dezembro, mas está disponível em www.cf.ac.uk/socsci/expertise, juntamente com detalhes de outros projetos da equipe de Collins. Em tempo: um brasileiro, Rodrigo Ribeiro, faz parte dessa equipe.

Studies in History and Philosophy of Science, 37A, 4, dezembro, 2006

PARKINSON E PESTICIDAS • O primeiro estudo de larga escala sobre a relação entre pesticidas e mal de Parkinson concluiu que mesmo uma pequena exposição a tais substâncias pode aumentar em até 70% o risco de ter a doença, marcada por problemas de coordenação motora e mais comum em idosos. Foram estudados questionários sobre câncer e dieta respondidos, ainda em 1982, por 143 mil pacientes. Desse total, 413 desenvolveram Parkinson na década seguinte, e 43 deles alegaram ter tido contato com pesticidas. Surpreendentemente, fazendeiros e não fazendeiros apresentaram o mesmo risco. Substâncias como asbesto (amianto, por exemplo) e aldeído fórmico (gás incolor) não mostraram relação com o risco da doença. Os autores, porém, alertam para o fato de que o risco absoluto de desenvolver Parkinson é ainda muito baixo: a doença só atinge 2% da população mundial. O estudo dos questionários não permitiu identificar nem os tipos de pesticidas, nem a duração e a intensidade da exposição a eles. (*Annals of Neurology*, disponível em dx.doi.org com o código 10.1002/ana.20904)

ORNAMENTOS PRIMITIVOS • Três conchas perfuradas, datadas de 100 mil anos atrás e achadas na coleção de dois museus na Europa, são tidas como os ornamentos mais antigos até agora conhecidos. Duas das peças, do molusco *Nassarius gibbosulus*, de tamanho semelhante ao das ervilhas, têm origem em escavações feitas na caverna Skhul, no monte Carmel (Israel), na década de 1930. A terceira foi encontrada em Oued Djebanna (Argélia), na década seguinte. Os furos, escavados de modo peculiar, eram para passar o fio que formaria colares ou pulseiras, segundo os autores. Essas conclusões contrastam com a visão de que os primeiros sinais de pensamento simbólico, precursor da arte e da linguagem, ocorreram mais tarde (cerca de 50 mil anos depois), quando o homem moderno já havia chegado à Europa. Para alguns especialistas, os achados revelam que não houve um 'surto de criatividade' no homem moderno, mas sim um surgimento gradual do simbolismo. (*Science*, 23/06/06)



As duas conchas perfuradas do molusco *Nassarius gibbosulus* encontradas na caverna Skhul (Israel). A escala abaixo representa 1 cm

MARIAN VANHAEREN AND FRANCESCO D'ERRICO

SINTONIA FINA

A guitarra elétrica, que já mereceu o título de 'rainha do rock', acaba de ganhar alguma riqueza harmônica e componentes extras. O feito, porém, não veio de uma empresa da área ou de um artesão. Ficou por conta de matemáticos da Universidade de Moncton (Canadá), que adicionaram dois braços extras (sem trastes) no corpo tradicional do instrumento, dando a ele uma forma final de 'Y'. O novo instrumento ganhou o nome tritarra, já patenteadado. As cordas também formam um 'Y', o que as faz vibrarem em um padrão semelhante a instrumentos de percussão (pratos e gongos, por exemplo). Guitarras com dois braços ficaram célebres nos ombros e mãos de roqueiros como Jimmy Page, fundador da banda de rock britânica Led Zeppelin, e Rick Nielsen, guitarrista do grupo norte-americano Cheap Trick. Nielsen popularizou-se por empunhar uma guitarra com cinco braços. A tritarra foi apresentada no último encontro da Sociedade Norte-americana de Acústica, em Rhode Island. Para os que tiverem interesse, o som do novo instrumento (que lembra o de uma cítara indiana, com harmônicos exóticos) pode ser conferido em www.acoustics.org/press/151st/Leger.html. Trechos mais longos podem ser ouvidos em www.umoncton.ca/sciences/mathstat/personnel/gauthic/Sound.html. Os inventores afirmam que outros instrumentos de corda podem ser modificados para ganhar cordas com a forma de 'Y', o que geraria uma nova família de instrumentos musicais. Resta saber se os músicos irão adotá-la.



S. GAUDET E.C. GAUTHIER

Uma decisão da Justiça proibiu temporariamente a Marinha norte-americana de usar, em um exercício militar que deveria ter início no começo de julho último, um sonar mais potente que os empregados até agora. Razão: o uso do equipamento poderia matar, machucar e incomodar espécies marinhas, incluindo golfinhos e baleias, em torno do local (no caso, as ilhas havaianas). Sonares são equipamentos de localização baseados na emissão e recepção de ondas de som. Muitos ambientalistas defendem que essas frequências sonoras desorientam as baleias, levando-as, por exemplo, a encalhar nas praias. O Departamento de Defesa dos Estados Unidos já havia conseguido livrar a Marinha de cumprir outra ordem semelhante, baseada na Lei de Proteção de Mamíferos Marinhos. Dessa vez, porém, a decisão judicial teve como base a Lei sobre Política Nacional de Meio Ambiente. Oito países (incluindo Chile e Peru) participam do exercício, que envolve, na versão 2006, 40 navios e seis submarinos. Até o fechamento desta edição, a decisão judicial continuava valendo.

MEDICINA

IRMÃOS MAIS VELHOS E OPÇÃO SEXUAL

Havia evidências de que, quanto maior o número de irmãos homens mais velhos, maiores seriam as chances de o caçula se tornar homossexual. As razões para o fenômeno, porém, eram desconhecidas. Agora, estudo defende que as causas para isso são inteiramente biológicas e não sociais, pois a relação entre número de irmãos mais velhos e orientação sexual do caçula só se manifesta quando todos eles são filhos da mesma mãe. Desconfia-se que o ambiente uterino seja relevante nesse processo.

Segundo o autor, Anthony Bogaert, da Universidade Brock, em Ontário (Canadá), seus resultados sugerem que a opção sexual tem uma origem pré-natal, o que foi recebido com entusiasmo por grupos de direitos dos homossexuais. Um argumento em favor de um mecanismo biológico foi o fato de o estudo ter mostrado que o tempo de convivência com os irmãos mais velhos não afeta a opção sexual dos filhos mais novos.

O mecanismo subjacente a esse efeito, no entanto, é desconhecido. Uma hipótese é a de que o útero guarde um tipo de ‘memória’ para fetos masculinos, o que levaria o organismo da mãe a enxergá-los como ‘corpos estranhos’, promovendo uma reação imunológica que poderia afetar o desenvolvimento do cérebro da criança.

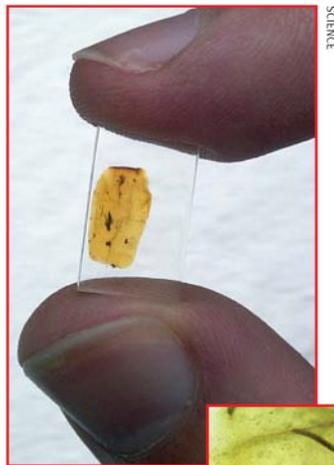
O estudo foi feito com um grupo de 944 homens hetero e homossexuais, envolvendo tanto irmãos biológicos (no caso, da mesma mãe) quanto não biológicos.

Proceedings of the National Academy of Science, disponível em dx.doi.org com o código 10.1073/pnas.0511152103

SINTONIA FINA

Com a ajuda da ferramenta de busca desenvolvida pela empresa Technorati (www.technorati.com), especializada em localizar *blogs* na internet, a revista *Nature* listou os cinco deles mais populares no mundo escritos por cientistas. *Blogs* são mais ou menos diários, porém abertos aos internautas. O ‘blogueiro’ – um dos anglicismos mais recentes da língua portuguesa – dá notícias, comenta as que saíram na mídia ou simplesmente escreve sobre o que quiser. Os visitantes são convidados a deixar opiniões. *Blogs* de cientistas, como a própria revista afirma, são raros, mas alguns já estão entre os 3,5 mil mais populares entre os cerca de 45 milhões da atualidade: em 179º lugar, *Pharyngula* (scienceblogs.com/pharyngula); em 1.647º, *The Panda’s Thumb* (www.pandasthumb.org); em 1.884º, *RealClimate* (www.realclimate.org); em 2.174º, *Cosmic Variance* (cosmicvariance.com); e, em 3.429º lugar, *The Scientific Activist* (scienceblogs.com/scientificactivist). Em <http://cienciaemdia.zip.net/>, em texto postado em 6 de julho último, há a lista da *Nature* com os 50 *blogs* de cientistas mais populares e uma crítica perspicaz ao ‘corte enviesado’ da lista publicada pela revista. Extra: um mapa interessante (e interativo) descrevendo a ‘blogosfera’ planetária (datamining.typepad.com/data_mining/2006/07/interactive_map.html) merece atenção para que se perceba como essa nova forma de mídia está crescendo.

TEIA E PRESAS PRIMITIVAS • Encontrada a mais antiga teia de aranha contendo presas desses animais. O achado foi feito no sítio de San Just (Espanha) e data de 110 milhões de anos atrás, tempo em que os dinossauros habitavam a Terra. São ao todo 26 filamentos preservados em um diminuto pedaço de âmbar (tipo de resina de árvore), juntamente com partes de uma mosca, um besouro, uma vespa e um aracnídeo. A presença das presas é um indicativo de que aranhas e insetos voadores evoluíram conjuntamente. Um segundo artigo, com base em análises genéticas e evidências fósseis, sugere que o grande ancestral das aranhas modernas já estava tecendo suas teias há pelo menos 136 milhões de anos. (*Science*, 23/06/06, p. 1.761 e p. 1.762)



SCIENCE

Corte do âmbar que contém a teia fossilizada. No destaque, uma vespa presa à teia



Cássio Leite Vieira
Ciência Hoje/RJ

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

Tradição e evolução

Franklin Rumjanek

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



Durante este período de ressaca pós-Copa do Mundo, talvez tenha passado despercebida outra grande derrota do Brasil: a publicação de estatísticas que mostram o péssimo desempenho do ensino fundamental das escolas públicas no país. Em escala nacional, verificou-se que os 3,3 milhões de alunos avaliados com a Prova Brasil estão muito mal. Constatou-se que os alunos da 4ª série mal sabem ler e tampouco conseguem realizar com fluência as operações fundamentais de aritmética. Os alunos da 8ª série, considerados de nível crítico, exibem um desempenho semelhante àquele que deveria ser obtido pelos alunos da 4ª série. Na verdade, esse resultado teria sido pior ainda não fosse uma maquiagem do Ministério da Educação (MEC), que estreitou a escala de avaliação para 300 pontos, com o estranho argumento de que seria praticamente impossível para um aluno atingir o máximo preestabelecido, de 500 pontos.

Esse placar nos coloca, ou melhor, nos mantém entre os últimos lugares em ensino na hierarquia internacional. Mais do que uma vergonha, esse é um sonoro sinal de alerta, sinal esse que já soou há alguns anos, mas que parece não ter causado nenhuma reação aguda nos setores responsáveis. O MEC, à guisa de consolo, limita-se a comparar os dados atuais com aqueles do governo anterior e consegue ainda se rejubilar pelo fato de os resultados atuais serem marginalmente melhores.

O que pode ser feito de imediato? Que me peçam os pedagogos da moda, mas não há necessidade de inovar nada. Existem modelos prontos que já provaram sua eficiência e que podem ser resgatados. O sistema de ensino do passado funcionava muito bem na época em que as escolas públicas superavam em qualidade as particulares. Nada muito sofisticado é exigido. Professores bem preparados, material escolar adequado, cartilha, quadro negro e giz. Seria necessário somente ajustar os parâmetros quantitativos no que concerne ao aumento populacional.

Dirão os educadores de plantão que não se pode ser tão simplista. O ensino evoluiu desde então e torna-se importante adotar novas tendências. O problema é que os modismos em geral são impor-

tados de outras economias e não necessariamente se aplicam ao Brasil. De qualquer modo, diante dos fatos eloqüentes e incontestáveis, nosso ensino público fundamental não está funcionando. Além disso, o argumento da evolução, se discutido no contexto darwinista, pode até ilustrar bem a situação da educação. Na evolução biológica, populações de organismos que apresentam fisiologias variadas sujeitam-se à seleção imposta por mudanças do ambiente. As adaptações que lhes conferem maior probabilidade de passar os seus genes às gerações subsequentes são mantidas. Para os organismos ou sistemas muito bem

O sistema de ensino do passado funcionava muito bem na época em que as escolas públicas superavam em qualidade as particulares

ajustados ao ambiente, nenhuma mudança ocorre, mesmo ao longo de milhões de anos. Em outras palavras, sem querer abusar das metáforas e provocar ainda mais os brios futebolísticos feridos, a natureza não mexe em time que está ganhando.

O mesmo ocorre com a educação. A leitura de biografias de nomes eminentes nas ciências, ou em quaisquer outras áreas acadêmicas, revela sempre um detalhe comum. O fator diferenciador que consistentemente determina uma trajetória bem-sucedida e por vezes um futuro de liderança é a educação fundamental. As melhores escolas do mundo, várias das quais com séculos de existência ainda mantêm uma pétreia tradição de ensino, dão aos seus alunos a oportunidade de ocupar lugares de destaque na sociedade. Essas escolas, públicas ou não, também têm em comum a impermeabilidade aos modismos (e ao paternalismo), o que de certa maneira confirma o aspecto da doutrina darwinista aludido acima. Entretanto, deve-se considerar que, na evolução darwiniana, está embutido também o outro lado da moeda. Para os organismos que sofrem mutações incompatíveis com o ambiente, a penalidade habitual é a extinção. Sem volta. É esse o caminho que aponta a Prova Brasil? ■

A vida nas 'pontas'

O que mantém a estabilidade do material genético de geração em geração? Por cerca de 60 anos, a ciência buscou a resposta para essa pergunta aparentemente simples, mas com importantes conseqüências.

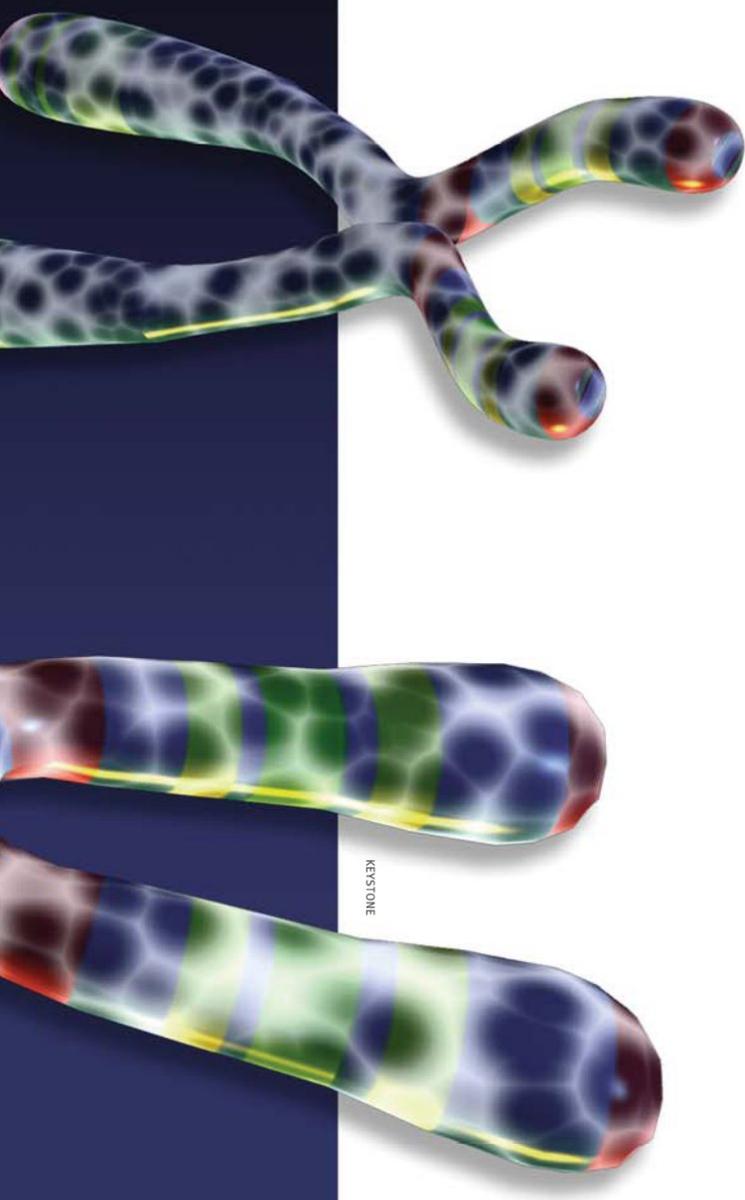
Ela foi encontrada na extremidade dos cromossomos, em um trecho de DNA que pode ser comparado à fita plástica que sela as pontas dos cadarços de um sapato. Esse trecho, que ganhou o nome de telômero, tornou-se desde sua descoberta o foco de atenção de uma das áreas mais instigantes da pesquisa biológica.

Maria Isabel Nogueira Cano

*Departamento de Genética, Instituto de Biociências,
Universidade Estadual Paulista (Botucatu)*



dos cromossomos



KEystone

Todo o material genético contido no núcleo de uma célula, seja de um organismo unicelular (como protozoários e vários fungos e algas) ou multicelular (como insetos, plantas, répteis, mamíferos e outros), está compactado em estruturas denominadas cromossomos, termo que significa 'corpos coloridos' (do grego *chroma* = cor e *soma* = corpo). Os cromossomos, que variam em tamanho, forma e número em cada uma das diferentes espécies, são compostos essencialmente de DNA e proteínas associadas. Neles, portanto, está toda a informação genética que caracteriza e diferencia tanto as células e os tecidos quanto todos os seres vivos.

Essas informações são transmitidas pelos diferentes seres às novas gerações, que para crescer multiplicam suas células em um processo denominado mitose. Na mitose, uma célula-mãe, após duplicar toda a sua estrutura, inclusive os cromossomos, divide-se originando duas células-filhas idênticas a ela. Para que toda a informação genética seja transmitida com sucesso, os cromossomos devem ser cópias fiéis dos que estavam na célula-mãe. O DNA existente em um cromossomo contém os genes, mensagens codificadas na forma de seqüências de nucleotídeos ('tijolos' básicos que compõem o material genético das células), onde estão as instruções para a formação de todas as células e tecidos do nosso corpo e para a síntese de proteínas (responsáveis por todos os processos biológicos), além de outras seqüências capazes de sintetizar 'mensageiros' que atuam na regulação de processos celulares e áreas que não carregam qualquer tipo de instrução, ou codificação. ▶

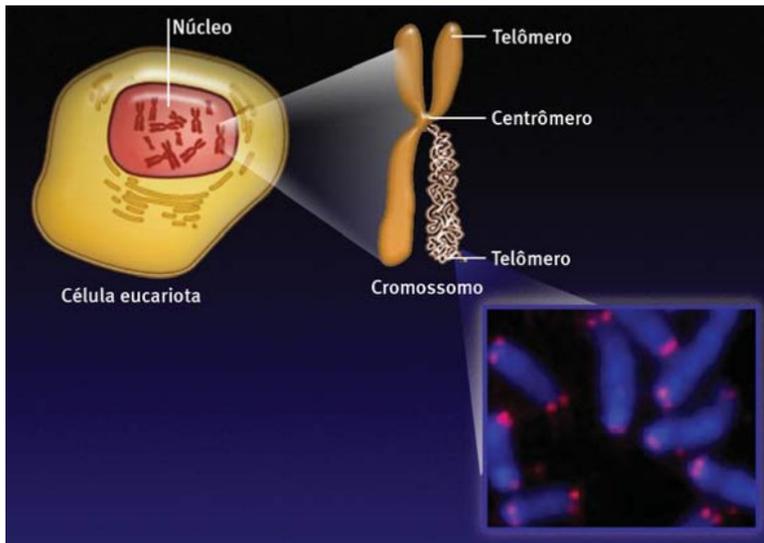


Figura 1. Localização dos centrômeros e dos telômeros em cromossomos humanos: na ilustração, as linhas indicam a posição dos centrômeros e dos telômeros no cromossomo, e no detalhe (fotografia) os cromossomos aparecem com seu corpo corado em azul e os telômeros, situados em suas 'pontas', corados em rosa

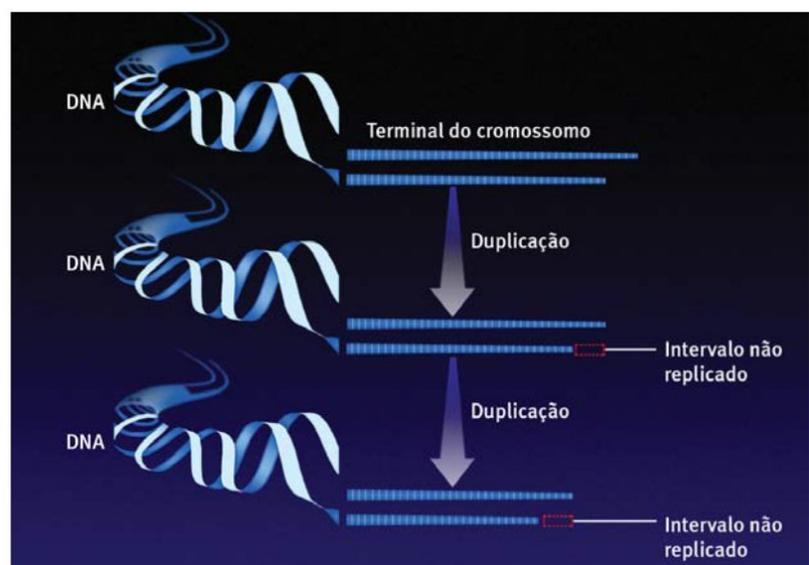
Entre as estruturas que o DNA não-codificador forma nos cromossomos estão os centrômeros e os telômeros. Os centrômeros permitem a separação exata dos cromossomos duplicados durante a divisão celular que gera as células-filhas. Já os telômeros (do grego *telos* = fim e *meros* = parte), localizados nas 'pontas' dos cromossomos, funcionam como capas protetoras dessas extremidades, tendo papel muito importante na manutenção da integridade do genoma. Eles impedem, por exemplo, a fusão de terminais de diferentes cromossomos e a degradação destes por enzimas que, na falta dos terminais, reconheceriam o material cromossômico como DNA danificado (figura 1). Em nossos sapatos, quando os pedaços de fita adesiva que selam as pontas dos cadarços se desprendem, estes começam a desfiar,

desmanchando-se. Em uma célula, ocorre o mesmo com os cromossomos que têm seus telômeros danificados: eles tendem a ser destruídos e, nesse processo, a célula morre.

Primeiras pesquisas sobre telômeros

O interesse pela compreensão das propriedades dos telômeros começou no final dos anos 1930, com trabalhos pioneiros dos geneticistas norte-americanos Hermann Müller (1890-1967) e Barbara McClintock (1902-1992) – bem antes, portanto, que o médico

Figura 2. O problema da replicação nos terminais dos cromossomos: na maioria das células, a extremidade de uma das fitas do cromossomo (fita de baixo, no desenho) fica mais curta a cada divisão celular porque as enzimas que duplicam o DNA não conseguem finalizar sua síntese. Isso ocorre porque a parte da molécula dessas enzimas que se liga à extremidade do DNA para iniciar a síntese é degradada ao final do processo, deixando um fragmento sem fita complementar (indicado pelo retângulo em vermelho)



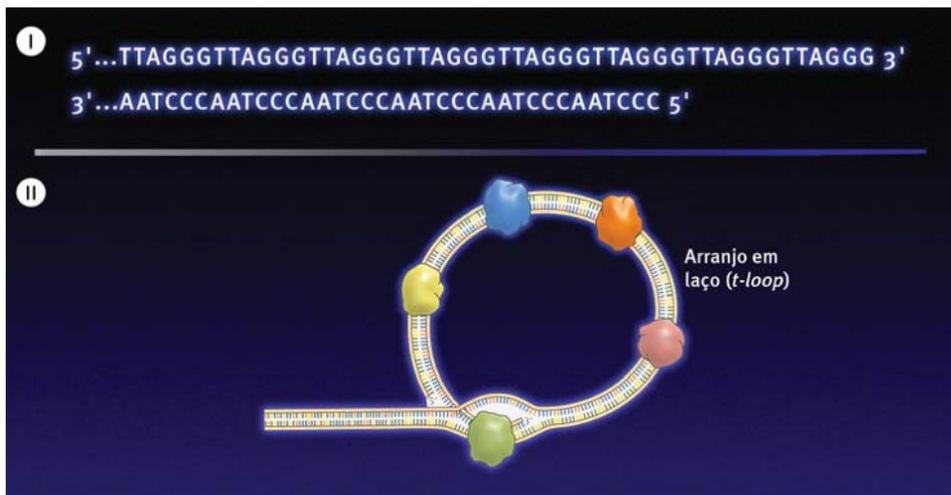


Figura 3. Os telômeros humanos apresentam uma seqüência de nucleotídeos em que o terminal da fita mais longa do DNA (em cima) é rico em guanina (letra 'G'), e a fita mais curta (em baixo) é complementar à primeira e rica em citosina (letra 'C'). Os telômeros são encontrados com esse terminal 'livre' (I) ou formando um arranjo em laço (*t-loop*, em inglês) (II), presente nos cromossomos de alguns eucariotos (os corpos coloridos representam proteínas teloméricas que mantêm essa estrutura)

canadense (radicado nos Estados Unidos) Oswald Avery (1877-1955) identificasse, em 1944, o DNA como o material hereditário. Muller e McClintock definiram os telômeros como estruturas funcionais que protegem os terminais dos cromossomos.

Com a descoberta, em meados dos anos 50, dos princípios que regem a duplicação do DNA e a revelação de que as enzimas responsáveis pelo processo não são capazes de finalizar a replicação dos terminais dos cromossomos (figura 2), um novo dogma surgiu na biologia, trazendo várias questões não menos importantes. A pergunta principal era: "Como a replicação do DNA é finalizada nos terminais dos cromossomos?" Isso porque era sabido que, se esses trechos não fossem mantidos, em cada evento de replicação as células perderiam porções de cromossomos a partir das extremidades. Assim, imaginando que cada porção perdida tivesse 16 repetições da seqüência TTAGGG (as letras representam grupos químicos componentes do DNA) e que os telômeros contivessem duas mil repetições dessa seqüência, ao final de 125 divisões celulares eles desapareceriam por completo. E que destino teriam as células com cromossomos progressivamente mais curtos? Por terem um genoma menor e totalmente instável, elas provavelmente entrariam em um estado irreversível de incapacidade de proliferação conhecido como senescência replicativa ou envelhecimento celular, como veremos adiante.

Dois biólogos, o norte-americano James Watson e o russo Alexei Olovnikov, foram os primeiros a propor, no início dos anos 70, possíveis soluções para esse caso. Eles descobriram que moléculas circulares de DNA evitam o problema juntando-se e formando um colar antes da replicação, sem deixar terminais livres. Olovnikov sugeriu, inclusive, que as perdas de DNA nos terminais dos cromossomos

seriam responsáveis por uma limitação da capacidade replicativa das células humanas – o que é reconhecido hoje como uma das principais funções dos telômeros.

Para entender melhor essas estruturas terminais, a bioquímica australiana (naturalizada norte-americana) Elizabeth H. Blackburn, durante seu doutorado na Universidade Yale, em meados dos anos 70, no laboratório do biólogo norte-americano Joseph Gall, seqüenciou os telômeros de ciliados (protozoários unicelulares) e descobriu que eles são formados por centenas de repetições de DNA que, em uma fita, têm a seqüência de nucleotídeos 5'-GGGGTT-3', e na fita complementar exibem a seqüência 5'-CCCCAA-3' – as duas fitas do DNA são complementares ('C' sempre faz par com 'G' e 'A' com 'T') e dispostas em antiparalelo (os números 5' e 3' indicam, por convenção, as extremidades das fitas e a síntese do DNA ocorre sempre no sentido 5' → 3'). Hoje, sabe-se que todos os telômeros terminam com uma extensão curta da repetição telomérica (figura 3A) rica em nucleotídeos formados pela base guanina (G). Está provado experimentalmente que essa extensão forma um tipo mais complexo de arranjo, em laço (figura 3B), em pelo menos metade dos cromossomos de mamíferos, de leveduras (fungos) e de tripanossomas (protozoários).

Embora os achados de Blackburn e Gall não tenham resolvido de imediato a questão do término da replicação do DNA, eles deram pistas para que se comprovasse a conservação dessas estruturas durante a evolução. Bastou identificar os telômeros de organismos evolutivamente distantes e comparar suas seqüências para confirmar isso. Os telômeros de humanos e de alguns protozoários primitivos (como leishmanias e tripanossomas), por exemplo, são formados pela seqüência 5'-TTAGGG-3'. ▶

Surge a solução: a descoberta da telomerase

A primeira pista de que algum fenômeno especial possibilitava a replicação dos terminais de cromossomos surgiu em 1982. O bioquímico norte-americano David Prescott mostrou que, durante uma das fases de desenvolvimento de ciliados, seu genoma se fragmenta e, nesse momento, seqüências teloméricas são adicionadas aos terminais dos cromossomos.

Dois anos depois, outros achados comprovaram esse processo. Duas pesquisas nos Estados Unidos revelaram que seqüências teloméricas do ciliado *Tetrahymena* podiam substituir os telômeros da levedura *Saccharomyces* e que esta também era capaz de adicionar suas repetições teloméricas aos terminais dos cromossomos desse ciliado. Um terceiro achado, de um grupo de cientistas holandeses, mostrou que telômeros de tripanossomas que causam a doença do sono ficavam progressivamente mais longos a cada divisão celular durante a infecção no hospedeiro mamífero. Todos esses resultados indicavam claramente que os terminais dos cromossomos ganhavam seqüências por um mecanismo aparentemente comum a organismos diferentes e, ao mesmo tempo, especial e desconhecido.

Várias hipóteses foram então lançadas para explicar essa 'regeneração' dos telômeros, até que em 1985, na Universidade da Califórnia (em Berkeley), a bióloga norte-americana Carol Greider, estudante de doutorado sob orientação de Elizabeth Blackburn, descobriu uma enzima que adicionava DNA telomérico aos terminais dos cromossomos de *Tetrahymena*. A enzima ganhou o nome sugestivo de telomerase. Essas pesquisadoras, e depois vários outros cientistas, mostraram experimentalmente que a telomerase é formada por um componente protéico – um tipo de enzima denominado transcriptase reversa – e por uma molécula de RNA, que contém o molde invertido (uma seqüência de nucleotídeos complementar) da seqüência telomérica rica em guanina encontrada nos terminais de todos os cromossomos. O componente protéico faz a cópia complementar desse molde e a adiciona ao terminal 3' dos cromossomos. Quando a adição de uma repetição inteira é finalizada, a telomerase desloca-se ao longo da extremidade do cromossomo e posiciona-se de forma a reiniciar a síntese (figura 4).

O descobrimento da telomerase resolveu o problema da replicação dos trechos terminais de moléculas lineares de DNA. E a atividade dessa enzima foi detectada em inúmeros organismos, de mamíferos a leveduras, incluindo os protozoários que causam malária, leishmaniose, doença de Chagas e doença do sono. Além disso, demonstrou-se que organismos ou células com mutações nos genes que codificam o componente protéico e o RNA da te-

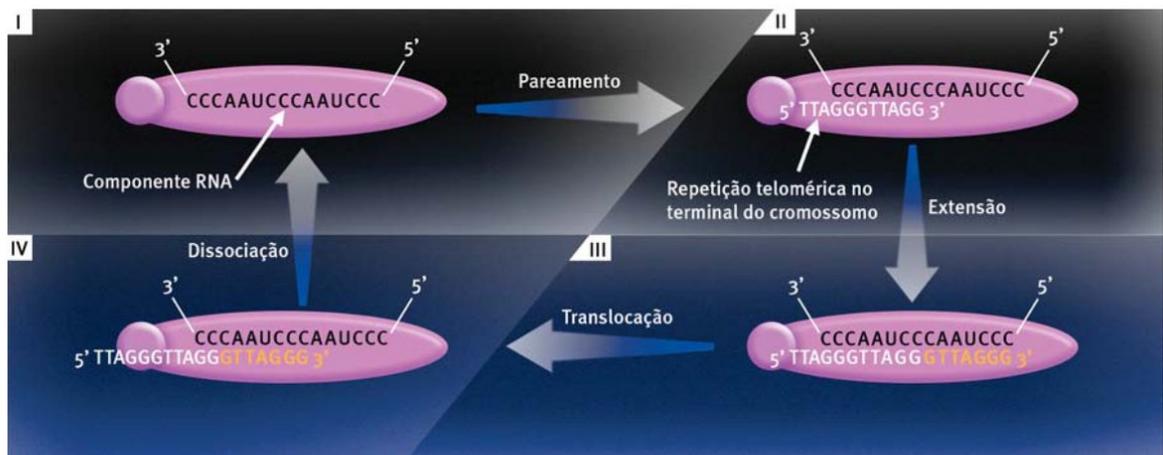
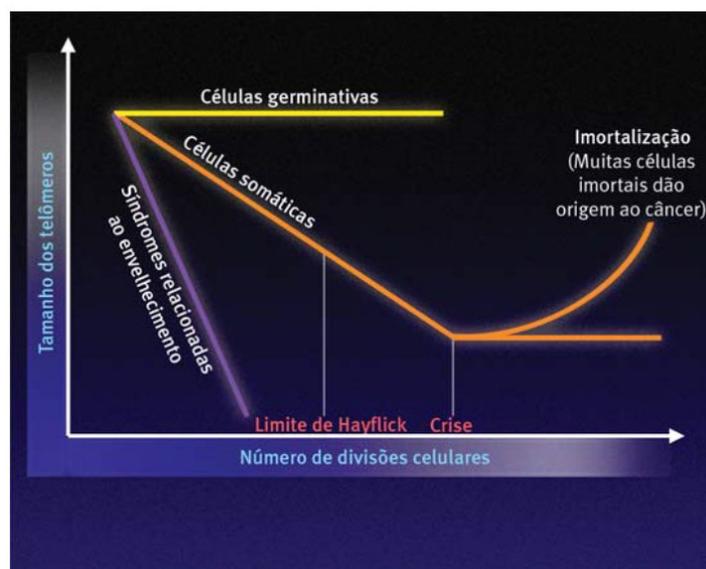


Figura 4. Replicação dos telômeros. A telomerase (I) é formada por um componente protéico (estrutura em roxo) e por uma molécula de RNA (seqüência de letras, em preto), que contém uma seqüência-molde, complementar a mais de uma repetição telomérica (seqüência em branco, em II). Quando a telomerase liga-se ao telômero (III), ocorre o pareamento dos nucleotídeos deste e do molde contido no RNA, ligando citosina com guanina (C-G) e uracila com alanina (U-A) (em moléculas de RNA, a timina encontrada no DNA é substituída por uracila), e novos nucleotídeos (em amarelo) são adicionados ao telômero. Em cada ciclo de replicação, uma nova repetição telomérica (a seqüência TTAGGG) surge no fim do cromossomo. Em seguida, a telomerase desloca-se sobre o telômero (IV) para iniciar um novo ciclo de replicação ou desliga-se do cromossomo, encerrando sua ação

Figura 5. Relação entre o tamanho dos telômeros e a capacidade de proliferação celular: células germinativas (não diferenciadas – linha amarela) têm telômeros longos e multiplicam-se indeterminadamente, enquanto células somáticas (já diferenciadas – linha laranja) dividem-se por 50-60 gerações e perdem seus telômeros gradualmente (o ‘limite de Hayflick’ é o momento em que a maioria das células somáticas mostra sinais de envelhecimento). Células ‘em crise’ que já acumularam diferentes mutações morrem ou reativam a telomerase, tornando-se ‘imortais’. O encurtamento acelerado dos telômeros (linha roxa) ocorre em muitas síndromes relacionadas ao envelhecimento prematuro. Indivíduos portadores dessas síndromes apresentam precocemente patologias associadas apenas a idosos



limerase perdem a capacidade de se dividir e envelhecem rapidamente, comprovando a importância biológica da enzima.

Telomerase e proliferação celular

A maioria das células humanas somáticas (ou seja, já diferenciadas) apresenta normalmente pouca ou nenhuma atividade de telomerase. Isso significa que, embora essas células contenham o gene que codifica a enzima, ele está silencioso (inativo), não sendo capaz de produzi-la. Portanto, tais células se dividem por apenas 50 a 60 gerações antes que seus telômeros fiquem muito curtos para dar proteção aos cromossomos. Quando alguns desses terminais chegam a um limite mínimo de tamanho (característico para cada célula), isso sinaliza a parada das divisões celulares e o início do envelhecimento. Esse ponto crítico, conhecido como ‘limite de Hayflick’ (figura 5), é uma das razões que explicam por que não podemos viver para sempre!

Existem, porém, células normais com alta capacidade proliferativa, como células germinativas jovens (esperma e óvulo não maduros), células-tronco embrionárias e algumas células somáticas. Entre estas estão as células endoteliais (que revestem o coração e os vasos sanguíneos e linfáticos), as células endometriais (que revestem o útero) em adultos e os linfócitos T e B (tipos de glóbulos brancos) quando induzidos à proliferação. Nestas, ao contrário do que ocorre na maioria das células somáticas, a telomerase se mantém ativa.

Entretanto, aquelas células que não têm esse poder de proliferação e que transpõem o chamado limite de ‘crise’ reativam a atividade de telomerase e continuam a se dividir indefinidamente. Tais células são consideradas ‘imortais’, e isso é o que acontece com 85% a 90% das células cancerígenas.

A atividade ininterrupta da telomerase verificada nas células tumorais também é encontrada na maioria dos eucariotos (organismos cujas células têm núcleo definido) unicelulares. Assim, tais organismos também apresentam uma capacidade infinita de multiplicação quando em condições propícias no meio ambiente ou no hospedeiro, sendo considerados ‘imortais’. Essa condição só pode ser alterada se eles estiverem em meio não adequado para sua sobrevivência.

O papel dos telômeros no câncer

Como foi mostrado, a capacidade proliferativa das células está diretamente associada à atividade da telomerase. Assim, células somáticas senescentes que passaram a se dividir indefinidamente apresentam alta atividade de telomerase e perda de controle sobre o ciclo celular. Aliado a isso elas têm telômeros curtos e acumulam vários tipos de mutações (figura 5). Em consequência, a cada divisão celular ocorre uma diminuição gradual da integridade de seus cromossomos, levando à instabilidade do genoma e, por isso, ao acionamento da maquinaria de reparo da célula. Esta interpreta que o DNA cromossômico está defeituoso ou quebrado e passa ▶

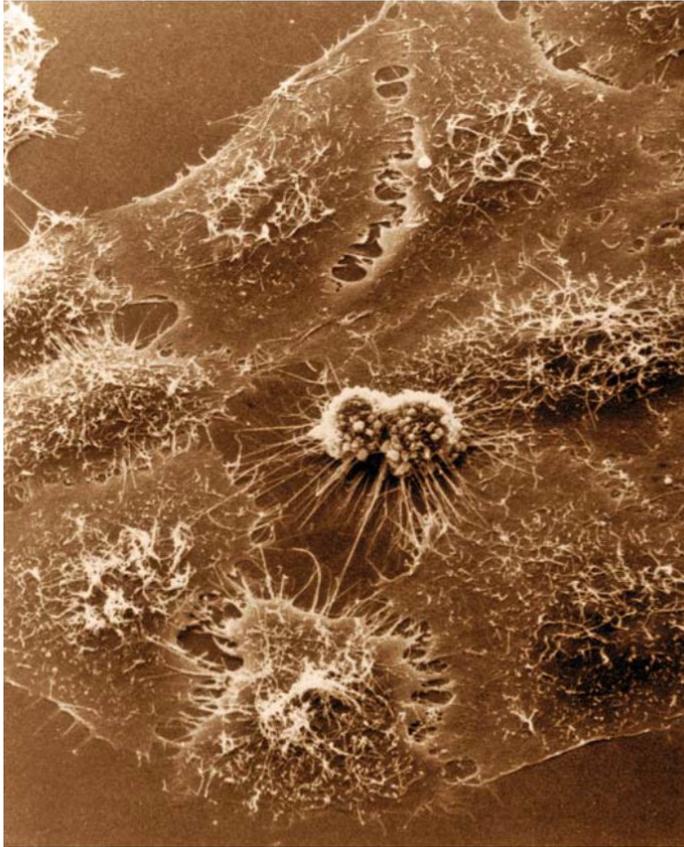


Figura 6. Células HeLa em cultura dividindo-se, em imagem obtida com microscópio eletrônico

ainda são utilizadas em laboratório, já que é possível mantê-las indefinidamente em frascos de cultura (figura 6).

Como a telomerase é necessária para a imortalização da maioria das células de tumores e importante para a multiplicação de organismos unicelulares, essa enzima é considerada um bom alvo para o desenvolvimento não só de drogas contra o câncer e outras doenças, mas também de métodos não-invasivos de diagnóstico precoce do câncer. Terapias experimentais que visam inibir a ação da telomerase têm sido aplicadas em animais de laboratório e algumas já começam a ser testadas em pacientes humanos. Alterações nos genes que instruem a síntese dos componentes da telomerase e outros métodos também poderão, no futuro, dar origem a tratamentos para doenças (ver 'Mais pêlos em camundongos' e 'Telômeros e leishmaniose').

a reparar esses danos promovendo, por exemplo, a fusão entre os terminais. Ao que parece, é a somatória desses efeitos que determina uma das primeiras etapas do desenvolvimento de alguns tipos de câncer e a formação de tumores.

Um exemplo de que células cancerígenas são imortais é a linhagem celular denominada HeLa, originada de células extraídas em 1951 de um câncer cervical da norte-americana Henrietta Lacks (1920-1951). Mais de 50 anos depois, essas células

meros e leishmaniose').

A inibição da telomerase, no entanto, não poderá ser usada como terapia nos 10% a 15% de tumores malignos em que a telomerase não é reativada. Essas células cancerígenas usam um mecanismo conhecido como 'alongamento alternativo dos telômeros' (ALT, na sigla em inglês), que adiciona novas seqüências aos terminais cromossômicos permutando DNA entre telômeros de cromossomos diferentes. Esse processo já havia sido proposto há muitos anos,

MAIS PÊLOS EM CAMUNDONGOS

Pesquisadores da Universidade Stanford, nos Estados Unidos, mostraram, em artigo publicado recentemente pela revista científica britânica *Nature*, os efeitos provocados pela ativação localizada de um gene extra do componente protéico da telomerase em um camundongo. Esse gene foi ativado especificamente em células epiteliais presentes na pele do animal. Isso resultou em rápida transição do ciclo de crescimento dos pêlos, levando à proliferação de células-tronco que estavam em repouso na região do folículo piloso (estrutura que dá origem ao pêlo). Após algum tempo, os animais transgênicos estavam abundantemente peludos, se comparados aos não transgênicos. Como essa função da telomerase não envolve o componente RNA, pode ser considerada um mecanismo independente de manutenção dos telômeros, o que abre a possibilidade de que, no futuro, essa enzima também seja utilizada em terapias para a recuperação de queimados e de doenças associadas a danos nos tecidos e ao envelhecimento.

TELÔMEROS E LEISHMANIOSE

O Laboratório de Telômeros do Departamento de Genética da Universidade Estadual Paulista em Botucatu é pioneiro em pesquisas com telômeros de protozoários patogênicos, principalmente os causadores da leishmaniose em humanos e animais domésticos. O objetivo é encontrar meios de utilizar a telomerase e outras proteínas teloméricas como novos e potenciais alvos para o desenvolvimento de terapias antiparasitárias, incluindo o desenho de drogas de baixa toxicidade para o hospedeiro e mais eficazes no combate à doença. A leishmaniose, doença infecciosa transmitida pela picada de um inseto, pode se manifestar de diferentes formas clínicas e é mais grave em hospedeiros com o sistema imunológico enfraquecido. O número crescente de casos da doença em transplantados e em portadores do vírus HIV tem alarmado as comunidades médica e científica. Além disso, a Organização Mundial da Saúde considera a leishmaniose uma das doenças cuja incidência mais cresce na atualidade (juntamente com a dengue e a malária), pois para ela não existem métodos eficazes de prevenção, diagnóstico e tratamento.

quando ainda se discutia como eram mantidos os terminais dos cromossomos.

O relógio molecular das células

O envelhecimento celular – ou senescência – é um processo que ocorre constantemente com a maioria das células somáticas humanas e com alguns microrganismos eucariotos que se multiplicam por divisão celular simples. Esse processo ocorre após um número determinado de gerações e se caracteriza por perda da capacidade de divisão, estresse oxidativo (acúmulo no organismo de radicais livres, grupos químicos altamente reativos capazes de destruir moléculas orgânicas) e ausência da atividade de telomerase.

Resultados de muitas pesquisas sugerem que o encurtamento dos telômeros funciona como um relógio molecular que registra quantas vezes as células se duplicaram (ver 'Telômeros: relógios do envelhecimento', em *CH* nº 137). Quando esse encurtamento atinge um ponto crítico, o crescimento celular é interrompido, culminando na senescência e na indução da morte da célula. Acredita-se que telômeros curtos em células que ainda têm capacidade proliferativa seriam responsáveis por alguns dos fenômenos que associamos ao envelhecimento normal. Em geral, o que se sabe é que, em cultura, células de um feto dividem-se mais vezes que as de uma criança, que por sua vez dividem-se mais vezes que as de um adulto.

A primeira evidência direta de que o tamanho dos telômeros determina a capacidade proliferativa

das células humanas surgiu no final dos anos 90, em experimentos realizados pela corporação norte-americana Geron. Seus pesquisadores introduziram um gene ativo da telomerase em fibroblastos humanos normais (células do tecido conjuntivo que produzem substâncias importantes para a sustentação do corpo, como colágeno e elastina). Nos fibroblastos, o gene da telomerase normalmente está inativo. Com a expressão desse gene ativo, essas células voltaram a apresentar atividade de telomerase e aumentaram muito o número limite de duplicações em cultura, de 60 para quase uma centena. Além disso, essas células mantiveram o número correto de cromossomos, continuaram crescendo de forma normal e não apresentaram sinais de carcinogênese.

Essa função dos telômeros ficou mais clara com a clonagem da ovelha Dolly, nascida em 1996, a partir de células de glândula mamária de ovelha adulta (células somáticas). Dolly nasceu com telômeros menores que os de animais concebidos de forma natural e, aos seis anos, já apresentava artrite e doença pulmonar progressiva, enfermidades incomuns para sua idade cronológica.

Vale mencionar que indivíduos acometidos por doenças genéticas como a síndrome de Werner (causada por deficiências na maquinaria de reparo envolvida com os telômeros) e disqueratose congênita (DKC, causada por uma deficiência na telomerase) apresentam envelhecimento prematuro. Entretanto, ainda não está totalmente claro se o tamanho dos telômeros está relacionado à idade biológica de indivíduos normais. A principal função da telomerase, portanto, parece ser a manutenção da estabilidade dos telômeros e das divisões celulares, o que pode levar a importantes descobertas relacionadas ao processo de envelhecimento e ao reparo de tecidos danificados. ■

SUGESTÕES PARA LEITURA

- BLACKBURN, E.H.
'The end of the (DNA) line', in *Nature Structural Biology*, v. 7, p. 847, 2000.
- BLASCO, M.A.
'Telomeres and human disease: ageing, cancer and beyond', in *Nature Reviews Genetics*, v. 6, p. 611, 2005.
- CANO, M.I.N.
'Telomere biology of trypanosomatids: more questions than answers', in *Trends in Parasitology*, v. 17(9), p. 425, 2001.
- LEWIS, J.; ALBERTS, B. & BRAY, D.
Biologia molecular da célula, Porto Alegre, Artmed, 2004.

Manguezais do Nordeste

Por reagir rapidamente a mudanças no ambiente costeiro, os manguezais são capazes de fornecer informações valiosas sobre a dinâmica ambiental da área litorânea. Por outro lado, alterações em sua distribuição e extensão podem ter influência negativa na ecologia local, inclusive na produtividade primária e na produção pesqueira. Com o objetivo de conhecer os efeitos do impacto global, regional e local sobre esse importante ecossistema, os autores procuraram mapear detalhadamente as áreas de mangue do Nordeste brasileiro e, a partir de informações sobre sua extensão, distribuição e evolução, prever o alcance desses efeitos sobre toda a zona costeira no futuro.

Luiz Drude de Lacerda

*Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará
e Departamento de Geoquímica, Universidade Federal Fluminense*

**Luís Parente Maia, Leonardo Hisley Uchoa Monteiro,
Guilherme Marques e Souza,**

Luiz José Cruz Bezerra e Marcelo Oliveira Teles de Menezes

Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará

Avanço de um campo
de dunas sobre
manguezais do rio
Jaguaribe (CE)

e mudanças ambientais

Figura 1. Retificação do rio Cocó, na região metropolitana de Fortaleza, acompanhada da urbanização de sua bacia (A). Na sua foz, áreas de manguezal urbanizadas por população de baixa renda. Note-se a construção de uma ponte sobre o rio (B)



FOTOS INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR/UFC

Os manguezais são formações florestais que ocorrem em áreas abrigadas do litoral tropical, no ponto de contato entre o continente e o mar. Essa estreita faixa costeira varia de algumas dezenas de metros no litoral, onde as marés têm amplitude inferior a 1 m, como no Sudeste brasileiro, a alguns quilômetros de largura, onde sua amplitude é maior que 4 m, como na costa norte do Brasil. Embora sua área seja relativamente pequena, a interface entre o continente e o mar é um dos ambientes mais dinâmicos do planeta. Sua extensão e características ambientais se alteraram drasticamente em virtude dos impactos causados ao meio ambiente pelas mudanças climáticas globais ocorridas ao longo dos últimos milênios. Essas modificações se devem particularmente às alterações no regime hidrológico das bacias de drenagem continentais e às mudanças nas condições oceânicas. A faixa litorânea atual é um

ambiente jovem, tendo sido moldada pelas variações do nível do mar durante o último período do Holoceno (há cerca de 7 mil anos), e permanece em constante mudança, causada pela contínua alteração do clima da Terra.

A zona costeira, além de sofrer a variabilidade induzida por mudanças globais, é hoje a região de maior densidade populacional do planeta e hospeda grande parte das áreas urbanas e regiões industriais. Obras de engenharia marinha (portos, canais navegáveis, dragagens e aterros artificiais), represamento de rios, instalações de áreas de lazer, turismo e urbanização, entre outras intervenções, resultam em mudanças rápidas das características ambientais locais (figura 1).

As alterações ambientais que resultam da ação humana em nível local ou regional podem ser maximizados ou minimizados por impactos causados por mudanças globais, o que torna difícil identificar os principais agentes de um dado impacto. Como resultado, impactos em âmbito regional podem ter magnitude bem diferente daqueles provocados apenas por mudanças globais. Não é fácil, portanto, estabelecer uma relação de causa e efeito quando os dois vetores são considerados em separado. Assim, as alterações ambientais causadas pela taxa atual de elevação do nível do mar (da ordem de 10 cm a 40 cm por século) teriam magnitude bem menor se não fossem potencializadas pelo efeito das atividades humanas na zona costeira. A erosão de praias urbanas no litoral do Nordeste brasileiro é um exemplo emblemático.



Figura 2. Distribuição de manguezais no litoral do Nordeste do Brasil entre o Piauí e Pernambuco

Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) sugere que a área dessas florestas variou pouco nos últimos 40 anos, totalizando cerca de 13 mil km². Porém, um olhar mais detalhado sobre os números mostra que as áreas de manguezal vêm sofrendo alterações significativas ao longo da costa brasileira, sobretudo em razão de ações humanas diretas e ilegais, como o desmatamento e a conversão da área para outros usos, como desenvolvimento urbano, no Sudeste, e atividades turísticas e de maricultura (criação de frutos do mar em fazendas ma-

Para se desenvolver em um ambiente tão dinâmico, os manguezais devem apresentar elevado grau de resiliência (capacidade de retomar rapidamente seu ponto de equilíbrio após um distúrbio), alterando sua distribuição e características estruturais de acordo com as feições do litoral e com as forças dominantes em um dado período. O poder dos manguezais de se adaptarem às condições da região costeira em determinado momento sugere seu uso como marcador de mudanças das condições ambientais do litoral. Por exemplo, solos-reliquia de manguezais preservados sob recifes coralinos atuais, há pouco descobertos por pesquisadores do Instituto Australiano de Ciências do Mar na região da grande barreira de coral da Austrália, indicam clima mais chuvoso e maior fluxo de águas fluviais para o mar em período relativamente recente. Indicam ainda que o processo de 'afogamento' desses manguezais pela elevação do nível do mar foi rápido, permitindo a preservação das características químicas e da textura desses solos. Na região de New South Wales, Austrália, e em diversas áreas do litoral subtropical da Nova Zelândia, a elevação contínua do nível do mar e as alterações do clima regional têm provocado a invasão de terras por manguezais. Além disso, comunidades vegetais típicas menos resistentes à salinização têm sido alagadas. Na planície costeira bragantina, no litoral do Pará, por exemplo, áreas de pastagens de importância econômica têm sido substituídas por manguezais.

No Brasil, onde os manguezais são considerados áreas de preservação permanente pela legislação federal, são raros os mapeamentos detalhados desses ecossistemas. Estudo da Organização das Nações

(Unasul), no Nordeste.

Ações humanas indiretas, que se dão longe do litoral, também podem afetar a distribuição e extensão dos manguezais. Alterações no regime hidrológico de rios, a partir da construção de represas e barragens, transposição de bacias hidrográficas e retirada de água para abastecimento e irrigação alteram o grau de salinização e o fluxo de água e sedimentos para o mar, propiciando erosão costeira, avanço de areias marinhas sobre estuários e intrusão salina em águas subterrâneas.

O litoral do Nordeste é uma das áreas mais dinâmicas de nossa costa. Seu clima semi-árido, a presença de rios intermitentes e a exposição direta do litoral ao oceano aberto e aos ventos alísios fazem com que a área seja particularmente sensível aos efeitos das mudanças globais. Por outro lado, o alto grau de açudagem de seus rios (superior a 80%), a rápida ocupação do litoral por atividades turísticas, a expansão urbana e a maricultura têm alterado significativamente as condições ambientais dessa parte de nossa costa.

Manguezais do Nordeste

A figura 2 apresenta a distribuição das áreas de manguezal no litoral nordeste do Brasil, que se concentram nos estuários dos principais rios da região. No arco litorâneo que se estende do Piauí a Pernambuco, a extensão desses manguezais estimada em nosso

estudo é de aproximadamente 600 km²: 174 no Ceará, 160 em Pernambuco, 130 no Rio Grande do Norte, 96 na Paraíba e 40 no Piauí. Nesse trecho, os manguezais estão restritos à área de influência das marés ao longo dos estuários dos principais rios. Seu avanço para o interior do continente é condicionado pela penetração das águas salinas, que impedem a colonização das margens dos rios por matas ciliares e outros tipos de vegetação que não suportam teores elevados de sal. No mar, os manguezais são limitados pela energia erosiva das ondas e pelo soterramento por areias trazidas por ventos e correntes marinhas. Portanto, uma vez que esses condicionantes ambientais são os mais afetados por mudanças climáticas globais e pela ação do homem no litoral e nas bacias fluviais, supõe-se que a extensão e a distribuição das florestas de manguezais no Nordeste tenham variado bastante ao longo do tempo.

Os manguezais brasileiros foram mapeados pela primeira vez na década de 1970 pelo oceanógrafo Renato Herz, do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (USP), que publicou o primeiro atlas dos manguezais do país. Embora limitado à época pela disponibilidade de instrumentos de sensoriamento remoto, esse estudo é o mais detalhado que se tem para essas formações vegetais no Brasil, permitindo boa comparação com a cobertura de mangues atuais. Nas décadas de 1980 e 1990, foram feitos mapeamentos de vários estados do Nordeste, com diferentes graus de detalhe. Tais estudos foram compilados em 1993 pela Sociedade Internacional para Ecossistemas de Mangue (ISME, na sigla em inglês) em seu programa de conservação e uso sustentável de manguezais. A figura 3 traz o resultado desses estudos, dados da década de 1970 e os valores que obtivemos em nosso levantamento.

Como se esperava, houve grandes variações nas áreas de manguezais dos estados nordestinos. Em comparação com valores de 1978, o aumento da área total foi significativo: 36% (158 km²). Os maiores

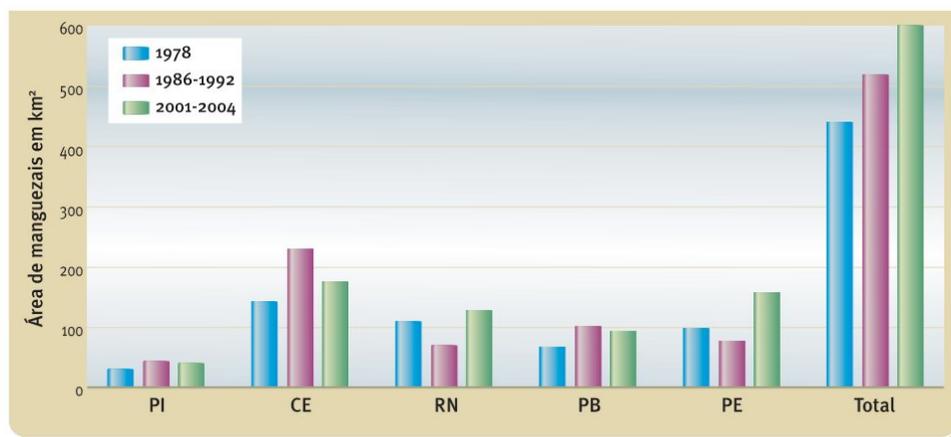
incrementos foram registrados em Pernambuco (67%), Paraíba (40%) e Piauí (35%). Mas, se a comparação for feita com levantamentos das décadas de 1980 e 1990, nota-se redução da área de mangue em alguns estados, principalmente Ceará (-24%), Piauí (-8%) e Paraíba (-5%). Ainda assim, as áreas registradas nesse período, no que diz respeito à área total, são maiores em até 13% em relação ao mapeamento de 1978.

Mas a expansão dos manguezais nesse trecho do litoral nordestino, longe de revelar adequada aplicação das leis de proteção ao ambiente, é um provável reflexo das mudanças ocorridas na região. Do ponto de vista das mudanças climáticas locais, modelos divulgados pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas indicam redução de até 10% na quantidade anual de chuvas na região e aumento em escala global do nível dos oceanos. Isso resulta em vazões fluviais menores e em maior penetração de águas marinhas nos estuários. Por outro lado, o elevado grau de açudagem na região (cerca de 90% do fluxo dos rios é controlado artificialmente e retido em barragens, açudes e represas) reduz ainda mais o volume de água doce que atinge os estuários, causando assoreamento de canais fluviais.

Medições feitas durante quase todo o ano no rio Jaguaribe (CE), na barragem de Itaiçaba, a 34 km da costa, revelam índices de salinidade próximos aos da água do mar. A vazão do rio em sua foz caiu de cerca de 200 m³ por segundo, no início do século passado, para menos de 20 m³/s nos tempos atuais. Embora essa redução tenha causado significativa erosão dos manguezais mais expostos na foz do rio, sua expansão para o interior foi muito mais significativa.

Situação semelhante ocorre no rio Pacoti, na região metropolitana de Fortaleza. Nessa bacia, além da redução do fluxo fluvial causada pela instalação de dois grandes açudes para abastecer a região metropolitana – proporcionando maior penetração das águas marinhas rio acima e, conseqüentemente, co-

Figura 3. Área de manguezais nos estados do PI, CE, RN, PB e PE em três diferentes épocas. Os dados de 1978, obtidos com base em imagens de satélite, foram publicados por Renato Herz em *Manguezais do Brasil*; os números referentes ao período 1986-1992 resultaram da compilação de fontes diversas, principalmente agências ambientais locais; os dados de 2001 a 2004 foram obtidos pelos autores deste artigo



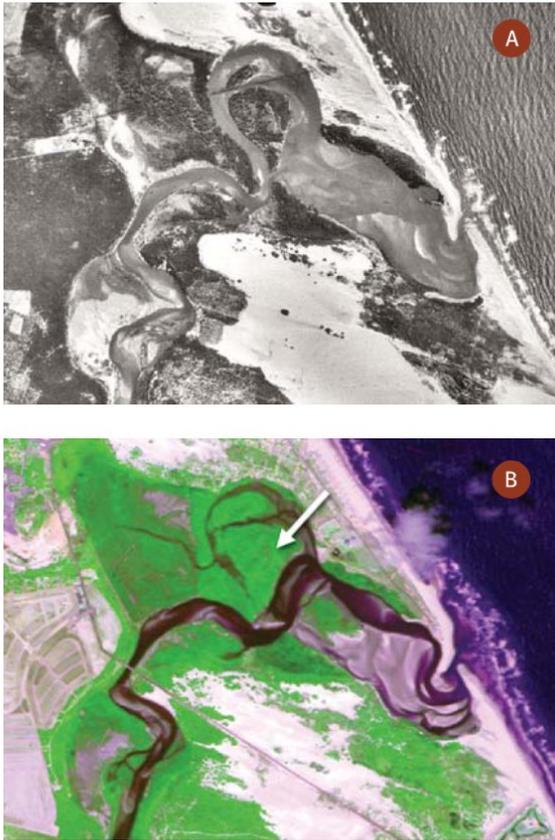


Figura 4. Estuário do rio Pacoti (CE) em 1958 (A) e em 2004 (B). Em A, vê-se a invasão de antigas salinas desativadas (manchas claras ao longo do rio) por manguezais; em B, a seta mostra uma ilha coberta por manguezais, em uma lagoa nas proximidades da foz do rio

Figura 5. Diferentes gerações de mangue às margens do rio Jaguaribe (CE) colonizam depósitos sedimentares recentes

lonização por mangues –, várias salinas que ali operavam antes de 1978, em áreas então cobertas por manguezais, foram desativadas, permitindo nova colonização por mangues (figura 4).

A abertura da barra da lagoa de Guaraíras (RN) na década de 1950 transformou-a em um grande estuário, provocando um aumento de mais de 200% da área total de manguezais, que passou de 4,5 km²



em 1978 para 14,2 km² em 2001. Aumentos significativos (67%) também ocorreram no litoral de Pernambuco, onde se registra a maior variação quando os dois estudos são comparados. Em diversos estuários visitados durante a realização do trabalho foram detectadas sucessivas franjas de mangue de diferentes tamanhos, sugerindo diferentes gerações (figura 5).

Mas o aumento da extensão de mangues no litoral nordestino não é um evento generalizado. Onde foi possível fazer comparações, usando-se a mesma metodologia de imagens obtidas entre 1999 e 2004, verificou-se que o acelerado processo de ocupação do litoral causou a redução de manguezais, sobretudo em áreas próximas de centros urbanos e em estuários com expressivo desenvolvimento da aqüicultura. Dos 51 pontos mapeados, foi possível avaliar a evolução recente das áreas de mangue em pelo menos 14 deles, totalizando 201 km² (cerca de 30% da área total mapeada). Embora os manguezais continuem se expandindo em diversos estuários dessas áreas – em geral com pequena intervenção humana nas que estão perto de regiões metropolitanas, como no rio Cocó, em Fortaleza –, houve expressiva redução dos manguezais, convertidos para fins de urbanização.

Em alguns pontos, como ao longo do rio Potengi, na região metropolitana de Natal, embora a urbanização tenha engolido algumas áreas de mangue, a expansão das florestas para o interior resultou em um aumento da área total. Da mesma forma, a recolonização de salinas abandonadas nos rios Pacoti e Ceará, na região metropolitana de Fortaleza, também propiciou o aumento das áreas de mangue, apesar do avanço da urbanização revelado por imagens de satélite. Em estuários onde foram instaladas fazendas de camarão de modo inapropriado também houve significativa redução de manguezais (figuras 6 e 7). No caso dos rios Timonha, Coreaú, Aranaú e Mundaú, todos no Ceará, as perdas devidas à maricultura, entre 1999 e 2004, foram de 2,4 km², 0,2 km², 0,4 km² e 2,0 km², respectivamente (figura 8).

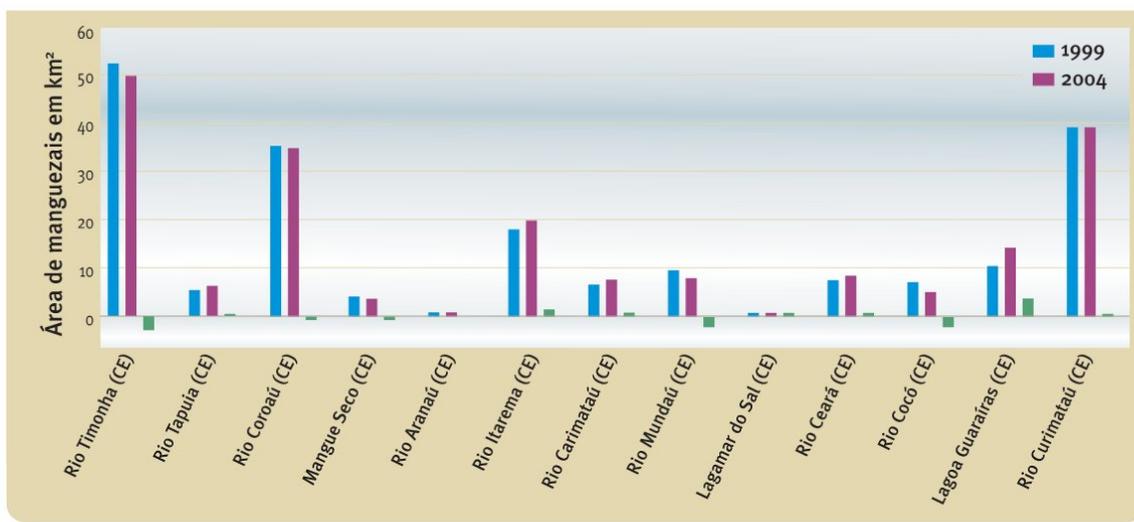
FOTOS INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR/UFCE



Figura 6. Derrubada de manguezais para a construção de canais de acesso a fazendas de camarão no estuário do rio Curu (CE)



Figura 7. Imagem de satélite mostra áreas de mangue convertidas em fazendas de camarão na lagoa Guaraiás (RN). Os pontos brancos identificam aeradores utilizados para manter níveis adequados de oxigênio nos tanques de criação



FONTE: LACERDA, L.D. ET AL.

Figura 8. Variação recente da área de manguezais observada pelos autores deste artigo em diferentes trechos do litoral nordestino. A coluna verde indica a área de mangue que aumentou ou diminuiu nos pontos estudados

A grande amplitude das marés e o suave gradiente de altitude das bacias costeiras dos rios nordestinos tornam seus estuários muito sensíveis a variações do nível do mar e a mudanças no fluxo fluvial, geralmente aumentando a intrusão salina no continente. Em conseqüência disso os manguezais também se deslocam rio acima, colonizando áreas ocupadas por vegetação terrestre ou de água doce. Esse processo pode ser acelerado pela deposição de sedimentos finos trazidos pela maré, oriundos da erosão de depósitos nas praias. Nossos estudos mostram que esse processo parece ser atualmente o principal responsável pela expansão da área de manguezais no litoral nordestino.

Mas a sobrevivência dos manguezais depende de vários fatores, que interagem de modo complexo. Embora o fator predominante seja geomorfológico,

processos que contribuem para a sedimentação de áreas de mangues e resultam em aumento do nível do mar (como barramento de rios) e mudanças dos regimes climáticos regionais também influem na sobrevivência dos manguezais. Além disso, o desenvolvimento rápido e desordenado da zona costeira poderá ter um efeito concentrado em nível local, resultando em alterações nas áreas de manguezal muito mais impactantes que as decorrentes de mudanças globais e regionais.

Nos programas de Zoneamento Ecológico-Econômico do litoral do Nordeste, é fundamental uma análise permanente da situação das áreas de mangue, não como um mecanismo para coibir sua conversão em outros usos, mas objetivando utilizá-las como indicadores de eventuais alterações ambientais, inclusive mudanças climáticas globais. ■

SUGESTÕES PARA LEITURA

HERZ, R. *Manguezais do Brasil*. São Paulo, Edusp, 1991.

KJERFVE, B. & LACERDA, L.D. 'Variação relativa do nível do mar', in *Ciência Hoje* nº 81, mai.-jun. 1992.

LACERDA, L.D. *Mangrove ecosystems: function and management*. Berlin, Springer Verlag Publishing, 2002.

LACERDA, L.D. 'Manguezais: florestas de beira-mar', in *Ciência Hoje* nº 13, jul.-ago. 1984.

MARINS, R.V.; LACERDA, L.D.; ABREU, I.M. & DIAS, F.J.S. 'Efeitos da açudagem no rio Jaguaribe', in *Ciência Hoje* nº 197, set. 2003.

O USO DO ESPAÇO E O PO

As grandes corporações privadas vêm se tornando, já há algum tempo, mais poderosas do que os governos nacionais. Elas tratam de participar da própria formulação das políticas públicas, para garantir o predomínio de seus interesses. Isso ocorre com especial ênfase nas atividades espaciais, que lidam com vultosas verbas, tecnologias avançadas e demandas estratégico-militares. O que podem fazer os Estados e os organismos intergovernamentais, nesse contexto, para preservar o direito espacial internacional, criado sob o princípio de que a exploração e o uso do espaço devem visar ao bem e ao interesse de todos os países?

José Monserrat Filho

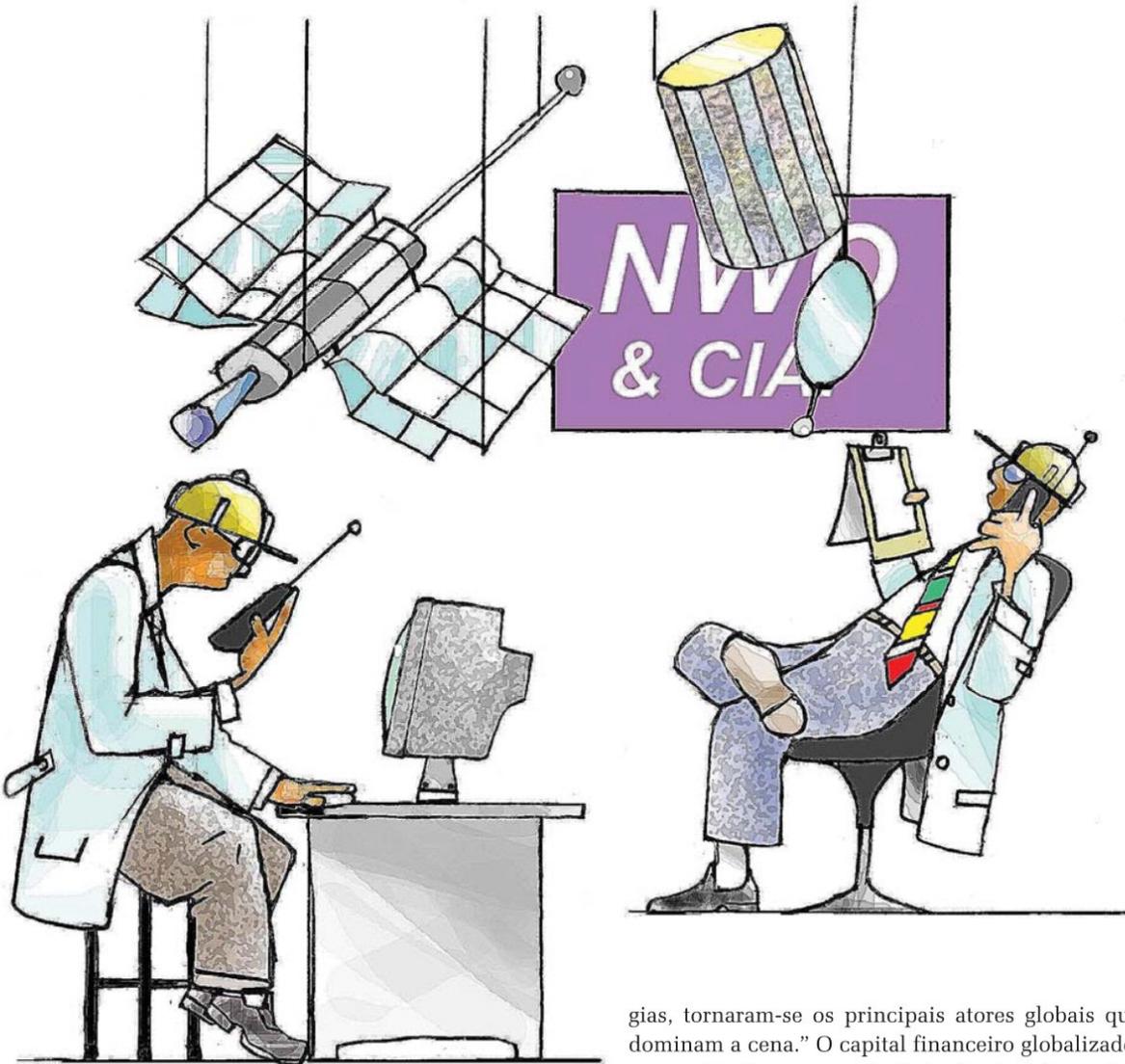
Associação Brasileira de Direito Aeronáutico e Espacial (SBDA) e Instituto Internacional de Direito Espacial



O atual direito espacial internacional é fruto do sistema da Organização das Nações Unidas (ONU), baseado “no princípio da igualdade de soberania de todos os seus membros”, segundo sua célebre Carta de 1945. Por esse princípio, os Estados soberanos exercem o poder supremo sobre seus respectivos territórios e toda a população ali existente, da mesma forma que aceitam conviver com outros Estados igualmente soberanos em um mundo policêntrico (multilateral). Mas qual seria, atualmente, a importância do conceito de soberania?

O sistema da ONU vive hoje profunda crise. Tendo o capitalismo conquistado na prática todo o planeta, suas forças mais poderosas tendem a abandonar os valores da legalidade e da justiça universais que elas apoiaram no passado, em particular desde o final da Segunda Guerra Mundial. De modo geral, a soberania dos Estados foi reduzida, limitada e/ou ignorada pela porosidade e a erosão das fronteiras nacionais, pelos fluxos globais livres

DER DAS CORPORAÇÕES



de capitais, pela crescente dominação do mercado mundial sobre as economias nacionais e pela expansão das corporações transnacionais.

O setor privado internacional, representado em grande parte pelas corporações transnacionais, tem “um papel cada vez maior na economia global”, como escreveu em 2000 o ganhês Edward Kwakwa, consultor jurídico da Organização Mundial da Propriedade Intelectual (WIPO, na sigla em inglês): “As corporações, amplamente percebidas como os canais centrais de comércio, finanças e tecnolo-

gias, tornaram-se os principais atores globais que dominam a cena.” O capital financeiro globalizado, em particular, exerce influência decisiva sobre cada lance no jogo econômico mundial.

O campo de manobra e controle dos governos, sobretudo para a implementação de políticas e programas sociais internos, encolhe em ritmo alarmante. Nos países mais desenvolvidos, em especial nos Estados Unidos, as maiores corporações assumem papel determinante nas decisões governamentais mais críticas. O mundo assim modelado bate, a cada ano, novos recordes de concentração de riquezas e desigualdades sociais, enquanto interesses públicos essenciais enfrentam imensas dificuldades para receber a devida atenção dos governos, tanto nos países pobres quanto nos ricos. ▶



Se esse é o pano de fundo do nosso tempo, fica difícil entender em profundidade, sem levar isso em conta, como funciona o processo de tomada de decisões nas áreas da política espacial e de sua regulamentação. Como, em certos países, os interesses das corporações e dos Estados interagem na formulação das posições jurídicas nacionais quanto à regulamentação das atividades espaciais e à responsabilidade por tais atividades? De quem são os interesses dominantes nesse processo? Este artigo visa discutir tais problemas.

As corporações no mundo atual

Ao longo dos últimos 150 anos, as corporações emergiram de relativa obscuridade e tornaram-se entidades de controle dominante no planeta. As maiores estão em quase todos os países e superam a maioria dos governos, tanto em tamanho quanto em poder. “As corporações hoje governam nossas vidas, determinam o que devemos comer, ver, ves-

tir, onde trabalhar e o que fazer. Estamos inescapavelmente cercados por sua cultura, iconografia e ideologia”, ressalta o canadense Joel Bakan, professor de direito na Universidade da Colúmbia Britânica (Canadá).

Exagero? Talvez não. As corporações surgem como pessoas jurídicas privadas nunca vistas antes, capazes de mobilizar os mais vultosos recursos financeiros e os mais qualificados especialistas em diferentes países para criar e explorar as mais dispendiosas empresas, gerando as soluções tecnológicas mais avançadas e os lucros mais polpudos. O economista norte-americano John Kenneth Galbraith (1908-2006) afirmou, em livro de 2004: “As empresas são um fato essencial da moderna vida econômica. Precisamos delas.” Mas fez questão de advertir: “Elas devem se conformar em aceitar as normas e as restrições públicas necessárias. A liberdade é necessária para beneficiar a ação econômica, mas não pode servir de cobertura para apropriação, legal ou ilegal, de faturamentos ou de fundos.” Galbraith está longe de ser o primeiro ou o último pensador de prestígio a fazer severas restrições e críticas às corporações.

No início da era espacial, elas foram chamadas de ‘complexo militar-industrial’. Era um alerta quanto aos sérios danos que poderiam causar aos interesses nacionais. A inesperada advertência veio do então presidente dos Estados Unidos, Dwight Eisenhower (1890-1969), eleito pelo Partido Republicano, general herói da Segunda Guerra Mundial, que governou o país de 1953 a 1961, por dois mandatos. Ele usou pela primeira vez a expressão ‘complexo militar-industrial’ em 1961, ao se despedir da Casa Branca diante do novo presidente, John Kennedy (1917-1963), seu adversário do Partido Democrata, que o havia acusado de negligenciar a segurança nacional.

Para Eisenhower, “a conjunção de um imenso *establishment* militar e de uma grande indústria de armamentos é experiência nova nos Estados Unidos”. Ele procurou ser convincente: “A total influência – econômica, política e até espiritual – é percebida em cada cidade, em cada legislativo estadual, em cada repartição do governo federal. Reconhecemos a necessidade imperiosa desse desenvolvimento. Mas não podemos falhar no entendimento de suas graves implicações. Nosso trabalho, nossos recursos, nossa subsistência estão todos afetados, como também a própria estrutura de nossa sociedade.” E recomendou: “Nos órgãos de governo, devemos nos resguardar da aceitação de influências não autorizadas, deliberadas ou não, do complexo militar-industrial. O potencial de ascensão ruínosa desse poder deslocado existe e persistirá. Nunca devemos permitir que o peso de tal

conjunção ameace nossas liberdades ou nossos processos democráticos. Não devemos aceitar nada como já decidido.”

Mais de 40 anos depois, Galbraith lembrou o alerta de Eisenhower, que deixou “explícita a apropriação da política pública de armamentos pela indústria de defesa”. Outro economista norte-americano, David C. Korten, acusa as corporações de, nos Estados Unidos, estarem “empenhadas há mais de 150 anos na reestruturação das normas e instituições do governo para que atendam a seus interesses”. Cada vez mais, diz, “o interesse das corporações e não o interesse humano é que determina e ordena a agenda das políticas dos Estados e dos organismos internacionais”.

A grande fonte do poder avassalador das corporações está nas fusões e aquisições de empresas. Em 1983, o negócio da mídia nos Estados Unidos era controlado por 50 corporações. Em 2002, restavam apenas nove. Entre 1990 e 2003, o número das grandes corporações da indústria de defesa dos Estados Unidos caiu de 24 para cinco: General Dynamics, Lockheed Martin, Northrop Grumman, Boeing e Raytheon. Essa concentração de poder, através da absorção de concorrentes, mobilizou nada menos que US\$ 136 bilhões em 10 anos, de 1992 a 2002.

Em seu livro *O mito do desenvolvimento econômico* (1996), o economista brasileiro Celso Furtado (1920-2004) afirmou que a grande força da corporação “deriva de que ela trabalha em mercados organizados, está em condições de administrar os preços e, portanto, de assegurar autofinanciamento e poder planejar suas atividades a longo prazo”. Com esse poder, ela compete com os Estados. “Em primeiro lugar, a grande empresa controla a inovação de processos e produtos (...); em segundo lugar, é responsável por grande parte das transações internacionais e detém praticamente a iniciativa nesse terreno; em terceiro lugar, opera internacionalmente sob orientação que escapa em grande parte à ação isolada de qualquer governo; e, em quarto, mantém uma grande liquidez fora do controle dos bancos centrais e tem fácil acesso ao mercado financeiro internacional.”

Para outro economista brasileiro, Gilberto Dupas, as corporações “tornaram-se os sujeitos de direito mais importantes da sociedade civil” e, por causa de suas decisões sobre padrões e vetores tecnológicos, que definem os produtos que a sociedade compra, as características do mercado de trabalho e da oferta de emprego, “tornaram-se os atores mais importantes da esfera política e do espaço público da sociedade liberal”. Assim, elas “passam a tomar decisões ‘quase políticas’”, enquanto “os governos e a opinião pública vão se transformando em es-

pectadores e a legitimação democrática se enfraquece. Não há clara definição de responsabilidade, nem sistema legal, político ou social que as aprove ou legitime”.

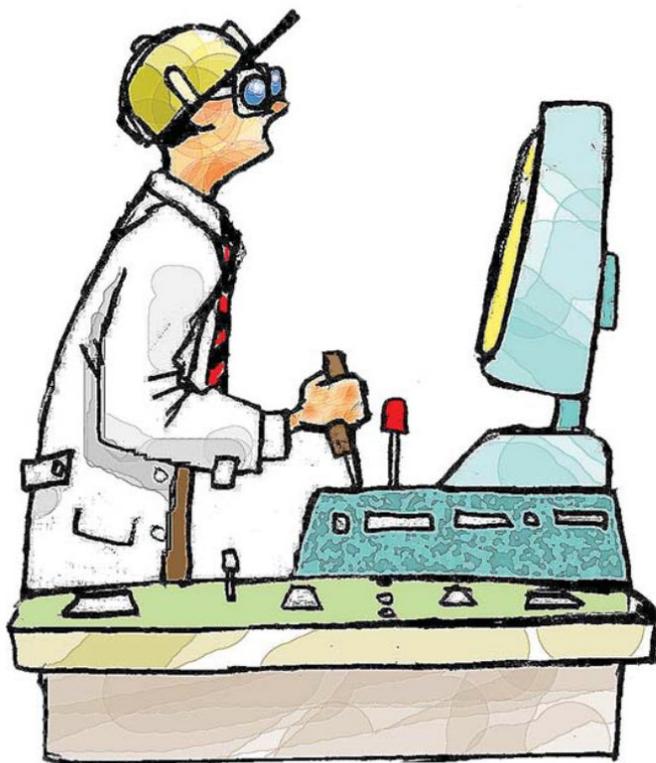
Antes, todas as empresas, grandes e pequenas, curvavam-se ante a vontade e as decisões soberanas do Estado. Hoje, diz Bakan, “cada vez mais as corporações, uma vez firmemente instaladas dentro da esfera pública, ditam as decisões de seus supostos supervisores nos governos e nas instâncias de controle da sociedade”. As indicações, portanto, são de que o interesse público é subordinado à influência avassaladora e decisiva do interesse privado. Hoje, mais do que nunca, como se afirma dentro dos próprios Estados Unidos, torna-se cada vez mais difícil traçar uma linha divisória entre certos órgãos de primeira linha do governo e as mais poderosas corporações. Antes, os governos usavam as corporações para realizar suas políticas. Hoje, são as corporações que parecem usar os governos para alcançar seus objetivos.

É sintomático o que relata o jornalista norte-americano Tim Weiner, no artigo ‘A Lockheed e o futuro das operações militares’ (*The New York Ti-* ▶



mes, 28/11/2004), sobre uma das maiores corporações dos Estados Unidos: “A Lockheed Martin não governa os Estados Unidos, mas ajuda a administrar uma parte espantosamente grande do país. Ao longo da última década, a Lockheed, maior fornecedora militar da nação, construiu um formidável império de tecnologia/informação que hoje se estende do Pentágono aos Correios. A companhia ajuda a separar as cartas e a totalizar os impostos dos norte-americanos. (...) Opera vôos espaciais e administra o tráfego aéreo. Para fazer tudo isso, escreve mais códigos de computador do que a Microsoft. (...) Suas armas formam o cerne do arsenal norte-americano. A empresa constrói a maior parte dos aviões de combate do país. Cria foguetes para propelir mísseis nucleares, sensores para satélites espíões e dezenas de outros sistemas militares e de informações. O Pentágono e a Agência Central de Informações (CIA) poderiam ter dificuldades para funcionar sem os conhecimentos especializados que a Lockheed Martin provê. Mas, no mundo pós-11 de setembro, a Lockheed tornou-se mais do que simplesmente a maior peça corporativa naquilo que o presidente Dwight D. Eisenhower definiu como ‘o complexo militar-industrial’. Agora, sua marca está cada vez mais presente nas políticas militares adotadas pelo país.”

Em suma, as corporações conseguem se infiltrar

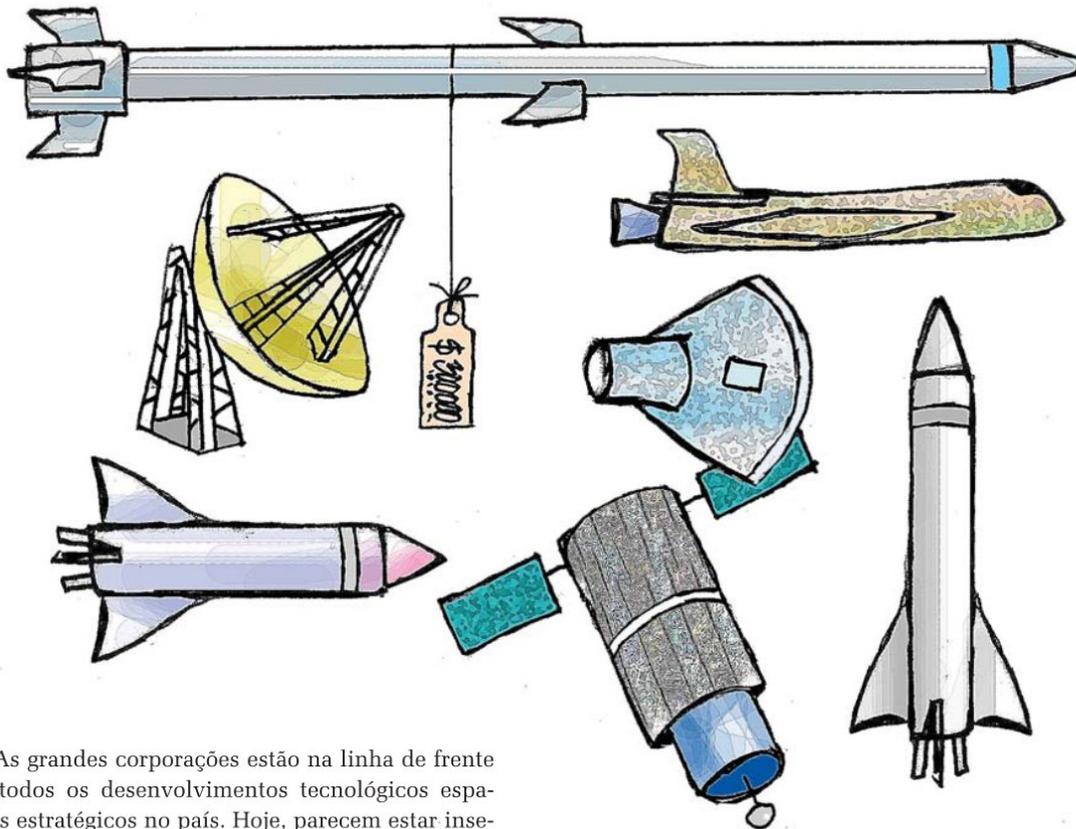


de tal forma nas mais altas esferas de governo que expressam seus mais importantes interesses nas decisões e na conduta assumidas pelo país em questões internas e externas.

Presença nas atividades espaciais

Alguns exemplos significativos revelam o envolvimento das grandes corporações nas atividades espaciais norte-americanas. A Martin Marietta – sucessora da Martin, que fabricava aviões de bombardeio na Segunda Guerra Mundial – desenvolveu o foguete Titã, de início um míssil balístico intercontinental, depois modificado para levar ao espaço os astronautas das cápsulas Gemini, em 1965 e 1966. A Pratt & Whitney, fabricante de motores de avião, desenvolveu o primeiro motor a hidrogênio líquido para operação no espaço, usado em diversas missões da Agência Espacial Norte-americana (Nasa). A Lockheed (que depois se fundiria com a Martin) desenvolveu o estágio superior do veículo de lançamento para um programa de reconhecimento a partir do espaço, o Corona, em 1959. A Kodak produziu um filme especial para o programa e a General Electric projetou a cápsula que o protegia para a reentrada na atmosfera. A TRW resultou dos esforços para construir o primeiro míssil balístico internacional, Atlas, e o primeiro satélite, o Pioneer I. A Hughes também foi precursora na fabricação de satélites de comunicação.

Hoje, duas corporações fabricam satélites e fornecem os foguetes maiores e mais usados em lançamentos no país: a Boeing (foguetes Delta) e a Lockheed Martin (Atlas e Titã). A Boeing é a mais importante empresa no desenvolvimento dos satélites do Sistema de Posicionamento Global (GPS), operado pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos. A TRW produziu o Observatório Chandra de Raios X e satélites de advertência contra mísseis balísticos. A Lockheed Martin administra uma equipe de subfornecedores da Rede de Controle por Satélite da Força Aérea do país, que participa de outros programas espaciais, e tem contrato com a Nasa para atuar no planejamento de missões científicas no espaço. A Harris forneceu os sistemas de comunicações do Programa de Satélite Meteorológico de Defesa, a Raytheon ITSS dá suporte técnico ao Centro de Dados Eros da Pesquisa Geológica dos Estados Unidos, e a Madison Research instalou supercomputadores no Comando de Defesa de Mísseis e Espaço Aéreo e no Comando Estratégico das Forças Armadas do país.



As grandes corporações estão na linha de frente de todos os desenvolvimentos tecnológicos espaciais estratégicos no país. Hoje, parecem estar inseridas no comando dessas atividades, e ainda na indústria bilionária das operações militares. Nas primeiras décadas da era espacial, elas foram usadas pelos órgãos de governo. Hoje, tais órgãos tendem a ser usados pelas principais corporações, apoiando seus planos e interesses. Tim Weiner afirma que a Lockheed é também “a mais poderosa força que impulsiona os planos do Pentágono no caso da rede eletrônica centralizada de operações de guerra (*net-centric warfare*)”, que funde programas militares com os serviços de informações e de armamento através de nova internet militar e é capaz de fornecer aos soldados em qualquer lugar do mundo um quadro instantâneo do campo de batalha ao seu redor.

Em maio de 2005, novo passo foi dado para reforçar essa tendência. Boeing e Lockheed Martin, as maiores corporações do setor espacial, firmaram contrato para conjugar produção, engenharia, teste e operações nos lançamentos, pelo governo norte-americano, de foguetes Delta e Atlas. As empresas argumentam que a iniciativa, batizada de ‘aliança para lançamentos unidos’ (*united launch alliance*), reduzirá custos, atendendo a pontos críticos da segurança nacional e às necessidades de expansão da Nasa. “Uma aliança com capacidade para efetuar lançamentos é essencial para ir ao encontro das necessidades das comunicações, fiscalização e explorações espaciais do século 21 e

assegurar acesso ao espaço”, disse Robert J. Stevens, presidente da Lockheed Martin.

Essa associação, na realidade, tem um objetivo natural e nocivo: evitar ou restringir ao máximo a possibilidade de desenvolvimento, inovação, cooperação ou competitividade mundiais no campo das tecnologias de lançamentos ou da prestação de serviço de lançamentos. A concorrência, nos Estados Unidos, pelos contratos da área espacial é tão feroz que gera outros problemas. Em discurso no Simpósio de Política Espacial, realizado em Washington em outubro de 2005, o senador Wayne Allard (repblicano do Colorado), reconheceu que, “no ramo altamente competitivo dos empreendimentos espaciais, onde há poucos contratos e programações com prazos entre 10 e 15 anos, os contratantes lutam com unhas e dentes para arrebatar cada contrato”. Como resultado, segundo a Diretoria de Ciência para Defesa do país, a maioria das propostas das empresas só é capaz de satisfazer uns 20% do programa básico de cada contrato. Assim, disse Allard, “o custo substituiu o sucesso da missão, estimativas irreais levam a orçamentos irreais; e definições inadequadas de exigências resultam na apresentação de novas exigências no andamento dos contratos”.

Em quase todos os programas espaciais, ressaltou o senador, “as estimativas de custo, programação e desempenho usadas como linha básica foram preparadas com informações profundamente inexatas, ou, no mínimo, incompletas”. Essa falha leva a pedidos de “mais dinheiro para cobrir aumento imprevisível de custos”. Como a Força Aérea faz parte do Estado, isso significa, segundo Allard, que o Estado “está submetendo os interesses públicos (governamentais) aos interesses privados, com seu apoio – sem necessidade de análise profunda – aos freqüentes e usuais pedidos de mais verba”.

As corporações, sobretudo as maiores, sempre acompanham com interesse os debates e decisões sobre atividades espaciais no Comitê das Nações Unidas sobre Usos Pacíficos do Espaço Exterior (Copuos, na sigla em inglês), na União da Telecomunicação Internacional e em outros fóruns internacionais. Essa participação ativa, embora não direta, tem aumentado muito nos últimos 20 anos, quando o processo de comercialização e privatização das atividades espaciais se intensificou. Coincidência ou não, justamente nesse período nada de novo aconteceu no direito espacial internacional. Congelaram-se as discussões para elaborar novos tratados e atualizar os instrumentos legais vigentes desde os anos 60 e 70. É lógico e provável que as grandes corporações, em geral favoráveis às políticas do ‘deixar fazer’ (*laissez-fair*) e à desregulamentação, das quais são as maiores beneficiárias, rejeitem qualquer mudança e avanço efetivo na legislação espacial internacional, capaz, a seu juízo, de prejudicar suas ações e seus negócios.

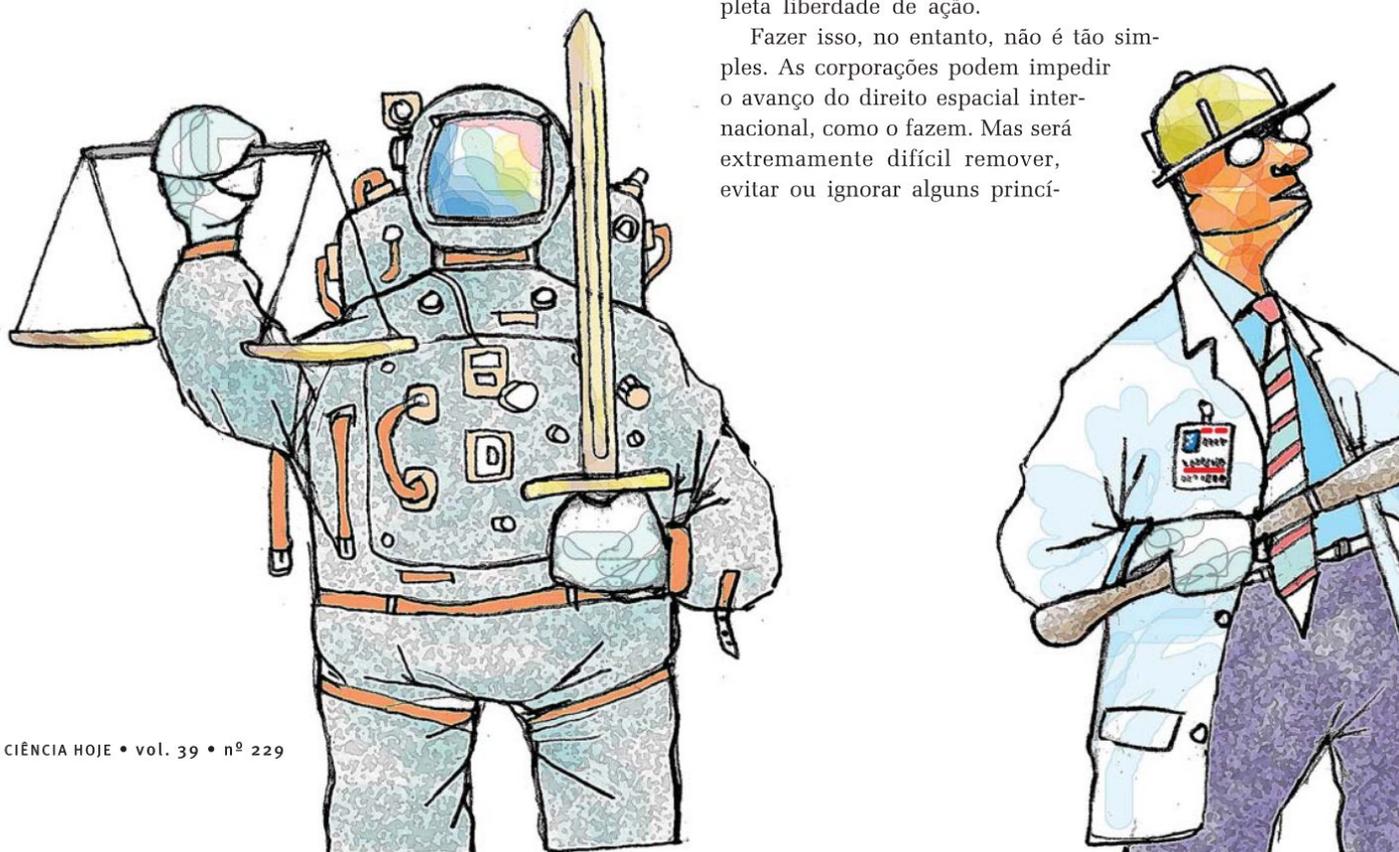
As corporações e o direito espacial

Por mais poderosas que sejam, as corporações não têm (pelo menos até agora) a competência legal para criar o direito espacial em âmbito nacional ou internacional. Essa competência é exclusiva dos Estados e das organizações intergovernamentais. Muitas corporações são mais ricas e poderosas do que grande número de países, mas isso não muda sua definição jurídica. De acordo com o direito internacional público reconhecido, as corporações nunca foram e jamais serão entidades soberanas, como os Estados.

A realidade, porém, mostra influências e pressões cada vez maiores das poderosas corporações sobre a vida política mundial – inclusive sobre as questões espaciais. Mas é notável que na área do direito espacial internacional, e em outros ramos do direito, essas influências ocorram não através de propostas jurídicas concretas, mas pela resistência a quaisquer mudanças, inovações ou desenvolvimentos na legislação em vigor.

Dessa forma, o corpo jurídico existente nesse campo – o conjunto dos tratados e declarações de princípios da Assembléia Geral das Nações Unidas e outros documentos que regulam as atividades espaciais dos Estados – continua a ser um patrimônio indispensável. Um patrimônio cuja vitalidade as grandes corporações querem bloquear, em aspectos importantes, para garantir a mais completa liberdade de ação.

Fazer isso, no entanto, não é tão simples. As corporações podem impedir o avanço do direito espacial internacional, como o fazem. Mas será extremamente difícil remover, evitar ou ignorar alguns princí-



pios fundamentais solidamente adotados, que talvez já tenham o caráter de normas peremptórias (*jus cogens*). É o caso, acima de tudo, do parágrafo 1º do artigo 1 do Tratado do Espaço de 1967, apropriadamente chamado de ‘cláusula do bem comum’: “A exploração e o uso do espaço cósmico, inclusive da Lua e demais corpos celestes, deverão ter em mira o bem e o interesse de todos os países, qualquer que seja o estágio de desenvolvimento econômico ou científico, e são incumbência de toda a humanidade.”

Esse princípio jurídico é também o mais forte comprometimento dos Estados para com o interesse público internacional nas atividades espaciais. Como primeiro princípio do Tratado do Espaço, é aplicável a todas essas atividades, nacionais ou internacionais, governamentais ou não. Por isso, as atividades espaciais de corporações privadas devem estar de acordo com a “cláusula do bem comum” – ou seja, atender ao interesse público internacional. Isso é tão importante que o artigo VI do mesmo tratado estabelece que cabe aos Estados garantir a conformidade das atividades espaciais (públicas ou privadas) com os princípios e normas nele previstos, supervisionando a atuação das corporações no setor. O Tratado do Espaço, portanto, pressupõe que os Estados estejam obrigados e capacitados a proteger o interesse público, nacional ou internacional.

A questão é que no mundo contemporâneo, como este trabalho procura mostrar, há forte tendência de, na melhor das hipóteses, misturar os interesses do Estado com os de suas poderosas corporações

privadas e, na pior delas, submeter os interesses do primeiro aos dessas empresas. São relações promíscuas com profundas conseqüências. Substituíam, na prática, o interesse público pelo privado, com sua natural e permanente lógica de geração de lucros. Como, nesse quadro, os Estados poderão cumprir, de modo imparcial, regular e efetivo, sua obrigação na vigilância das atividades espaciais privadas?

Juridicamente, Estados e corporações são entidades totalmente diferentes. Mas os Estados não são indiferentes ao jogo das forças sociais na arena interna ou externa, e adotam certas posições políticas e jurídicas em função do contexto social, econômico e político. Isso também se dá no campo da política espacial.

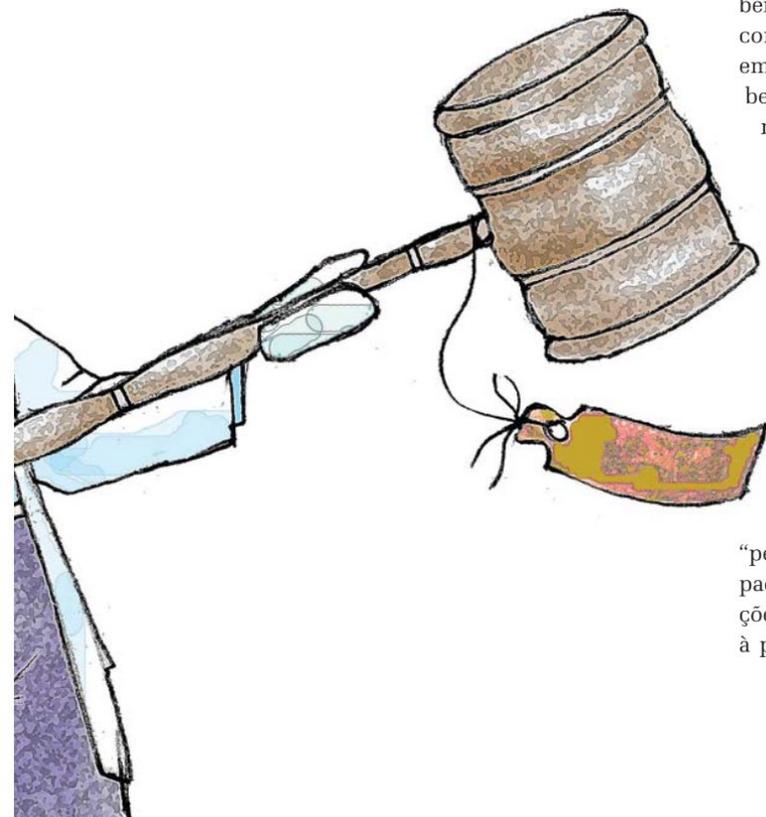
Essa questão torna-se ainda mais importante na medida em que coloca em xeque os interesses públicos. Sobre tudo nas atividades espaciais, a defesa e a proteção dos interesses públicos, como vimos, são uma obrigação dos Estados e da comunidade jurídica espacial. Muitos fóruns de direito espacial têm examinado – o que é correto e necessário – as múltiplas questões da comercialização e privatização das atividades nessa área. No entanto, também é preciso saber muito mais sobre a definição detalhada, o conteúdo, a abrangência e as aplicações da cláusula do bem comum, como parte de um conceito mais amplo de interesses públicos globais ou internacionais. Não por acaso, esse conceito vem sendo discutido como uma questão crucial da temática da globalização – contrapeso à aberrante predominância dos interesses privados.

O caminho para um desenvolvimento espacial bem-sucedido, no século 21, está em encontrar a combinação certa de esforços entre governos e empresas privadas sob a égide do princípio do bem comum. Isso requer uma intervenção governamental racional e competente, além de forte cooperação multilateral. “Significa expandir as diretrizes políticas dos governos, elevando o controle democrático até o nível da economia global”, como ressalta o cientista político canadense Adam Harmes. Necessitamos, portanto, de muito mais ações coletivas de Estados e de organizações internacionais democráticas e eficientes para regulamentar o comércio, as finanças e outras atividades estratégicas.

Ao mesmo tempo, é preciso, como o diplomata e jurista polonês Manfred Lachs (1914-1993) já recomendava nos anos 60, “permanecer fiel ao objetivo central do direito espacial, o de servir aos interesses de todas as nações, à proteção da vida, terrestre e extraterrestre, à paz e à segurança internacionais”.

SUGESTÕES PARA LEITURA

- BAKAN, Joel.
The corporation – The pathological pursuit of profit and power. Londres, Constable, 2005.
- DUPAS, Gilberto.
Atores e poderes na nova ordem global – Assimetrias, instabilidades e imperativos de legitimação. São Paulo, Ed. Unesp, 2005.
- GALBRAITH, John K.
A economia das fraudes inocentes. São Paulo, Cia. das Letras, 2004.
- HARMES, Adam.
The return of the State: protestors, power-brokers and the new global compromise. Vancouver, Douglas & McIntyre, 2004.
- SBDA (Associação Brasileira de Direito Aeronáutico e Espacial).
Artigos sobre direito espacial na página (www.sbda.org.br) da entidade.



Esperança para asma

Portadores de asma já se preparam para comemorar. Está em fase de testes um fitoterápico produzido a partir de um composto extraído de *Dicksonia sellowiana*, uma espécie de xaxim, que pode significar o controle da doença a um nível até agora impensável. Desenvolvido em laboratórios da Universidade Federal do Paraná (UFPR), o Asmazol, como é chamado o medicamento, mostrou resultados surpreendentes em experimentos com voluntários humanos. Quase todos deixaram de usar aparelhos e drogas sintéticas de que necessitavam para controlar as crises respiratórias.

A asma é uma doença caracterizada pela obstrução do fluxo de ar nas vias aéreas. Um organismo normal produz muco nessas vias como método de proteção bacteriológica, mas, no caso do asmático, o corpo responde a estímulos que têm pouco ou ne-

nhum efeito sobre pessoas não-asmáticas, ocasionando uma superprodução de muco que impede a passagem de ar.

Atualmente as drogas recomendadas para tratamento da doença controlam apenas os sintomas, agindo como broncodilatadores ou antiinflamatórios. O problema é que o uso dos medicamentos tem de ser periódico e por toda a vida, o que acaba por produzir efeitos colaterais.

Testes com aplicação de uma substância extraída de *D. sellowiana* em ratos de laboratório asmáticos promoveram inibição do processo inflamatório em 93,6% dos casos. Em 90,3% dos animais também houve resposta satisfatória para a dor neurogênica (de causa nervosa), outra manifestação crítica da doença. Mesmo com utilização de dosagens de até 600 mg nos ratos, nenhum efeito colateral foi observado, o que permitiu o avanço dos estudos para a

fase de experimentos com voluntários humanos.

Para essa etapa, foi produzido um medicamento em forma de cápsula contendo um pó do extrato da folha do xaxim. A farmacêutica Marilis Dallarmi, coordenadora do estudo no Departamento de Farmácia da UFPR, explica que o extrato de *D. sellowiana* é extremamente sensível e pode sofrer alterações que levam à perda do efeito curativo se utilizado em estado líquido. Entretanto, ainda são estudadas possibilidades de outras formulações que facilitem a ingestão.

Mais de 1.600 voluntários brasileiros e estrangeiros receberam as cápsulas, com dosagem de 3 mg. Destes, 98,5% tiveram êxito com o uso do medicamento, segundo depoimentos dos próprios pacientes. Em média, de três a 10 dias após o início do tratamento, os asmáticos foram autorizados por seus médicos a suspender o coquetel convencional de remédios.



Pesquisadores plantam mudas de xaxim produzidas em laboratório

Várias cabeças

O histórico das pesquisas para a produção do medicamento é curioso. A partir de contatos com grupos indígenas que usavam uma espécie de xaxim para amenizar problemas respiratórios, o estudante de farmácia Elzo Ferreira levou amostras da planta ao laboratório de farmacotécnica da UFPR e propôs o seu estudo. Interessados, os pesquisadores decidiram investigar a potencialidade de *D. sellowiana* para tratamento de asma. Dallarmi conta que foi necessário o apoio de pesquisadores de diferentes áreas para levar o projeto adiante.

Hoje o grupo envolve desde

XAXINCULTURA

Além de beneficiar asmáticos, as descobertas do poder curativo de *Dicksonia sellowiana* poderão garantir o sustento de camponeses e ainda preservar a espécie.

Bastante utilizado na fabricação de vasos para cultivo de plantas ornamentais, o xaxim está em perigo de extinção e, com o anúncio de seu potencial no controle da asma, tem sido muito procurado. Para que não haja extração irregular da planta, foi criado o projeto Xaxincultura, que une profissionais da indústria fitoterápica e pesquisadores do Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo (DFF) da UFPR. Os estudos estão sendo realizados em laboratório, casas-de-vegetação e em condições naturais, com o fim de criar uma tecnologia eficiente de produção de mudas, que poderá ser transferida aos agricultores interessados em cultivá-las para obter a matéria-prima do Asmazol. Como a substância ativa necessária para a produção do fitoterápico está na folha do xaxim, a planta terá apenas que ser podada.

O agrônomo Luiz Antonio Biasi, coordenador das pesquisas no DFF, conta que as condições de cultivo são fundamentais para o desenvolvimento adequado do xaxim. “Fatores como sombreamento, tipo de solo, umidade e temperatura podem modificar a velocidade de crescimento das folhas e da própria planta”, diz.

O processo de crescimento do xaxim é lento. Em laboratório ou casa-de-vegetação, as mudas requerem de 9 a 12 meses para crescer de 4 a 8 cm. Com a previsão de elevada procura por folhas da planta a partir da produção do medicamento em larga escala, os trabalhos de cultivo foram iniciados em 2005.

Biasi afirma ainda que o cultivo do xaxim pelos agricultores deve ser feito com base no desenvolvimento sustentável e na agroecologia. “Além de ser fonte de renda, o plantio adequado pode representar a preservação da espécie”, afirma.



A produção *in vitro* de *Dicksonia sellowiana* (no detalhe) pela UFPR permitirá, após seu crescimento em casas-de-vegetação, o cultivo da espécie por agricultores interessados

farmacêuticos até pesquisadores de ciências agrárias. Enquanto o pessoal da fitotecnia inicia o cultivo de *D. sellowiana* em larga escala (ver ‘Xaxincultura’), a equipe do laboratório de fitoquímica da UFPR, liderada por Obdúlio Gomes Miguel, procura determinar a menor fração do extrato do xaxim com o princípio ativo de controle da asma. A meta é baratear os custos de produção do remédio.

No estágio em que se encontram as pesquisas, é impossível fazer uma previsão de custo. Mas o fato de ser um medicamento natural torna o Asmazol menos oneroso do que drogas sintéticas. “Além de não causar efeitos colaterais, o processo de produção do fitoterápico é muito mais sim-

ples do que o de um produto sintético”, afirma Dallarmi.

Até agora já foram registradas três patentes para proteger a descoberta no Brasil e no exterior. Como a Convenção sobre Diversidade Biológica, das Nações Unidas, possui um item que regulamenta a repartição de benefícios oriundos de conhecimento tradicional, os grupos indígenas que primeiro observaram a ação do extrato de *D. sellowiana* contra problemas respiratórios deverão ser beneficiados.

Em todo o mundo, a Organização Mundial da Saúde estima que haja 150 milhões de asmáticos e que, por ano, 180 mil morram em consequência da asma. No Brasil, a doença é responsável por 350 mil internações hospitalares por ano

no Sistema Único de Saúde (SUS).

Para que o medicamento seja produzido comercialmente e distribuído gratuitamente pelo SUS, é necessária autorização do Ministério da Saúde, o que só deverá ocorrer depois que a última fase do projeto for concluída. Os estudos clínicos têm de ser feitos agora com protocolo padrão e serão realizados em hospitais do Brasil e do exterior em um período de quatro a oito meses. A intenção do grupo é que as pesquisas terminem até o final deste ano e que em 2007 os portadores de asma já tenham o medicamento à sua disposição em farmácias e postos de saúde.

Célio Yano

Especial para *Ciência Hoje/PR*

Ciência com criatividade nas escolas

Muitos cientistas acreditam que o ensino de ciências no Brasil está defasado e que geralmente os professores das escolas brasileiras dos níveis fundamental e médio não sabem como o desenvolvimento científico ocorre dentro dos laboratórios. Assim, passam uma visão deturpada dos temas científicos para as crianças e provocam uma falha grave no aprendizado. Pensando nesses estudantes, os bioquímicos Leopoldo de Meis e Vivian Rumjanek, do Instituto de Bioquímica Médica da Universidade Federal do Rio de Janeiro (IBqM/UFRJ), organizaram e coordenaram o 3º Simpósio de Ensino em Ciências e Criatividade, que ocorreu entre os dias 28 e 31 de maio em Tiradentes (MG). O evento reuniu cerca de 130 estudiosos de diferentes áreas do conhecimento – como antropologia, evolução, neurologia, astronomia, arqueologia, musicologia, desenho industrial e

arte – para trocar experiências e discutir as possibilidades de interação entre essas disciplinas para aprimorar o ensino de ciências nas escolas.

Um dos temas centrais do simpósio foi o debate sobre os resultados e rumos de um projeto de ensino de ciências coordenado por De Meis. Esse projeto consiste em cursos de férias realizados por cientistas de diversas universidades brasileiras para mostrar aos professores e alunos de escolas públicas do país como a ciência é feita nos laboratórios e procurar jovens talentos de baixa renda, oferecendo a eles uma oportunidade de inserção no meio científico. Iniciado há 18 anos no IBqM/UFRJ, o projeto hoje alcança 10 universidades de diversas regiões do Brasil e já atendeu a 2.535 professores e 5.279 alunos. Os coordenadores de cada unidade do projeto, junto com alguns alunos convidados, discutiram as dificuldades encontradas na sua implantação, assim como formas de aperfeiçoar e expandir a idéia.

A professora de literatura Ana Lúcia Gazzola, da Faculdade de Letras da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), enfatizou que esse projeto educacional promove uma mudança social. “Tra-

ta-se de uma prática docente inclusiva sem ser populista e que expande os limites dos laboratórios e da instituição”, elogiou, ressaltando a importância de fazer com que esse trabalho tenha um real efeito multiplicador.

Para estimular a interdisciplinaridade no simpósio, os palestrantes apresentaram os trabalhos que desenvolvem ou as últimas novidades de sua área de atuação. O antropólogo Carlos Fausto, do Departamento de Antropologia do Museu Nacional da UFRJ, por exemplo, apresentou seu estudo, feito a pedido dos índios Kuikuro, do Alto Xingu, sobre o que resta da cultura desse povo e ressaltou que eles já não sabem mais o significado dos seus rituais. Já a neurofisiologista Claudia Vargas, do Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho da UFRJ, expôs as últimas descobertas sobre a simulação mental dos movimentos, que indicam que uma pessoa é capaz de ganhar massa muscular, por menor que seja, apenas pensando em fazer exercícios.

O simpósio contou também com palestrantes estrangeiros: o músico e pesquisador Milano Trejo, do Museu Nacional de Arqueologia, Antropologia e História do Peru (MNAHP), e o musi-

O primeiro filme da equipe liderada pelo bioquímico Leopoldo de Meis e o artista plástico Diucênio Rangel foi *'A mitocôndria em três atos'*, que aborda as atividades dessa organela celular. As imagens exemplificam o bombeamento de prótons do interior da mitocôndria para o espaço entre as suas duas membranas, vistos transversalmente (A) e por cima da membrana interna (B e C)

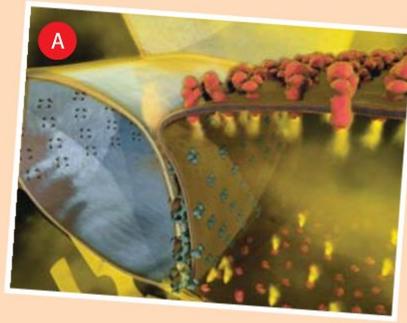


cólogo Carlos Mansilla, da Escola Nacional Superior de Folclore José María Arguedas, também no Peru, que mostraram seu trabalho de arqueomusicologia. O projeto *Waylla-Kepa* consiste em catalogar e registrar, em áudio, vídeo e fotografia digital, os quase 2 mil instrumentos musicais de origem pré-hispânica do acervo do MNAHP (pertencentes principalmente às culturas pré-incas, como Nazca, Chincha, Monche e Chavín), um dos principais tesouros culturais peruanos. O projeto também inclui a fabricação de réplicas desses instrumentos, que permitem alcançar sons próximos dos originais e promover a experimentação artística das peças. “Dessa forma, podemos introduzir no cenário musical contemporâneo peruano sons que estavam em silêncio há até 2 mil anos”, destacou Mansilla. Segundo os pesquisadores, não se pode saber exatamente como eram produzidas as seqüências melódicas nessas civilizações antigas e as funções que desempenhavam nos seus rituais, mas elas consagravam uma dedicação especial ao tratamento e uso do som, o que explica a grande quantidade, qualidade e diversidade desses instrumentos musicais arqueológicos.

Para reforçar a característica multidisciplinar do evento, foram incluídas apresentações diversificadas, como um espetáculo teatral de artistas surdos e a exibição do documentário *O mundo macro e micro do mosquito Aedes aegypti*. Dirigido pelo físico e fotógrafo científico Genilton José Vieira, do Laboratório de Produção e Tratamento de Imagens da Fundação Oswaldo Cruz, o filme recebeu em junho o prêmio de segundo lugar no Festival Mif-Science, em Havana, Cuba.

Arte para ensinar

O simpósio também foi palco de um amplo debate sobre os limites entre ciência e arte e a possi-



bilidade de uni-las na divulgação de conteúdos científicos. O professor de cinema Heitor Capuzzo, do Departamento de Fotografia e Cinema da Escola de Belas Artes da UFMG, ressaltou a necessidade de se construir uma linguagem comum entre essas áreas para evitar preconceitos. “Estamos usando os termos de forma ampla demais e eles acabam perdendo o sentido. Muitos fazem confusão entre lúdico e arte. Espontaneidade, por exemplo, não é arte. Assim como a ciência, a arte inclui uma atividade passível de método.” Para ele, há um espaço ponderável entre essas duas áreas, mas é preciso ter cuidado no desenvolvimento de iniciativas pioneiras.

Para mostrar que ciência e arte podem e devem se unir, Leopoldo de Meis apresentou um trabalho que realiza em conjunto com artistas plásticos, ressaltando a necessidade de ações imediatas na área, em vez de se prender a definições. O bioquímico já lançou, em parceria com o cartunista Diucênio Rangel, os livros *O método científico* e *A respiração e a 1ª lei da termodinâmica*, ambos em formato de quadrinhos, e os DVDs *A mitocôndria em três atos* e *A contração muscular*, exibidos em escolas e universidades com grande sucesso. “Os meninos batem palmas e até choram no final; não estão interessados em saber se é ciência ou arte. Nós também não estamos. Queremos fazer um trabalho bonito que os motive”, enfatizou. Segundo ele, a linguagem científica é complicada para os alunos e a arte pode facilitar a compreensão. “Quando dou uma aula muito boa, a turma fica aten-

O mais recente filme da equipe de De Meis mostra o funcionamento e a composição molecular das proteínas envolvidas na contração dos diversos tipos de tecidos musculares. Em A e B, enzimas bombeiam cálcio (substância amarela) de dentro da célula para o seu reservatório (retículo sarcoplasmático). Já em C, é possível ver a interação entre filamentos de actina (estruturas globulares arroxeadas) e miosina (estruturas marrons com prolongamentos), que compõem a maquinaria de contração muscular

ta, mas séria. Não chora ou ri de emoção. Quem sabe mexer com emoção é o artista; mas ele se expressa sobre coisas que fazem parte da sua vida, não pode fazer poesia sobre o mundo da ciência se não o conhece”, argumentou.

Os coordenadores do simpósio destacaram a importância de promover a integração das pessoas interessadas em melhorar o ensino através da interdisciplinaridade. “A finalidade dessa reunião é mostrar para os cientistas que existe um universo que eles não conhecem e tentar expor aos grupos do projeto de ensino de ciências e aos jovens que participam dele as diversas formas de pensar”, ressaltou De Meis. E concluiu: “É preciso humanizar o ensino e o saber, uma tarefa ambiciosa, mas não impossível.”

Marina Verjovsky*

Especial para *Ciência Hoje*/ RJ

*A repórter viajou a Tiradentes a convite da organização do evento

Dobradinha contra Chagas

Exemplares de *T. cruzi*, protozoário causador da doença de Chagas, mortos por substâncias derivadas de naftoimidazóis

Os naftoimidazóis, derivados de substâncias encontradas em árvores do gênero *Tabebuia* (os ipês), e o melhor entendimento das complicações da doença de Chagas – a miocardite e a encefalite – trazem novas esperanças de combate à enfermidade, que acomete de 3 a 5 milhões de brasileiros. Estudos realizados no Instituto Oswaldo Cruz (IOC), no Rio de Janeiro, mostraram que esses compostos são capazes de matar as três formas evolutivas do *Trypanosoma cruzi* (agente causador da doença) em células de camundongo em cultura (*in vitro*). Já outro grupo do IOC desenvolveu modelos para estudar, em camundongos, a encefalite e a miocardite causada pelo mal de Chagas e demonstrar que elas estão relacionadas à persistência do parasita e não à resposta auto-imune, o que abre caminho para o desenvolvimento de drogas específicas e novas abordagens de tratamento.

Os derivados de naftoimidazóis usados nos experimentos foram criados a partir de substâncias chamadas naftoquinonas, encontradas no ipê e que foram testadas com sucesso em microrganismos, incluindo o *T. cruzi*. “Procuramos melhorar o desempenho do composto e diminuir sua toxicidade, fazendo alterações na molécula original. Criamos 60 derivados naftoimidazólicos, e três deles, chamados N1, N2 e N3, se mostraram mais ativos”, explica o biólogo Rubem Barreto, do Departamento de Ultra-estrutura e Biologia Celular do IOC, cuja tese de mestrado resultou nessa última etapa da pesquisa iniciada na década de 1990.



RUBEM BARRETO

Segundo Barreto, os três derivados, quando testados em células de camundongo, se apresentaram bastante efetivos contra todas as formas do parasita: a tripomastigota, que infecta mamíferos; a amastigota, presente dentro das células; e a epimastigota, que infecta o barbeiro, vetor da doença de Chagas. Para o biólogo, a atividade contra a segunda forma é a mais promissora para o futuro desenvolvimento de um remédio. De acordo com os resultados, a concentração do composto que inibe 50% dos parasitas (IC_{50}) é similar à do cristal-violeta, substância usada para controle de possíveis infecções pelo *Trypanosoma cruzi* nos bancos de sangue. “Além disso, a IC_{50} dos naftoimidazóis é quase igual à

do benzinidazol, a droga usada para tratar pacientes com infecção aguda por *T. cruzi*, sem ter a mesma toxicidade dessa droga”, ressalta Barreto.

Os pesquisadores ainda não sabem precisar qual o mecanismo de ação dos naftoimidazóis. Até o momento, há três candidatos. O primeiro é um ataque direto ao DNA do parasita. A destruição dos reservosomos, vesículas intracelulares envolvidas na digestão de substâncias captadas pelo *T. cruzi*, é o segundo. Já o terceiro candidato é a interferência com a respiração celular na mitocôndria (espécie de usina de força da célula) do parasita. “Suspeitamos ainda que os três possam estar agindo em conjunto”, acrescenta o biólogo.

Modelos e complicações

Os estudos sobre as complicações nervosas causadas pelo mal de Chagas têm sido, desde 1994, um ponto importante na pesquisa da doença. A encefalite não é comum, sendo mais freqüente em crianças na fase aguda da doença e em adultos com quadro de imunossupressão. Com o aumento dos casos de co-infecção pelo *T. cruzi* e pelo HIV, vírus causador da Aids, a ocorrência desse problema aumentou. “Desenvolvemos os modelos para entender melhor o mecanismo que origina a encefalite”, conta a bióloga Joseli Lannes, coordenadora do Laboratório de Pesquisas em Auto-imunidade e Imunorregulação do IOC.

Lannes e sua equipe criaram um novo modelo para estudo em camundongos. “Até há pouco tempo só se utilizavam cães, que são bem maiores, mais caros de manter e mais difíceis de trabalhar”, observa a bióloga. Segundo ela, o novo modelo permite a manifestação espontânea da encefalite na infecção aguda e sua reativação na fase crônica, quando o camundongo é submetido a um estado de imunossupressão. “Isso nos permite estudar a importância do sistema imune na inflamação encefálica provocada pela doença de Chagas”, acrescenta a coordenadora.

Em uma linha similar, o laboratório também estudou a miocardite chagásica crônica. Esse quadro ocorre em cerca de 30% dos pacientes infectados com o *T. cruzi* e se caracteriza por uma inflamação contínua do tecido cardíaco, que leva a uma disfunção do coração. Essa reação inflamatória é desencadeada principalmente pelas células T CD8+, que fazem parte do sistema imunológico. “Por muito tempo, acreditou-se que a miocardite era uma doença auto-imune, mas nos últimos 10 anos essa concepção vem mudando e ela é agora considerada uma doença de origem parasitária”, comenta Lannes. Ela conta que o tratamento comum para enfermidades auto-imunes é aplicar drogas imunossupressoras. No entanto, como isso debilita o sistema imune, o parasita, que na fase crônica existe em pouca quantidade no organismo, se multiplica rapidamente.

A bióloga e sua equipe conseguiram alterar esse quadro, bloqueando as populações celulares responsáveis pela resposta inflamatória – e, conseqüentemente, diminuindo-a –, sem elevar o nível dos parasitas. “O que fizemos foi dissociar o controle do parasitismo do da miocardite e, assim, abrir novos caminhos para o tratamento de pacientes crônicos”, afirma Lannes.

Tanto os pesquisadores do Departamento de Ultra-estrutura e Biologia Celular quanto os do de Pesquisas em Auto-imunidade e Imunorregulação pretendem aprofundar seus estudos. Barreto diz que o objetivo agora é aumentar ainda mais a atividade dos compostos e baixar a toxicidade, testando animais na fase aguda e crônica da doença. Já Lannes pretende entender como a migração celular envolvida na resposta inflamatória ocorre, de maneira a criar instrumentos para combater a miocardite. Contudo, ambos os pesquisadores são categóricos ao afirmar que a transformação dessas pesquisas em benefícios materiais diretos, como drogas e tratamentos, levará ainda algum tempo.

Fred Furtado
Ciência Hoje/RJ

LINGÜÍSTICA

PESQUISA REVITALIZA LÍNGUA INDÍGENA

Quase extinta, a língua dos índios uarequenas poderá ser revitalizada graças a um estudo que vem sendo realizado na área em que eles vivem, no Alto Rio Negro, Amazonas, perto da fronteira entre Brasil, Colômbia e Venezuela. Com a pesquisa, o idioma, até então ágrafo (sem registro escrito), já ganhou a primeira versão de um alfabeto. “Isto permitiu o registro escrito de um vocabulário com aproximadamente 100 palavras e de alguns textos curtos”, conta a lingüista Marci Fileti Martins, da Universidade do Sul de Santa Catarina (Unisul), coordenadora dos trabalhos.

A exemplo de outros povos nativos da América, os uarequenas foram perdendo o vínculo com sua língua a partir do contato com o colonizador europeu. Hoje, dos 750 membros da etnia, só 33, com mais de 40 anos, falam o idioma. Além de garantir o registro escrito, outro objetivo do estudo – que tem o apoio do Instituto de Investigação e Desenvolvimento em Política Lingüística (Ipol) – é levar a língua nativa para as escolas uarequenas. Mas, por enquanto, o êxito do trabalho depende muito dos indivíduos mais velhos da tribo. “A proposta é que os falantes se empenhem em conversar apenas na língua uarequena com as crianças”, diz a pesquisadora.



Índios uarequenas participam de oficina realizada em sua comunidade

TECNOLOGIA DE ALIMENTOS Batata-palha apresenta elevado percentual de ácidos graxos *trans*

A vilã das gorduras

Por aumentar a vida de prateleira de alguns produtos alimentícios e dar-lhes consistência mais agradável, a gordura vegetal hidrogenada tem sido cada vez mais utilizada pela indústria. Presente, por exemplo, em sorvetes, bolachas recheadas, chocolates, cremes e lanches processados, ela contém ácidos graxos *trans*, que estão associados a males da saúde humana como doenças cardiovasculares e obesidade infantil. Apesar disso, seus teores não são indicados no rótulo da maioria dos alimentos industrializados. A presença dessa gordura em batata-palha vendida em pacote no município de Curitiba foi investigada pela farmacêutica Cristina Winter, e o resultado dos estudos está em sua dissertação de mestrado, defendida no Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Paraná. Winter analisou 20 diferentes marcas do produto e pretende, com esse trabalho, montar um banco de dados que

ajude a superar a falta de informações técnico-científicas sobre gorduras *trans* em diferentes alimentos disponíveis no mercado brasileiro.

O teor de gordura *trans* de um produto depende, segundo Winter, da quantidade de gordura vegetal hidrogenada em sua composição. Com menos colesterol e menos gordura saturada, a gordura hidrogenada surgiu como alternativa à gordura animal. Como no mundo vegetal não há gorduras, só óleos, estes são transformados em gordura sólida, sob alta pressão e temperatura, pelo processo de hidrogenação, que pode se dar naturalmente (como no rúmen de animais) ou por processo industrial. Neste último, ocorre modificação estrutural (isomeria) dos ácidos graxos, que passam da forma *cis* para *trans*. “A gordura hidrogenada, antes líquida, recebe um hidrogênio na cadeia de carbonos de sua molécula, o que a solidifica”, descreve Winter. “Na prática, isso é feito para deixar a

batata-palha mais crocante, saborosa e menos oleosa.”

Após extração da gordura total das amostras de batata-palha selecionadas, foram feitas análises para verificar sua composição nutricional geral (carboidratos, proteínas, calorias etc.) e para identificar e quantificar os diferentes tipos de gordura (ácidos graxos saturados, monoinsaturados, poliinsaturados e *trans*). “A soma dessas substâncias, mais ômega-3, corresponde ao valor da gordura total”, explica a farmacêutica.

Os índices de gordura total obtidos nas amostras (entre 35% e 47%) estão próximos aos encontrados nas batatas *chips* (37%). No caso da gordura *trans*, o percentual médio detectado foi de 17%. Das 20 amostras analisadas, só duas não a apresentaram (figura). “Nesses casos o fabricante substituiu a gordura hidrogenada por óleo de palma e outros óleos vegetais ou equilibrou a parte sólida da gordura *trans* com sua parte líquida (vegetal)”, diz Winter.

Teores de ácidos graxos *trans* encontrados em amostras de batata-palha comercializadas na região metropolitana de Curitiba (2005). As amostras 7 e 8 não apresentaram a substância



FONTE: WINTER, CRISTINA (2006). DISSERTAÇÃO DE MESTRADO (UPPR)

Novas orientações técnicas

O consumo excessivo de alimentos ricos em gordura *trans* reduz a taxa do chamado bom colesterol (HDL) e aumenta a do colesterol ruim (LDL). Para a farmacêutica, a simples leitura do rótulo dos produtos alimentícios é suficiente para o consumidor verificar se os itens que pretende adquirir contêm ou não ácidos graxos *trans*. As informações sobre a natureza nutricional dos alimentos são, segundo ela, fundamentais para uma alimentação saudável.

Com o objetivo de beneficiar o consumidor e oferecer orientação técnica às empresas do setor alimentício, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) publicou em 2003 uma resolução que regulamenta normas técnicas para rotulagem nutricional de alimentos embalados. Entre os ajustes a serem feitos pelo setor ainda este ano, destacam-se a indicação do teor de gordura *trans* no rótulo, que traz a relação de nutrientes do alimento, e a redução (de 2,5 mil calorias para 2 mil calorias) do Valor de Referência Diária (%VD) – quantidade de calorias a ser ingerida diariamente por um adulto saudável.

Todos os rótulos das amostras analisadas estavam em desacordo com pelo menos um dos itens revistos pela resolução da Anvisa. Outro problema é que os rótulos só declaram gorduras *trans* em gramas, sem indicar o valor máximo de consumo diário (%VD), devido à falta de estudos em âmbito mundial. Para as gorduras total e saturada, esses percentuais já foram definidos (55 g e 22 g, respectivamente, para uma dieta de 2 mil calorias diárias). Mas a Organização Mundial de Saúde recomenda consumo máximo de 1% de gordura *trans* em uma dieta de 2 mil calorias.

Ivan Sebben

Especial para *Ciência Hoje*/PR

Atlas da mata atlântica • Os primeiros dados liberados do Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica para o período de 2000 a 2005 mostram que houve uma redução de 71% no desmatamento desse bioma em comparação com a análise de 1990-2000. Organizada pela Fundação SOS Mata Atlântica e pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, a nova versão do atlas foi aprimorada e inclui também os limites municipais e as unidades de conservação. Quando estiver finalizada, essa edição contemplará 10 dos 17 estados abrangidos pela mata atlântica e seus dados poderão ser acessados nas páginas www.sosma.org.br e www.inpe.br.

IMUNOLOGIA

O TIMO NA AIDS EQUINA

Uma pesquisa do Instituto Oswaldo Cruz (IOC), da Fiocruz, caracterizou um órgão envolvido na resposta imunológica, o timo, em cavalos sadios e portadores da anemia infecciosa equina (AIE), doença com alguma semelhança à síndrome da imunodeficiência adquirida (Aids) em humanos. O trabalho inédito mostrou que o timo, responsável pelo desenvolvimento dos linfócitos T (células do sistema imune), tem sua regressão natural, associada à idade do animal, acelerada pela doença. O estudo em cavalos sadios baseou-se na tese de doutorado da veterinária Ellen Cortez Contreiras, professora da Universidade Federal Fluminense (UFF), orientada pelo biólogo Wilson Savino e pelo médico Henrique Lenzi, ambos do IOC, e foi publicado em 2004 na revista científica europeia *Developmental & Comparative Immunology*.

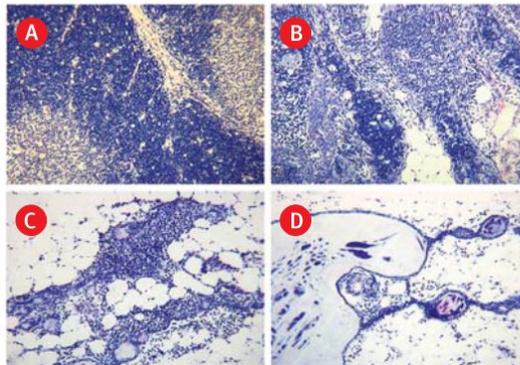
A AIE é uma doença que afeta cerca de 80% do rebanho equino do Pantanal

mato-grossense, causando grandes perdas econômicas. Devido a sua similaridade com a síndrome de imunodeficiência humana, a AIE tem sido denominada 'Aids equina'. As duas são causadas por retrovírus e podem ser transmitidas por agulhas infectadas, relações sexuais e, através da placenta, da mãe para o feto.

A mutuca (*Tabanus bovinus*) também serve como vetor para a anemia infecciosa equina. Outra diferença é que o vírus da AIE ataca os monócitos, que também são células imunológicas, enquanto a Aids afeta principalmente os linfócitos T CD4. "Apesar disso, entender o que a AIE faz no organismo pode ser útil para o estudo da Aids e complementa o objetivo maior do nosso trabalho: analisar o timo para obter uma visão mais abrangente do sistema imune", ressalta Contreiras, que agora vai estudar se o efeito da doença no órgão se deve a uma ação direta do vírus ou por causa do estresse provocado no organismo.

O timo, que em cavalos jovens apresenta estrutura bem definida (A), sofre uma regressão natural com a idade (como mostra a estrutura já desorganizada, em B). Em animais com a anemia infecciosa equina (AIE), essa redução do timo é mais acentuada (C), tornando-se crítica em animais mais velhos (ausência de tecido normal, em D)

ELLEN CONTREIRAS



Novo olhar sobre o mundo



IMAGENS CEDIAS POR ANDRÉ PARENTE

Entre as representações do Visorama está a vista do Vaticano, criada a partir de fotos panorâmicas dos irmãos Lumière tiradas em 1898

Observar, através de um binóculo eletrônico, no alto do Corcovado, paisagens panorâmicas do Rio de Janeiro atual e do início do século, e, com o mesmo aparelho, explorar a obra de um artista plástico ou visualizar algum conceito abstrato de física ou astronomia. Essas são algumas propostas do Visorama, projeto desenvolvido pelo cientista computacional Luiz Velho, do Instituto de Matemática Pura e Aplicada (Impa), e pelo comunicólogo André Parente, da Escola de Comunicação da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Nele, uma avançada tecnologia de tratamento de imagens e uma interface simples e amistosa somam-se para criar um sistema de realidade virtual baseado em imagens panorâmicas. Agora, o produto deve expandir sua aplicabilidade ao ganhar o mercado e ter contato com a criatividade das pessoas.

O conceito de panorama, que serve de base para o projeto, é antigo. Trata-se de uma espécie de mural, montado em uma superfície cilíndrica em torno de uma plataforma central, onde se localiza o observador. “Esse conceito é o precursor da realidade virtual”, afirma Parente. O Visorama usa imagens panorâmicas de alta qualidade geradas por computador com base em fotografias e visualizadas através de uma espécie de binóculo.

Quando o projeto surgiu, em 1996, a idéia era unicamente desenvolver aplicações para os panoramas no meio digital. Porém, os pesquisadores logo perceberam que, para isso, também teriam de desenvolver um equipamento que permitisse uma maior imersão do observador. “Os programas existentes atualmente são processados no computador e visualizados na tela, com pouca resolução”, explica Velho. “O usuário

não fica imerso nessa realidade, e era isso que queríamos.”

Os pesquisadores criaram, então, o binóculo, que permite visualizar imagens em alta resolução em um ângulo de 120° na vertical e 360° na horizontal. Os comandos são simples e naturais: basta mover o binóculo para que a imagem acompanhe o movimento de forma sincronizada. “Queríamos assegurar a visualização em tempo real, como se fosse um binóculo de verdade”, conta Velho. “Se fosse preciso esperar o sistema ser executado sempre que se mexesse no aparelho, não haveria a sensação de imersão.”

Outro destaque é a possibilidade de aproximar bastante a imagem, de forma rápida e sempre com o detalhamento e a qualidade de um binóculo real. Para desenvolver essa nova experiência em realidade virtual, os pesquisadores criaram um sistema de multirresolução, que utiliza

Simulação da vista do Rio de Janeiro a partir do Corcovado antes da chegada dos portugueses





Vista panorâmica do morro do Castelo (onde hoje fica a região de mesmo nome, no centro do Rio de Janeiro), criada a partir de fotografias tiradas no início do século 20 por Augusto Malta

várias imagens com definições diferentes, escolhidas de acordo com as decisões de aproximação ou afastamento do observador. Velho destaca que a capacidade de aproximação da imagem é muito grande e o usuário ainda poderá se fixar em diversos pontos através do menu do aparelho. “Foi um trabalho em uma área pouco explorada, que agrega síntese, análise, processamento e modelagem geométrica de imagem”, conta Velho. “Com o Visorama, é possível olhar a paisagem como se fosse real e não somente aquela exibida na tela do computador.”

O equipamento tem uma limitação inerente ao conceito de panorama, que prende o observador em um ponto fixo, sem movimentação. Mas ela é vista como uma vantagem pelos pesquisadores. Segundo Velho, se o usuário não puder se locomover pelo cenário, ele também não irá ‘atravessar’ objetos teoricamente sólidos, problema comum em experiências de realidade virtual.

Rio, Paris e Hitchcock

Além do desenvolvimento do equipamento e da tecnologia, o projeto do Visorama envolveu

muita pesquisa histórica e muito estudo conceitual. Em uma de suas instalações, por exemplo, foram retratados três momentos da cidade do Rio de Janeiro: a natureza antes da chegada dos portugueses; o fim do século 19 e início do 20; e o tempo atual. Paris e o Vaticano também foram representados a partir de fotos panorâmicas tiradas ainda no século 19 pelos irmãos franceses Auguste (1862-1954) e Louis Lumière (1864-1948), inventores do projetor cinematográfico e considerados por muitos os pais do cinema.

Foram desenvolvidos outros projetos para o aparelho, baseados na obra de alguns artistas plásticos. Segundo Parente, também existe a idéia de fazer uma instalação a partir do filme *Janela indiscreta*, dirigido pelo cineasta britânico Alfred Hitchcock [1899-1980]. “Colocado próximo à janela, em uma instalação que imitasse um apartamento, o Visorama simularia, com panoramas virtuais, a experiência do filme”, explica. Ele cita ainda um projeto para recriar, através de montagens de fotos e recortes, o massacre de meninos de rua ocor-

rido em frente à igreja da Candelária, no Rio de Janeiro, em 1993.

Nova cara e novo potencial

Todos esses projetos agora estão parados, porque o Visorama passa por um processo de industrialização para ser colocado à venda. Para essa nova etapa, toda a aparelhagem, ultrapassada devido ao longo tempo de desenvolvimento, será atualizada. Estudos de desenho industrial e publicidade também já estão em andamento para assegurar uma boa recepção do produto pelo mercado. “Nossos protótipos não tinham revestimento externo: as peças ficavam expostas, pois não tínhamos preocupação em tornar o produto vendável”, justifica Parente.

A atualização também abre a possibilidade de usar som e vídeo no sistema, recursos que a tecnologia original não permitia. “Seria interessante para a aplicação turística do equipamento, por exemplo, a inserção de narrativas que expliquem o que está sendo visto no panorama”, idealiza Velho.

Mas não é só o turismo que pode ganhar com a industrializa-



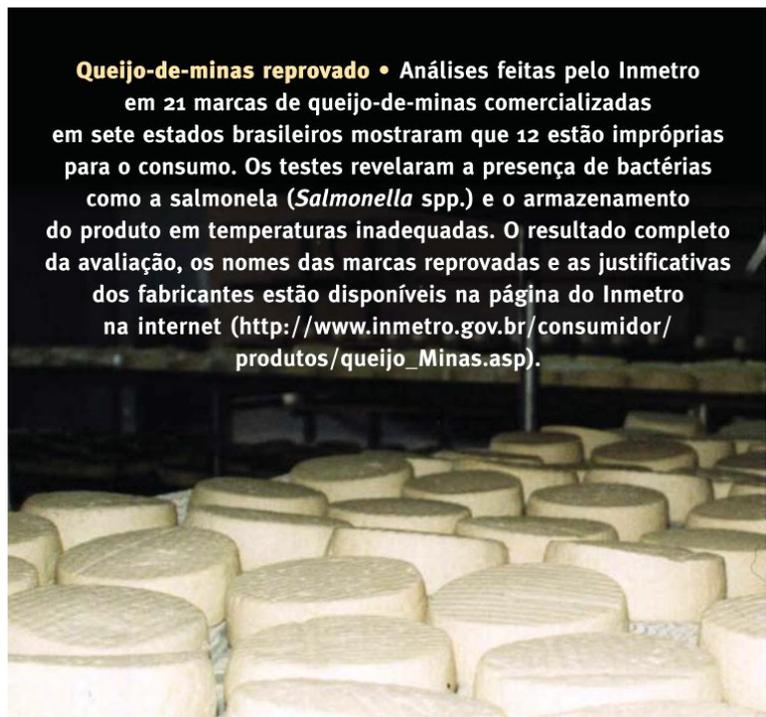
ção do Visorama. “Trata-se de uma máquina capaz de fazer deslocamentos no espaço e no tempo”, argumenta Parente. Ele explica que o equipamento poderia ser usado em museus ou exposições para resolver as limitações de espaço e os problemas associados à contextualização das coleções. “Através do Visorama, seria possível visualizar coleções virtualmente infinitas de peças relacionadas com qualquer exposição e que se encontram em outra parte do mundo”, destaca. A máquina também permitiria a visita virtual do local e da época em que as peças foram criadas, através de panoramas baseados na realidade atual e em relatos históricos. “Há ainda várias possibilidades de uso do Visorama em museus de ciência, seja como microscópio ou telescópio, seja para retratar estruturas abstratas, como átomos, moléculas ou galáxias”, exemplifica o comunicólogo.

A venda do Visorama também vai liberar a tecnologia para ser explorada de forma criativa por todo tipo de artista. “A criatividade das pessoas poderá aumentar as possibilidades de aplicação e a interação do aparelho com a sociedade”, afirma Parente. “Creio que o equipamento se propõe a isso, pois permite a criação de qualquer tipo de situação com um alto grau de imersão, o que é ideal para experiências artísticas.” Os pesquisadores acreditam que o novo Visorama deve estar disponível para comercialização no fim do ano, mas ainda não sabem precisar o preço do produto. “Como essa tecnologia tem barateado nos últimos anos, o custo será bem menor do que quando começamos a pesquisa”, prevê Velho.

Marcelo Garcia
Ciência Hoje/RJ



Mapas da Amazônia • O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) divulgou dois novos mapas da Amazônia, que trazem informações detalhadas sobre a hidrografia e a cobertura vegetal da região, as áreas de desflorestamentos e queimadas, além da localização de estradas, portos e cidades, referentes aos anos de 1999 e 2000. Esse é o mais novo resultado do Projeto Pan-amazônia 2 – o primeiro começou em 1992 – tido como fundamental para a proteção da biodiversidade da região. Os mapas mostram, por exemplo, a acelerada destruição da floresta no Brasil, enquanto em outros países os índices são quase os mesmos desde a década de 1990. As imagens utilizadas foram obtidas pelo Satélite Sino-brasileiro de Recursos Terrestres (Cbbers) e pelos satélites Landsat e Terra/Modis, da Nasa, a agência espacial norte-americana.



Queijo-de-minas reprovado • Análises feitas pelo Inmetro em 21 marcas de queijo-de-minas comercializadas em sete estados brasileiros mostraram que 12 estão impróprias para o consumo. Os testes revelaram a presença de bactérias como a salmonela (*Salmonella* spp.) e o armazenamento do produto em temperaturas inadequadas. O resultado completo da avaliação, os nomes das marcas reprovadas e as justificativas dos fabricantes estão disponíveis na página do Inmetro na internet (http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/queijo_Minas.asp).

FÍSICA Equipamento para medir fotocondutividade promete otimizar pesquisas na área de óptica

Simple, sensível e eficiente

Um novo aparelho para medir a fotocondutividade – propriedade que alguns materiais têm de conduzir eletricidade quando estimulados pela luz – está sendo desenvolvido por pesquisadores da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). O protótipo é muito mais simples e eficiente do que o equipamento atualmente adotado em laboratórios que pesquisam esse fenômeno no mundo.

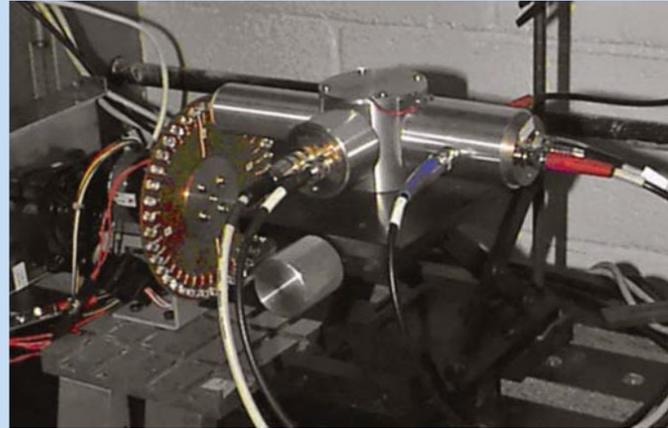
A fotocondutividade é uma propriedade física que está na base de muitos dispositivos de grande importância tecnológica. Esse é o caso dos mecanismos que produzem energia elétrica a partir da luz solar, medidores de luz, cristais fotorrefratários para memórias ópticas (que poderão substituir os CDs e DVDs como meio de armazenar informações) e para registrar fotografias e hologramas em tempo real, isto é, sem necessidade de revelação. Um equipamento simples e eficiente que permita estudar essa propriedade é de grande importância para pesquisas da área.

O processo para analisar a fotocondutividade consiste em aplicar uma tensão elétrica entre os extremos do material e, projetando sobre ele luzes com cores diferentes, medir a quantidade de corrente elétrica que cada uma produz. Cada cor de luz tem um comprimento de onda característico e uma energia fotônica – energia produzida pelos fótons (partículas de luz) – distinta associada. O atual processo para fazer esse ‘teste’ utiliza uma lâmpada de luz ‘branca’ e um monocromador, aparelho que decom-

põe essa luminosidade em suas diferentes cores. Cada tipo de luz (com cores diferentes) é jogado, um a um, sobre o cristal, começando com o estímulo energético mais fraco (o da cor vermelha e infravermelha) até o mais forte (violeta e ultravioleta), enquanto um medidor de corrente elétrica quantifica o efeito de cada uma delas sobre o material.

No entanto, o equipamento atualmente usado não é suficientemente sensível para o estudo de materiais pouco fotocondutores, como é exatamente o caso dos cristais fotorrefrativos usados nos hologramas. “Tentando resolver esse problema na pesquisa sobre cristais fotorrefrativos, desenvolvemos um aparelho muito mais sensível e mais compacto, que pode executar diferentes tarefas de maneira mais simples e com relação custo-benefício muito melhor que o já existente”, afirma Jaime Frejlich, do Laboratório de Óptica do Instituto de Física da Unicamp e um dos criadores do sistema.

Nesse novo aparelho, desenvolvido em conjunto com o aluno de engenharia mecatrônica Nilson Roberto Inocente Junior e com a física Renata Montenegro Pereira, em vez de uma luz branca são usados vários LEDs (diodos emissores de luz) de diferentes cores, que emitem luzes bastante monocromáticas (cores bastante ‘puras’). A luz ‘pura’ emitida por cada LED é muito mais potente do que a obtida pelo sistema ‘lâmpada branca/monocromador’ e por isso a corrente elétrica gerada é também maior e mais fácil de se medir.



O novo equipamento desenvolvido pela Unicamp permite medir a fotocondutividade (propriedade que alguns materiais têm de conduzir eletricidade quando estimulados pela luz) e é pouco maior que um videocassete

“Os LEDs são muito mais baratos, resistentes e eficientes do que as lâmpadas normalmente usadas para o mesmo fim”, explica Frejlich. Os diferentes LEDs são dispostos em uma espécie de bandeja rotatória automática onde são alternados e sucessivamente alinhados e ligados para iluminarem o material sob estudo. Um programa de computador controla o processo todo, coleta as informações e as processa, deixando-as prontas para serem analisadas pelo pesquisador. Além disso, o sistema mede e permite levar em conta a distribuição da luz dentro do material, fatia por fatia, o que representa uma inovação no estudo dos materiais fotocondutores. Um artigo publicado este ano na *Review of Scientific Instruments* descreve os primeiros resultados das pesquisas realizadas.

Rosa Maria Mattos
Ciência Hoje/RJ

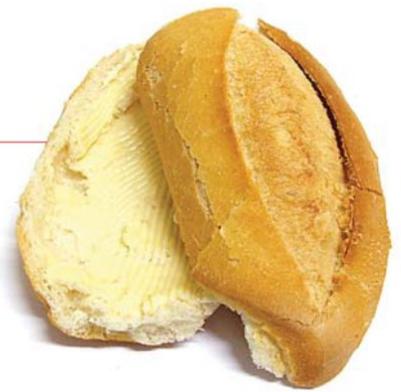
PÃO NO PONTO

Seja com queijo ou manteiga, suco ou café, o pão francês é parte importante do café-da-manhã de muitos brasileiros. No entanto, visitas diárias à padaria, pela manhã, nem sempre são possíveis. A solução pode estar em uma pesquisa realizada na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) pela engenheira de alimentos Eliza Mami Ota. Ela desenvolveu um método de congelamento do pão pré-assado que o preserva e não o deixa ressecado, duro ou com manchas, como os processos que existem hoje.

Ao ser congelado, o pão perde volume e fica com uma textura mais rígida. “Isso acontece por causa do processo lento de congelamento, que gera cristais grandes de gelo que danificam a estrutura do produto”, explica Ota. O estudo analisou os dois fatores diretamente ligados a essa velocidade de congelamento: temperatura e velocidade do ar, que interferem na troca de calor por convecção.

Foram avaliados pães franceses comuns e pães com aditivos químicos, usados para deixá-los maiores e mais macios. Compararam-se características como a umidade, a textura e o volume específico (relação entre o volume e a massa) entre pães assados que tenham ou não passado por congelamento. Câmaras frigoríficas adaptadas permitiram o controle do fluxo de ar e temperaturas de congelamento de até -30°C . Aqueles que tiveram índices mais parecidos com os pães tradicionais foram submetidos, ainda, a 40 provadores de todas as idades e de ambos os sexos.

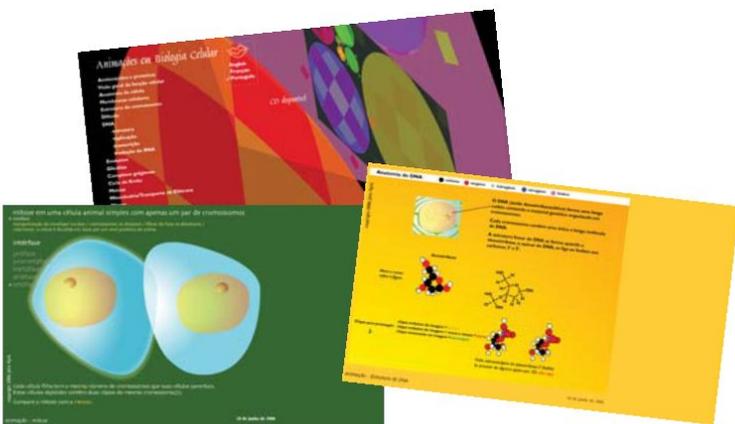
A faixa de temperatura que gerou pães mais parecidos com os processados tradicionalmente ficou entre $-14,5^{\circ}\text{C}$ e -21°C . Já a velocidade do ar ideal ficou entre 3,5 a 6 m/s para pães sem aditivos e entre 2,1 e 4,7 m/s para aqueles com aditivos. “Eles são ligeiramente mais sensíveis, deformam e perdem umidade com velocidades maiores”,



BRUNO NEVES/SXC/CHU

explica Ota. “Mas, no geral, a velocidade mostrou ter pouca influência no processo.”

Possuir pães congelados sem perda de qualidade pode trazer vantagens para os padeiros e para as padarias, segundo a engenheira. “O padeiro não teria que chegar tão cedo e a padaria teria uma reserva para o caso de um aumento inesperado da demanda.” Mas atingir essas condições não é fácil. “Em casa, os *freezers* chegam, no máximo, a -18°C e funcionam com um processo de liga e desliga que retarda o congelamento”, esclarece Ota. “Entretanto, a conservação do pão, depois de congelado, pode ser feita neles normalmente.” Ou seja, os congeladores industriais teriam que ser adaptados para permitir o controle da temperatura e do fluxo de ar.



Biologia celular ‘animada’ • Está disponível na Internet a primeira página em português sobre biologia celular com animações que ajudam a visualizar estruturas e fenômenos biológicos nem sempre fáceis de imaginar. Tópicos como a estrutura dos cromossomos e do DNA, transcrição de RNA, meiose, mitose e fotossíntese são apresentados por meio de desenhos interativos acompanhados de explicações elaboradas pelo biólogo Luis Fernando Marques-Santos, do Departamento de Biologia Molecular da Universidade Federal da Paraíba. A página, que traz também uma linha do tempo sobre a evolução, pode ser visitada no endereço <http://www.johnkyrk.com/index.port.html>.

Alerta no cerrado • A Secretaria Estadual do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos de Goiás alerta para os altos índices de devastação do cerrado na região em torno de Brasília. Três municípios da área, Cabeceiras, Valparaíso e Abadiânia, já perderam mais de 60% de sua cobertura vegetal; o desmatamento afeta diretamente os moradores do Distrito Federal.

A região sofre com a ocupação ilegal desordenada e com falta de infra-estrutura.

O esgoto, sem tratamento, é depositado diretamente nos rios. Além disso, as covas feitas ilegalmente pelos moradores contaminam o lençol freático, o que, junto com a ocupação das margens ribeirinhas e o acúmulo de lixo, prejudica o abastecimento de água, tornando-a imprópria para o consumo. Apesar da falta de estrutura, a população local passou de 5 mil para 160 mil habitantes desde o início da década passada, e continua aumentando.

Mudas da mata atlântica • Um viveiro comunitário inaugurado em junho na cidade de Resende (RJ) produzirá cerca de 400 mil mudas de espécies nativas da mata atlântica por ano. O projeto, chefiado pela Fundação SOS Mata Atlântica em parceria com a Agência de Meio Ambiente de Resende, tem como objetivo recuperar e proteger as nascentes e matas ciliares da bacia do rio Paraíba do Sul, responsável pelo abastecimento de parte da região metropolitana do Rio de Janeiro. O município de Resende, originalmente coberto pela mata atlântica em toda a sua extensão, hoje tem apenas 30% dessa cobertura preservada.



Biofármacos nacionais • Foi inaugurado em julho o Laboratório de Engenharia de Cultivos Celulares (Lecc), da Coppe/UFRJ, para desenvolver tecnologias eficientes e de menor custo para a produção de biofármacos nacionais. O Brasil gasta atualmente R\$ 1,5 bilhão com a importação desses remédios, que incluem drogas contra câncer, Aids e infarto. O novo laboratório tem modernos equipamentos de análise e uma equipe multidisciplinar formada por biólogos, engenheiros, farmacêuticos e químicos. Segundo um estudo preliminar, a produção nacional de um dos biofármacos mais requisitados no país representaria uma economia de R\$ 120 milhões.

Pomada contra câncer • A Anvisa aprovou em abril o uso de uma pomada (cujo princípio ativo é a substância sintética imiquimode) para o tratamento do tipo mais freqüente de câncer de pele na população brasileira: o carcinoma basocelular superficial. A droga atua no sistema imunológico, aumentando a produção de substâncias ligadas à defesa do organismo. O imiquimode pode ser aplicado pelo próprio paciente e não deixa marcas na pele, diferentemente dos tratamentos tradicionais, que são bastante invasivos. A eficácia do medicamento foi atestada por um estudo brasileiro realizado no Hospital das Clínicas da Universidade de São Paulo em 2002 com 10 pacientes, cujas lesões regrediram e até hoje não se manifestaram novamente.



Químico premiado • A Sociedade Brasileira de Química acaba de criar um novo prêmio para destacar inovações tecnológicas na área. Trata-se do Prêmio Fernando Galembeck, uma homenagem ao químico, professor do Instituto de Química da Universidade Estadual de Campinas e um dos diretores da Academia Brasileira de Ciências. A primeira edição da premiação foi concedida ao próprio Galembeck, por sua contribuição ao desenvolvimento tecnológico nacional.

História da energia nuclear

Desde o dia 13 de julho está em cartaz no Museu de Astronomia do Rio de Janeiro (Mast) a exposição *Energia Brasil*, que traça um panorama sobre a história da energia nuclear no país. A mostra concentra-se no uso dessa fonte para a geração de eletricidade, apresentando todos os marcos históricos do emprego do combustível nuclear, desde a descoberta da radioatividade do urânio até o acidente na usina de Chernobyl (Ucrânia). Entre outros temas, os visitantes aprenderão como se produz energia e quais os cuidados que devem ser tomados com os rejeitos radioativos, tudo através de fotografias, textos científicos, objetos interativos, filmes e jogos. A exposição está aberta ao público de quarta a domingo em horários variados até novembro e a entrada é gratuita.

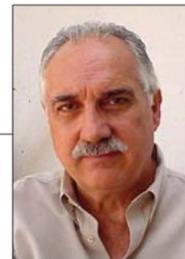


FOTOS JUSTO D'AVILA



Álvaro Rodrigues dos Santos*

*Ex-diretor da Divisão de Geologia e ex-diretor de Planejamento e Gestão do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (SP).
Consultor em geologia de engenharia, geotecnia e meio ambiente*



Geologia de engenharia: o homem como agente geológico

Mesmo sendo uma das geociências aplicadas de maior importância para o bom resultado técnico e ambiental dos mais variados tipos de empreendimentos humanos no planeta, a geologia de engenharia é ainda pouco conhecida do grande público no Brasil e até de setores técnicos próximos. Torna-se fundamental divulgar melhor esse ramo da ciência para que a sociedade brasileira o tenha como instrumento habitual e essencial na definição dos melhores procedimentos e técnicas em suas mais diferenciadas ações de uso e ocupação do território.

Entre os campos de aplicação da geologia, destacam-se a geologia econômica, que tem por missão a busca e a lavra de todos os recursos minerais de interesse humano (incluindo todo tipo de minério, petróleo, gás natural, água subterrânea etc.), e a geologia de engenharia, cuja missão principal é compatibilizar tecnicamente toda forma de intervenção humana com as características geológicas naturais de cada região ou local afetado no planeta.

De forma concisa, podemos entender a geologia de engenharia como a geociência aplicada responsável pelo domínio tecnológico da interface entre a atividade humana e o meio físico geológico.

Recentemente, a Associação Internacional da Geologia da Engenharia e do Meio Ambiente (IAEG, na sigla em inglês), refletindo o crescimento exponencial dos problemas ambientais em todo o mundo, atualizou sua conceituação epistemológica oficial para geologia de engenharia, a

qual consta de seus estatutos e dos estatutos da Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental (ABGE): “Geologia de engenharia é a ciência dedicada à investigação, ao estudo e à solução dos problemas de engenharia e meio ambiente decorrentes da interação entre as obras e atividades do ser humano e o meio físico geológico, assim como ao prognóstico e ao desenvolvimento de medidas preventivas ou reparadoras de riscos geológicos.”

A geologia de engenharia, por outro lado, integra, com a mecânica dos solos e a mecânica das rochas – alimentando-se reciprocamente –, o grande campo da geotecnia. Essa área com o indispensável e importantíssimo suporte da geomorfologia, da geoquímica e de outras ciências da terra, reúne todo o ferramental científico e tecnológico para o correto equacionamento, o dimensionamento e a execução de obras de engenharia e demais empreendimentos humanos, no que diz

* Autor dos livros *Geologia de engenharia: conceitos, método e prática* e *A grande barreira da serra do Mar*

respeito às suas relações com os terrenos, processos e materiais naturais com os quais interferem.

Se o uso de informações geológicas para o benefício do ser humano já é muito antigo, a geologia de engenharia, como geociência aplicada sistematizada e individualizada, é relativamente recente. No Brasil, sua introdução e desenvolvimento deram-se especialmente a partir do final da década de 1950, como consequência do surto de construção de grandes obras de infra-estrutura no país. A partir de meados dos anos 70, a geologia de engenharia brasileira, já destacada em todo o mundo por sua alta qualidade, começou a ampliar consideravelmente seu campo de ação, objetivando o diagnóstico e a solução dos graves problemas de ordem ambiental que atingem o país. Assim, passou a assumir suas insubstituíveis responsabilidades no suporte técnico-científico aos preceitos conceituais do desenvolvimento sustentado, que procura promover a qualidade de vida no planeta para a nossa geração, assim como para as futuras.

Para o atendimento de suas necessidades (energia, transporte, alimentação, moradia, segurança física, saúde, comunicação etc.), o ser humano foi levado a ocupar e modificar espaços naturais das mais diversas formas (cidades, agricultura, indústria, usinas elétricas, estradas, portos, canais, extração de minérios, disposição de rejeitos ou resíduos industriais e urbanos etc.), o que já o transformou no mais poderoso agente geológico hoje atuante na superfície da Terra.

Se esses empreendimentos não levarem em conta, tanto em seu projeto quanto em sua implantação e operação, as características dos materiais e os processos geológicos naturais com que vão interferir e interagir, é quase certo



Através de suas ações, o ser humano vem alterando profundamente a superfície do planeta. A foto retrata uma área de conflito entre agricultura, mineração e expansão urbana na região metropolitana de São Paulo. A geologia de engenharia pode permitir que essas interferências humanas sejam tecnicamente exitosas, provedoras de qualidade de vida, socialmente responsáveis e ambientalmente sustentáveis

que a natureza responda através de acidentes locais (o rompimento de uma barragem, o colapso de uma ponte ou a ruptura de um talude, por exemplo) ou de manifestações regionais (como o assoreamento de um rio, de um reservatório, de um porto, ou a contaminação de solos e águas subterrâneas). Tais consequências são extremamente onerosas social e financeiramente, e muitas vezes trágicas, levando à perda de muitas vidas humanas.

É indispensável, nesse contexto, o geólogo conhecer exatamente quais os tipos mais comuns de solicitação que os diferentes empreendimentos (barragens, estradas, minerações, agricultura, cidades, metrô, aterros sanitários, entre outros) impõem aos terrenos. Isso lhe permitirá orientar e objetivar as investigações que se seguirão.

De outra parte, é fundamental para o sucesso das operações de engenharia que elas se apoiem em uma perfeita união entre a solução adotada e os fenômenos geológicos-geotécnicos já natural-

mente presentes ou decorrentes da implantação de um dado empreendimento. Por isso, torna-se essencial a exatidão do diagnóstico fenomenológico fornecido pelo geólogo de engenharia.

Por outro lado, a geologia da engenharia só conseguirá cumprir adequadamente sua responsabilidade e, assim, ser útil à engenharia e à sociedade em um sentido mais amplo, se não se descolar de suas raízes disciplinares – ou seja, da geologia. Isso significa exercitar e priorizar seu principal instrumento de trabalho, o raciocínio geológico. Essa precaução fará com que a área sempre tenha como ponto de partida a consciência de que qualquer ação humana sobre o meio físico vai interferir não só limitadamente, em matéria pura, mas, significativamente, em matéria em movimento, isto é, em processos geológicos, sejam eles menos ou mais perceptíveis, sejam eles mecânicos, físico-químicos ou de qualquer outra natureza, podendo estar temporariamente contidos ou em pleno desenvolvimento. ■

LITERATURA Estudo analisa 'o amor impossível' em romance de José de Alencar

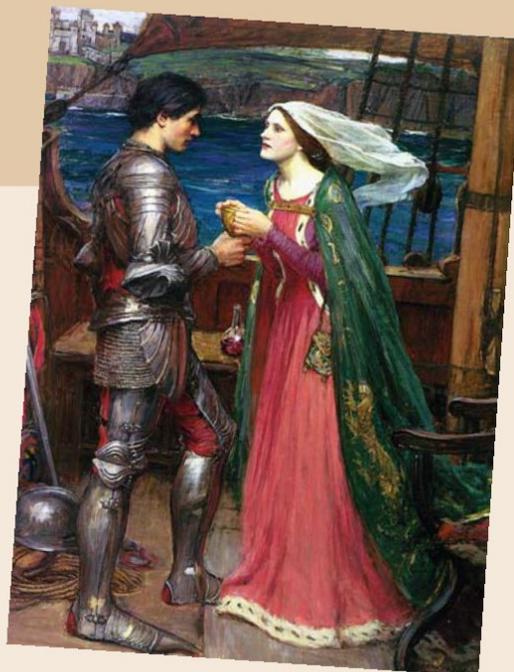
O mito de *Tristão e Isolda* em *Iracema*

Leni Lourenço de Oliveira

Centro de Habilitação, Filosofia e Cultura (SP)

Tristão e Isolda e *Iracema*. Essas duas produções literárias – a primeira uma lenda celta medieval reconstituída pelo escritor francês Joseph Bédier (1864-1938), e a segunda um romance escrito pelo brasileiro José de Alencar (1829-1877) – mantêm entre si uma relação de intertextualidade (influência de um texto sobre outro). *Iracema* traz consigo as marcas da cultura da cortesia amorosa de *Tristão e Isolda*. Como bem assevera o literato francês Laurent Jenny, comentando o crítico literário norte-americano Harold Bloom (1930-), “o poeta sofre uma angústia de influência – verdadeiro complexo de Édipo do criador – que o levaria a mitificar modelos que o seduzem, segundo múltiplas figuras”. Já para o crítico literário Arthur Netrovski “a angústia da influência”, de Harold Bloom, é uma meditação prolongada sobre os padrões de apropriação, ou melhor, de desapropriação (*misprision*) entre poemas. A obra indianista alencariana apresenta na sua contextualização essa “angústia de influência” de que fala Bloom. Trata-se de um reaproveitamento, de um ‘desvio’ do ideário do ‘amor cortês’, o qual sofre algumas transformações relativas ao diacronismo e à nova convenção e paradigma da escola literária vigente no século 19: o romantismo brasileiro.

As duas obras se estruturaram a partir da dicotomia amor proibido e paixão + infelicidade e destino. Ambas constituem-se por meio dos requintes da idealização. Nas duas narrativas o amor é concebido como agente de subversão, e a paixão é o entusiasmo da impossibilidade de o amor triunfar, é essa impossibilidade e exigência de administrabili-



TRISTÃO E ISOLDA, COM O YENENO, 1916. JOHN WILLIAM WATERHOUSE (1849 - 1917)

***Iracema e Tristão e Isolda* estruturam-se a partir da dicotomia amor proibido e paixão + infelicidade e destino. Ambas constituem-se por meio dos requintes da idealização**

dade do amor que parece dar vida a toda a trama e fugacidade. Essa perspectiva ajuda-nos a penetrar no conteúdo da temática literária do ‘amor cortês’ para verificar como ela adentra em nosso movimento romântico, mais especificamente em *Iracema*, e de que forma Alencar se apropria dela para dar sentido próprio à sua obra indianista – obra que fascina por sua singularidade e pela carismática atuação da heroína no desdobramento da intriga amorosa.

No conflito da obra tristaniana, Isolda – heroína do episódio poético – após tomar o filtro, a poção mágica destinada ao futuro marido, o rei Marc, tio de Tristão, enfeitiçada pela magia da bebida apaixonava-se pelo fiel barão-cavaleiro Tristão e se torna sua vassala amorosa; Tristão, por sua vez, também se transforma em seu vassalo amoroso. Em *Tristão e Isolda* há a

morte do par romântico; em *Iracema*, também, é a influência de uma bebida mágica – o licor de jurema – que funciona como mola-propulsora para a deflagração do conflito central: foi a causa da descoroação do título de guardião dos segredos da bebida de Tupã que a heroína ostentava. Em *Iracema* há a morte da heroína que empresta o nome ao romance.

O sinal da morte

As duas obras são marcadas pelo sinal da morte; a questão que vem à tona com maior profundidade é o problema da morte de dentro e da morte de fora dos heróis e heroínas. Quanto a esse aspecto envolvendo a problemática da morte literária, voluntária, o pensador e ecologista suíço Denis de Rougemont (1906-1985), referindo-se ao “amor da morte” em *O amor e o Ocidente*, faz as seguintes perguntas: “O obstáculo do qual falamos freqüentemente – e a criação do obstáculo pela paixão dos dois heróis (confundindo aqui seus efeitos com os da exigência romanesca e da expectativa do leitor) – seria apenas pretexto necessário ao progresso da paixão, ou estaria ligado de uma maneira muito mais profunda? Não seria o próprio objeto da paixão, se descermos ao fundo do mito?”

Nas duas obras a morte não é platônica, tal qual ocorre na lírica trovadoresca: morre-se ‘realmente’ – fisicamente – um pelo outro, em decorrência das peripécias diversas. Analisando-se detidamente os autores dos dois textos tão distantes no tempo e no espaço e o apelo ao imaginário subjacente, verifica-se que ambos recorrem ao mesmo fim decoroso no epílogo de seus escritos: a morte tem um caráter de nobreza, é capaz de superar todos os obstáculos. A vida é como uma aventura audaz enfrentando toda sorte de perigo, no encaço de um objetivo quase sempre inacessível ou acima da própria condição humana. A configuração do sentimento amoroso e as condutas por ela inspiradas remetem à temática do amor cortesão – essa relação ideal aparece como verdadeiro objeto cultural e seus testemunhos são sempre de textos ditos literários.

Em *Tristão e Isolda* e em *Iracema*, o amor – vínculo entre dois indivíduos – assegura a passagem da ordem natural à ordem poética, o sentimento implica uma afinidade espiritual pactuada entre os parceiros como eterna. Quando todos os anseios não consolidam a conjunção amorosa do ser enamorado, resta

apenas para o eu-lírico a fuga da realidade – válvula de escape para a contenção do drama vivido. Nas duas obras, a paixão pode ser definida como um sentimento ou emoção levados a um alto grau de intensidade, sobrepondo-se, por conseguinte, à lucidez e à razão. Sendo uma fixação pelo outro, por uma pessoa, uma idéia ou uma coisa, a paixão se distingue de outros sentimentos por sua força, sua intensidade, sua exclusividade. Assim heróis e heroínas apaixonados prodigalizam todo o tempo para não deixar de honrar seus compromissos amorosos – típico do serviço de cortesia.

O caráter passivo dos amantes apaixonados domina a própria vida, fazendo-a percorrer outros itinerários que, todavia, não percorreriam em estado de lucidez, como demonstram Alencar e Bédier no enredo e desenlace da situação conflituosa entre os pares românticos.

Em suma, da mesma forma que nas relações de cortesia da Idade Média européia, a heroína de *Iracema* encontra-se encastelada, a distância, em uma posição de defesa; sua declinação é a busca do não-real. Tanto *Iracema* quanto *Isolda* são arrebatadas pela mesma paixão, a qual é provocada pela presença ou imagem do objeto amado; é o motivo que as leva a assumir uma posição de passividade e dependência permanente do outro. Sob um ponto de vista aristotélico, o efeito dessa paixão lesa seria a variação do juízo, à que se seguem o sofrimento e o prazer: “Eros e Pathos.” Ambas as heroínas fazem parte do amor e da morte, do desejo e do aniquilamento; essa é sua razão de viver. Então, a dor, o sofrimento, a inquietude fazem com que elas encarem o drama existencial sem medo. Para elas, a vida é como uma luta renhida; tomada a consciência da morte e da precariedade do destino humano, não se acomodam com o fantasma da infelicidade; quanto mais indagam sobre a situação, mais se envolvem em um permanente círculo vicioso. ■

Nas duas obras a morte não é platônica, tal qual ocorre na lírica trovadoresca: morre-se ‘realmente’ – fisicamente – um pelo outro, em decorrência das peripécias diversas

Da mesma forma que nas relações de cortesia da Idade Média européia, a heroína de *Iracema* encontra-se encastelada, a distância, em uma posição de defesa; sua declinação é a busca do não-real

EPISTEMOLOGIA Limitações de ordem histórica e social podem explicar surgimento de uma teoria celular só no século 19

Não foi suficiente ver para crer

Nazário de Souza Messias Jr.

Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará



Estudantes, professores e profissionais de biologia certamente concordam que a ciência da vida tem seus fundamentos teóricos em algumas poucas 'grandes teorias', a maior parte delas elaborada no século 19, como a seleção natural, a herança mendeliana e a teoria celular. Às vezes, sua história é contada, ainda que resumidamente, em livros didáticos e paradidáticos. Porém, boa parte das narrativas tem um caráter algo simplista e abusa das dicotomias (certo x errado). No caso da teoria celular, é comum encontrarmos uma mera lista de descobertas. Isso se justifica porque, para o desenvolvimento da teoria celular, bastou ver para crer. Em síntese, o surgimento dos bons microscópios fez com que as células se tornassem evidentes, não havendo, pois, como negá-las. Mas terá sido de fato dessa forma?

Naturalmente, o estudo das células está vinculado ao desenvolvimento do microscópio. Desconhecer essa relação seria o mesmo que negar a importância do telescópio para a astronomia moderna. De modo resumido, as células foram oficialmente vistas em 1665 pelo físico e filósofo natural inglês **Robert Hooke** (1635-1703), responsável pela criação do termo 'célula'. Mas a teoria celular só começou a ser construída em 1839, a partir do trabalho do botânico Mathias Schleiden (1804-1881) e do fisiologista Theodor Schwann (1810-1882), ambos alemães. Décadas depois, a teoria adquiriu aspectos modernos, graças às contribuições do patologista alemão Rudolf Virchow (1821-1902).

Um dos problemas está exatamente no grande lapso de tempo entre a visão inicial das células e a teoria proposta por Virchow. Há várias explicações para isso, embora poucas sejam satisfatórias; a mais aceita diz respeito aos problemas ópticos dos primeiros microscópios. Curiosamente Hooke usou um equipamento dotado de uma ocular e uma objetiva, o que lhe permitiu descrever a célebre estrutura da cortiça. Como as pequenas cavidades visualizadas

lembravam celas monásticas, a estrutura foi denominada *cell* (célula). O aparelho permitiu a Hooke observar desde instrumentos do cotidiano, como a ponta de uma agulha, até insetos, resultando tais observações na obra *Micrografia*, que serviu de estímulo a vários microscopistas, inclusive o holandês Anton van Leeuwenhoek (1632-1723).

É difícil saber se o aparelho de Hooke apresentava problemas (ele ainda existe) ou se estes foram corrigidos por uma felicidade do acaso. O fato é que os primeiros aparelhos compostos sofriam de alterações ópticas chamadas 'aberrações' cromáticas e esféricas. As imagens podiam ficar literalmente arredondadas ou com 'raios' coloridos, o que lhes dava pouca credibilidade. Isso só foi resolvido por volta de 1830, quando as células puderam ser finalmente confirmadas e aceitas.

Tal explicação não se sustenta quando observamos as reproduções de imagens obtidas com o auxílio de microscópios dos séculos 17 e 18, especialmente as de Leeuwenhoek. Elas chamam a atenção pela qualidade; parecem ter sido feitas usando-se microscópios modernos. Onde está o erro? De fato, o microscópio composto apresenta problemas sérios e aparentemente insolúveis. Diz-se que o físico inglês Isaac Newton (1643-1727) duvidou da possibilidade de resolver suas distorções ópticas. Havia, porém, a alternativa do microscópio simples, de uma lente só, comumente considerado uma simples lupa, usado por muitos cientistas nos séculos 17 e 18, entre eles Leeuwenhoek, o fisiologista inglês Obadiah Grew (1607-1688), o anatomista italiano Marcelo Malpighi (1628-1694) e o fisiologista holandês Jan Swammerdan (1637-1680).

O artefato evoluiu de instrumentos parecidos a espelhinhos de mão até aparelhos com formatos modernos, já no século 19, dotados de parafusos micro e macrométricos, base, espelho e suporte para o objeto a ser observado. É muito provável que os

microscópios simples tenham servido de base para a evolução dos microscópios compostos modernos. É certo também que muitas estruturas celulares e fenômenos foram descritos com o equipamento simples, como o núcleo celular e o movimento browniano. É possível que os próprios Schleiden e Schwann tenham usado aparelhos simples no século 19.

Mais vantagens

Aqui surgem dois problemas. Se os microscópios simples eram tão bons e não meras lupas, por que foram superados pelos microscópios compostos? A resposta não é trivial: por melhores que fossem as imagens fornecidas pelos aparelhos simples, quando as lentes ‘corrigidas’ (sem as aberrações) foram construídas, o aumento obtido com uma objetiva e uma ocular foi muito mais vantajoso. Afinal, em um microscópio, não é só o aumento que conta, mas também o seu poder de resolução – sua capacidade de separar pontos próximos na imagem. O poder de resolução também aumenta com o auxílio de lentes corrigidas.

Lembramos, porém, que as lentes simples também sofriam aberrações. Mas, como elas não eram ‘multiplicadas’ por uma ocular, a imagem não sofria distorção grave. Esse detalhe explica por que durante mais de dois séculos o microscópio composto foi encarado com reserva. Multiplicando-se o aumento da ocular pelo aumento da objetiva, as aberrações tornavam-se evidentes, depreciando assim o possível benefício do aumento adicional. Feita a correção, as vantagens propiciadas pelas duas lentes mostraram-se óbvias demais para serem rejeitadas. A insistência dos construtores em aperfeiçoar o microscópio composto justifica-se porque os cientistas desejavam ver mais e melhor aquilo que o microscópio simples já lhes revelara. Esse anseio pôde ser aplacado graças a feitos científicos importantes, como a obtenção de novos corantes, propiciada pelos avanços na química orgânica, e a melhoria das técnicas de preservar amostras microscópicas e de cortá-las em camadas cada vez mais finas, que permitiam a passagem da luz.

Finalmente, a segunda questão: se as células e algumas de suas estruturas foram vistas e descritas antes de 1830, por que não surgiu uma teoria celular já no século 17? A resposta para essa questão vai além da possibilidade deste artigo. Mas, para não me furtar a uma tentativa prévia de resposta, diria que, ao contrário do que é disseminado nos livros, não foi suficiente ver para crer. A teoria celular é tão revolucionária quanto, por exemplo, a evolução por seleção natural. A célula como unidade morfofuncional trouxe a vida do todo para a parte (diríamos que a teoria celular é reducionista), idéia que não teria lugar nos séculos 17 e 18. Provavelmente a

não elaboração de uma teoria celular antes da segunda metade do século 19 se deveu muito mais a limitações de ordem histórica e social.

Teorias de um ‘bloco de construção’ para a matéria viva de fato surgiram nos séculos 17 e 18, porém não encontramos uma ‘unidade viva’ nas idéias anteriores à moderna teoria celular. Parece surpreendente, mas os próprios Schwann e Schleiden conceberam suas células como unidades organizadoras formadas a partir de matéria não organizada (o blastema) e produzidas como os cristais.

A célula viva como a conhecemos hoje surgiu 20 anos depois, com Virchow, que tinha uma personalidade complexa e viveu em um período igualmente complexo. Seu legado é extenso. Foi mais que um patologista; interessava-se por arqueologia e foi um socialista convicto. Longe de ser um gênio perfeito, foi descrito como figura autoritária e pouco afeita a concessões. Suas idéias políticas foram decisivas, pois o levaram a conceber o organismo como uma “república de células”, independentes e ao mesmo tempo solidárias, que não precisavam de um cáiser para dizer o que fazer. Fica a pergunta sobre o que ele pensaria hoje dos sistemas nervoso e endócrino comandando a hierarquia de sua ‘república’.

Além disso, patologista perspicaz que era, percebeu que tecidos diferentes sofriam de mesmas patologias. Ora, isso era evidência de uma unidade de base comum. E, se essa unidade de base adoecia, era porque estava viva. Por incrível que pareça, durante parte do século 19, havia conflito entre a ‘doutrina das células’ e a ‘dos tecidos’, esta última defendida pelo médico francês Xavier Bichat (1771-1802), considerado o pai da histologia, que, dizem, desdenhava dos microscópios. A conciliação entre ambas não foi tão evidente como os livros atuais mostram. Mas essa é outra história.

Poderíamos ainda formular mais uma questão: qual é de fato a relevância desse assunto e onde ele se encaixaria no ensino médio ou universitário? Há muitas possibilidades de resposta. Uma delas é a oportunidade de romper com idéias ingênuas acerca da ciência (biológica ou outras). A ciência não é apenas uma questão de aparelhos melhores. Outra oportunidade é ver as teorias como delineadoras da pesquisa e, às vezes paradoxalmente, como entraves. Que professor não tem dificuldade para falar a seus alunos sobre vírus ou príons? A resposta para essa dificuldade está no arcabouço teórico que estabelece vida apenas como vida celular. ■



Este microscópio permitiu a Robert Hooke observar desde pequenos objetos, como agulhas, até diminutos insetos, como pulgas

GEOQUÍMICA Estudo mostra que sedimentos de represas podem servir como adubo

De volta para o campo



ROBERTO STUCKERT FILHO / AGENCIA O GLOBO

Figura 1. Com a construção da hidrelétrica de Tucuruí, uma das maiores do Brasil em potência instalada de produção de energia, formou-se no Pará um imenso lago, com 2.785 km²

As barragens construídas pela humanidade formaram lagos artificiais onde os sedimentos trazidos pelos rios se acumulam, causando uma série de problemas. Para corrigir essa retenção excessiva, uma solução é a dragagem das represas, mas o material removido precisa ter uma destinação segura. Uma alternativa é a utilização dos sedimentos como fertilizantes ou para substituir solos degradados, e análises feitas em uma represa do Rio de Janeiro revelam que isso é possível. Por **André Luiz Pio dos Santos**, do *Departamento de Geociências da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro*, **Helena Polivanov**, do *Programa de Pós-graduação do Instituto de Geologia, da Universidade Federal do Rio de Janeiro*, e **Marilu de Meneses Silva**, da *Faculdade de Geologia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro*.

A necessidade de aumentar a produção brasileira de energia levou à construção, após os anos 50, de dezenas de usinas hidrelétricas, gerando grande quantidade de lagos artificiais, distribuídos em todas as regiões do país. A implantação de barragens para o aproveitamento de águas superficiais vem de longa data. A mais antiga, situada em território da atual Jordânia, é a de Jawa, construída no final do quarto milênio antes da era cristã. Apesar de sua grande importância, pois armazenam água para atender às necessidades da população e permitem a produção simultânea de eletricidade (uma das

fontes de energia menos poluentes), as barragens apresentam hoje, em nível mundial, um sério problema.

Esse problema é o contínuo e inconveniente depósito de sedimentos nos lagos formados pela interrupção do fluxo normal dos rios. Essa sedimentação, considerada quase incontrolável em várias partes do mundo, tem drásticos efeitos ambientais no próprio reservatório e nas áreas situadas abaixo das barragens – nesse caso, devido à redução dos volumes de areia, outros materiais mais finos (silte e argila) e materiais orgânicos carregados pelos rios.

Isso ocorre principalmente nos países, como o Brasil, em que a hidroeletricidade (figura 1) é a forma de energia dominante.

A quantidade de sedimentos que um reservatório é capaz de reter varia muito, dependendo principalmente de sua dimensão, da forma de seu leito e do volume de água armazenado. Grandes lagos artificiais retêm em média quase 100% do material trazido pelos rios, enquanto empreendimentos de pequenas dimensões só retêm percentuais muito menores. Os intensos processos de erosão e de perda de solo na bacia de drenagem e as atividades humanas ao longo dessa bacia e nas proximidades do lago artificial determinam o volume e a natureza do material que chega à represa.

A erosão ocorre não só nos solos junto à bacia de drenagem, mas também nas margens dos rios que a formam e da própria represa, onde, por exemplo, taludes podem deslizar (figura 2) devido à escavação de sua base pelo contato com a água. Nas bacias, a excessiva erosão e a perda de solo contribuem para a desertificação das áreas afetadas e para a redução da qualidade dos corpos d'água. Elementos químicos conhecidos como nutrientes e metais retirados das áreas erodidas depositam-se nos sedimentos, que assim se tornam fontes de poluição.

A retenção excessiva de sedimentos nas represas compromete suas finalidades, pois reduz o volume de água disponível para uso direto ou para a produção de energia elétrica. O problema pode levar ao 'envelhecimento' precoce de reservatórios (figura 3), e sua recuperação (por dragagem) pode ser demorada e de alto custo.

Efeitos nos reservatórios

A interrupção do fluxo normal de um rio por uma barragem cria uma massa de água que fica sujeita a uma seqüência de fenômenos. Na zona recém-inundada pode ocorrer uma carência temporária de oxigênio, por causa da decomposição da matéria orgânica do solo e da vegetação que cobria a área. A acumulação dos sedimentos no fundo do lago artificial leva a trocas químicas e biológicas importantes entre estes e a água, alterando rapidamente as características desta.

O processo de sedimentação nos reservatórios depende das características da barragem, do uso a que se destina e da bacia de drenagem. No entanto, o aumen-

to de atividades industriais e agrícolas, assim como o desenvolvimento urbano, nas áreas acima da barragem ou em seu entorno podem provocar um estado de desequilíbrio, aumentando a entrada de materiais nas represas e acelerando o processo.

O excessivo assoreamento de um reservatório tem diversos efeitos negativos, entre eles: 1. a redução da vida útil do empreendimento, sobretudo nos casos em que o problema não foi levado em conta e não houve reserva de um 'volume morto' para a acumulação de sedimentos; 2. danos causados na estrutura da barragem, devido à intensidade e à natureza dos sedimentos depositados; 3. deterioração da qualidade da água em função do excesso de nutrientes (oriundos da erosão e da perda do solo).

A questão dos nutrientes

Os elementos nutritivos (nitrogênio, fósforo, potássio e outros) presentes no solo são arrastados para os rios pela erosão e, com frequência, depositados no fundo das represas. O homem é um agente acelerador importante desse processo, ao destruir a vegetação natural ou usar métodos agrícolas inadequados, expondo o solo à ação das enxurradas. Esse problema agravou-se em vários países em desenvolvimento, onde são comuns o rápido crescimento da população e a ocupação desordenada do solo, e está levando à progressiva desertificação de muitas regiões.

A perda dos nutrientes, além de comprometer a fertilidade dos solos, já que tais elementos são essenciais ao desenvolvimento das plantas, também

Figura 2. Deslizamento de talude para o interior do reservatório de Santana, no Rio de Janeiro – mais uma fonte de sedimentos para a represa



afeta a qualidade química da água das represas onde são depositados. Os nutrientes, os metais e os materiais orgânicos presentes nos reservatórios, além de interagirem quimicamente, são liberados para a coluna d'água, o que provoca a degradação de sua qualidade. Isso tornou-se, em lagos e reservatórios, um grave problema ambiental, alvo de grande atenção do público e da comunidade científica.

O excesso de nutrientes, porém, não resulta apenas da erosão. O acelerado desenvolvimento urbano nas bacias de drenagem, somado à expansão das atividades agrícolas (onde é comum o uso indiscriminado de fertilizantes artificiais) e industriais (muitas vezes com grande despejo de efluentes sem tratamento nos cursos d'água), também contribuem para a sua entrada nas barragens. O fósforo, por exemplo, é um elemento-chave no processo de eutrofização – a proliferação excessiva de algas e plantas aquáticas, que reduz a luminosidade e a oxigenação da água, leva à morte de peixes e outros organismos e provoca mau cheiro e excesso de sedimentação.

Sedimentos podem ser úteis

O problema da sedimentação em reservatórios tem recebido interesse crescente da comunidade científica, em busca de soluções para melhorar a qualidade da água. O método mais eficiente, entre as opções existentes hoje, é a remoção – através de dragagem – dos sedimentos ricos em nutrientes acumulados nesses corpos d'água. A dragagem permite manter sob

controle o processo de 'envelhecimento' das represas, atenuando a contínua deposição de material e suas conseqüências, como a redução do volume de água e a eutrofização. Na Suécia, a aplicação de um programa de remoção de sedimentos em alguns lagos poluídos, no centro do país, permitiu reduzir os teores de nitrogênio e fósforo e o desenvolvimento de algas e plantas.

Entretanto, para que essa alternativa não gere um novo problema ambiental, é necessário que o material dragado receba uma disposição final adequada e segura, em vez de ser despejado em qualquer local. Uma opção que atende a esses requisitos – e ainda é vantajosa – é o reaproveitamento de sedimentos ricos em nutrientes como fertilizante agrícola, substituindo os compostos químicos empregados hoje para repor as perdas do solo causadas pelas práticas agrícolas e pela erosão. Esse emprego é possível, desde que o material retirado dos reservatórios não apresente concentrações significativas de elementos tóxicos.

A utilização dos sedimentos para recuperar terras inférteis poderá ter um papel importante em regiões onde os solos sejam naturalmente pobres ou já tenham perdido os nutrientes. Dependendo de suas características físicas e químicas, esse material poderá ser aplicado à camada superficial do solo, zona principal de desenvolvimento das raízes, inclusive ajudando a reverter, em muitos lugares, a desertificação.



Figura 3. Assoreamento do reservatório de Santana, após cinco anos da última dragagem realizada pela Light S/A

FOTO DE ANDRÉ PIO

Para avaliar, em cada reservatório, a viabilidade econômica desse procedimento, é preciso investigar as características físico-químicas dos sedimentos acumulados, visando confirmar seu potencial como fertilizante e medir sua toxicidade. Os possíveis benefícios são prolongamento da vida útil da represa assoreada, controle do processo de eutrofização, utilização como corretivo alternativo para solos em que é preciso mudar uma propriedade física ou química (para garantir sua perfeita aptidão agrícola), incorporação como adubo mineralizado para solos pobres e aproveitamento como solo propriamente dito em regiões onde este é escasso. Essas possíveis alternativas justificam a remoção e o reaproveitamento dos materiais acumulados no fundo das represas.

Um exemplo positivo

Para avaliar a possibilidade de aproveitamento na agricultura, foi realizado um estudo de caracterização química do material acumulado na barragem de Santana, em Piraí (RJ) (figura 4). O estudo mediu as concentrações de macronutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre), micronutrientes (zinco, manganês, ferro e cobre) e matéria orgânica, além de alguns índices químicos associados à fertilidade do solo. As amostras do sedimento foram coletadas em 15 locais da represa, após o período chuvoso na região, durante o qual o rio Piraí traz novos depósitos.

No caso dos macronutrientes, o estudo confirmou que os teores são condizentes com os padrões adequados para solos agrícolas (previstos em trabalhos científicos). Para o nitrogênio, o teor (0,12% a 0,26%, com média de 0,17% para todas as amostras) ficou dentro dos limites apropriados para solos de zonas úmidas (0,15%). O percentual de potássio total (0,47% a 1,6%, média de 1%) também está de acordo com a média considerada normal (0,9%), assim como o de potássio assimilável (47 a 152 microgramas por grama no sedimento, para limites adequados entre 71 e 120 $\mu\text{g/g}$). O teor de fósforo total (0,029% a 0,051%, média de 0,04%) também equivale à média típica (0,03%), enquanto o de fósforo disponível (11 a 54 $\mu\text{g/g}$, média de 34,5 $\mu\text{g/g}$) é considerado muito bom (já que em solos brasileiros o teor mínimo é de 18 $\mu\text{g/g}$).

O cálcio (0,09% a 1,02%, média de 0,48%) apresenta concentração acima dos valores típicos para regiões tropicais (0,15%), mas isso pode ser vantajoso, pois esse elemento ajuda a corrigir a acidez dos solos. Já o magnésio (0,111% a 0,12%) está distri-



Figura 4. O reservatório de Santana, no Rio de Janeiro, recebe sedimentos trazidos pelo rio Piraí

buído de modo homogêneo, no limite mínimo da faixa normal (0,12% a 1,5%) em solos de regiões úmidas. Para o enxofre total (0,1% a 0,25%, média de 0,17%), os teores também assemelham-se aos normais (0,01% a 0,2%), mas para a forma mais disponível para os vegetais a média (13,6 $\mu\text{g/g}$) supera o nível ideal (10 $\mu\text{g/g}$).

No caso dos micronutrientes, foram encontrados teores extremamente elevados, em relação aos valores típicos em solos, de ferro, manganês e zinco, que podem prejudicar o desenvolvimento dos vegetais. Para os dois primeiros elementos, porém, o problema pode ser corrigido pela oxidação natural, quando os sedimentos entram em contato com o ar, enquanto o zinco pode se associar à matéria orgânica presente no sedimento e ficar indisponível para os vegetais, o que evita seus efeitos negativos. Já os teores de cobre, embora elevados, não são considerados prejudiciais às plantas.

Os componentes orgânicos apresentaram concentrações entre 1,9% e 3,9% nas amostras (média de 3,1%), consideradas ideais para a maioria dos solos. Quanto aos índices químicos avaliados, como capacidade de trocas catiônicas (CTC), capacidade potencial dessas trocas (valor T) e saturação de bases (valor V), que indicam a real disponibilidade dos nutrientes para as plantas (portanto, a real fertilidade do solo), os valores obtidos nos sedimentos revelaram-se compatíveis com o uso desse material como fertilizante ou para a reposição de solos degradados.

As análises confirmaram que os sedimentos retirados da barragem de Santana são compostos principalmente por resíduos inorgânicos que têm, em sua composição, os mesmos elementos encontrados em fertilizantes e na própria massa de um solo fértil. Se manejados de forma adequada, podem ser empregados para compor uma nova camada fértil em áreas onde o solo já perdeu toda a qualidade ou utilizados como adubo de baixo custo nas culturas agrícolas. ■

BIOLOGIA MARINHA Protozoários podem ajudar a preservar ambientes recifais

Sinalizadores de ameaças a corais

Os foraminíferos são protozoários que reagem rapidamente, de diferentes maneiras, à introdução de poluentes no meio marinho ou a mudanças climáticas decorrentes do aquecimento global. Por isso, eles podem ser usados como bioindicadores da ‘saúde’ do ambiente em que vivem. Estudos com esse grupo vêm sendo realizados como parte de um programa de monitoramento das condições ambientais de cinco áreas recifais brasileiras. Por **Patrícia Oliveira-Silva**, do Programa de Pós-graduação em Geoquímica Ambiental (doutoranda), **Cátia Fernandes Barbosa**, do Departamento de Geoquímica, **Abílio Soares-Gomes**, do Departamento de Biologia Marinha (todos da Universidade Federal Fluminense), e **José Carlos Sícoli Seoane**, do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Figura 1. O foraminífero incrustante *Homotrema rubrum* (de coloração vermelha) tem em média de 2 a 5 mm e é encontrado, no atol das Rocas, fixado aos sedimentos

A maioria das pessoas desconhece a existência dos foraminíferos, já que esse grupo raramente é citado nas aulas de biologia. Esses pequenos protozoários, porém, são mais antigos na Terra do que os seres humanos: datam de cerca de 570 milhões de anos (as formas bentônicas, fixas a algum material ou a outros organismos) e de cerca de 205 milhões de anos (as formas planctônicas, suspensas na água). Existem hoje em torno de seis mil espécies

bentônicas (figura 1) e 44 espécies planctônicas.

Os foraminíferos, predominantemente marinhos, distribuem-se por todo o mundo, em águas rasas e profundas. Na grande maioria das espécies, os adultos medem entre 0,2 e 2,5 mm. São produtores primários (geram matéria orgânica a partir de energia e compostos inorgânicos) e estão na base da cadeia alimentar, entrando na dieta de peixes, moluscos e crustáceos. São comumente dotados de carapaças protetoras de variados formatos (figura 2), que garantem sua proteção física contra predadores.

As carapaças, construídas pelo acréscimo de uma ou mais câmaras a um prolóculo (câmara inicial), podem ser orgânicas, aglutinantes, calcárias (perfuradas ou não) ou de sílica opalina. As orgânicas, raras, existem apenas em locais onde o carbonato de cálcio (CaCO_3) não está disponível, e são compostas de uma membrana orgânica com poucas partículas retiradas do ambiente. As aglutinantes são construídas pela agregação de materiais obtidos no sedimento (carbonato, grãos arenosos e outros) unidos por um ligamento orgânico. As calcárias são formadas por cristais de calcita ou aragonita, formas do carbonato de cálcio (dissolvido na água do mar, esse composto se precipita e fornece material para essas carapaças). Já as raras carapaças de sílica opalina são encontradas em mares profundos e em locais com águas mais frias.



FOTO DE ABÍLIO SOARES-GOMES

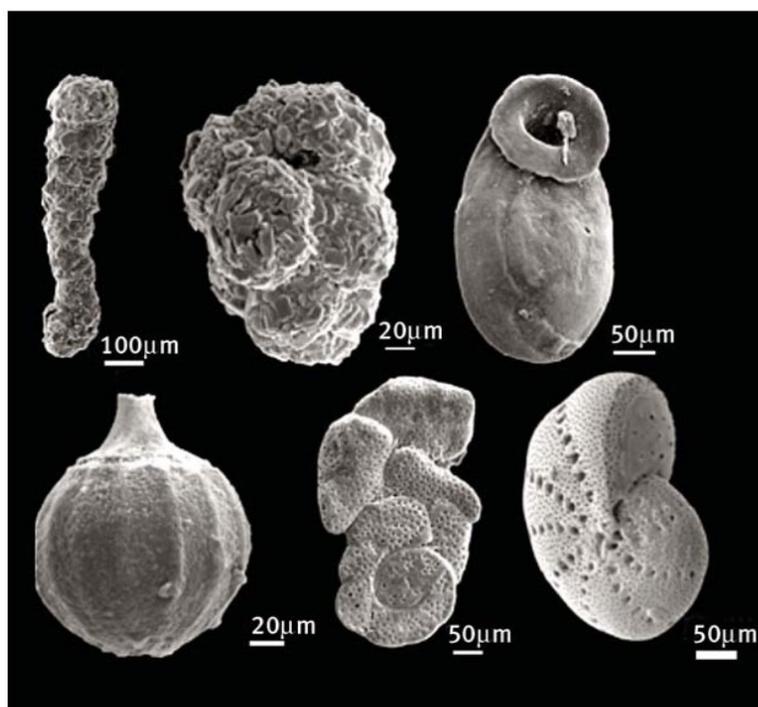
Figura 2. As carapaças dos foraminíferos apresentam variados formatos (imagem em microscopia eletrônica de varredura) e podem ser compostas por diferentes materiais

FOTOS DE ROGÉRIO MARTINS

O grupo dos foraminíferos é extremamente importante em diferentes áreas, como geologia, paleontologia, oceanografia e biologia. Eles vêm sendo bastante estudados em geologia e paleontologia, em especial a partir da década de 1920, quando as indústrias de petróleo do hemisfério Norte começaram a usá-los como indicadores importantes em suas atividades de exploração. Como eles ajudam a identificar diferentes tipos de ambientes de deposição de sedimentos em águas rasas ou profundas, são imprescindíveis no estudo das camadas de rochas capazes de armazenar óleo (reservatórios petrolíferos).

Além disso, fósseis de foraminíferos presentes em camadas sedimentares antigas permitem estimar a idade destas (correlação geocronológica) e ainda auxiliam estudos mais refinados em estratigrafia, sobre as características, as propriedades e a história das rochas de cada camada. A importância desse grupo é ainda maior na bioestratigrafia – o estudo da variação das espécies de seres vivos fossilizadas ao longo dos estratos sedimentares, que indicam prováveis mudanças ambientais. Na oceanografia, os foraminíferos ajudam a investigar, entre outros aspectos, antigas mudanças do clima, variações no nível do mar e propriedades de antigas massas de água.

Os foraminíferos apresentam alta diversidade de espécies, tamanho diminuto, ciclo de vida curto (certas espécies originam novos indivíduos em quatro horas), ocorrência em grande quantidade e bom potencial de preservação em sedimentos, aspectos que favorecem seu uso em pesquisas e os tornam importantes na geologia e na biologia. Podem ser particularmente úteis no monitoramento ambiental, já que respondem rapidamente a mudanças naturais do ambiente e à presença de poluentes (metais pesados, pesticidas, petróleo e outros). Essas respostas ajudam a avaliar impactos naturais ou causados por ações humanas e a detectar mudanças ecológicas decorrentes de alterações climáticas ou de condições oceanográficas.



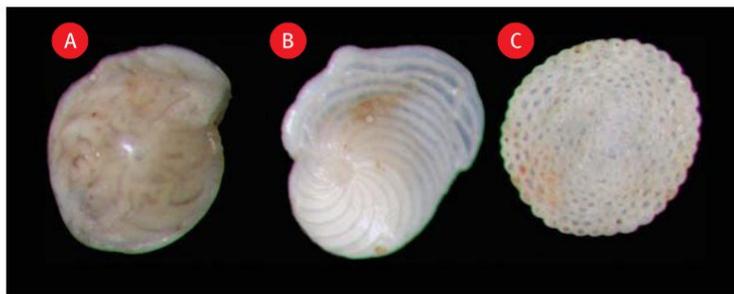
Os foraminíferos e os corais

Nos ambientes tropicais, os foraminíferos têm participação relevante na formação de sedimentos carbonáticos, principalmente em águas rasas: suas carapaças contribuem com cerca de 43 milhões de toneladas de carbonato de cálcio por ano e, desse total, 34 milhões de fato se acumulam nos sedimentos. A elucidação do papel desse grupo no balanço global de gás carbônico (CO_2) poderá levar a um melhor entendimento das interações nos recifes e do acúmulo de reservas de carbono nos oceanos, um dos fatores integrantes dos modelos que estimam mudanças climáticas.

A possível duplicação ou triplicação dos níveis atuais de CO_2 na atmosfera durante o século 21 tornaria mais ácidas as águas superficiais dos oceanos, pois favoreceria, nessa camada, a transformação do CO_2 em ácido carbônico (H_2CO_3). Isso alteraria a proporção relativa das três formas de carbono na água, reduzindo os níveis de saturação de carbonatos. Nessa situação, organismos que combinam íons de (Ca^{2+}) e de carbonato (CO_3^{2-}) para construir seu esqueleto – como foraminíferos e corais – diminuiriam o processo de calcificação, o que poderia afetar suas populações e levar muitas espécies à extinção. Tais alterações nos níveis de acidez das águas e nas taxas de fotossíntese e de calcificação nos oceanos podem perturbar os fluxos oceânicos e atmosféricos de CO_2 , interferindo nas mudanças climáticas globais.

Os aumentos da temperatura e da incidência de radiação ultravioleta têm sido apontados como os ▶

Figura 3. Representantes (exemplares vivos) das principais famílias de foraminíferos – Amphisteginidae (A), Peneroplidae (B) e Soritidae (C) – utilizadas como bioindicadoras em recifes



simbiose com microalgas. Esse tipo de interação ecológica envolve dois ou mais organismos de diferentes espécies e traz, em geral, benefício mútuo. No caso, os corais fornecem às algas micro-habitats (o que significa proteção e exposição adequada à energia solar) e liberam substâncias que elas utilizam, e recebem em troca nutrientes (produtos do metabolismo das algas).

principais fatores envolvidos na degradação de colônias de corais no mundo inteiro. Esse problema é evidenciado pelo ‘branqueamento’ (ou descoloração) das estruturas coralinas, devido à morte, à redução da atividade ou à expulsão das microalgas (zooxantelas) associadas aos corais. São elas que produzem os pigmentos responsáveis pelas cores vivas das colônias de coral.

Como os corais zooxantelados, os foraminíferos de mares tropicais e subtropicais, tanto os bentônicos típicos de plataformas carbonáticas quanto os planctônicos (exceto *Hastigerina pelagica*), fazem

também abrigam algas que, em troca, colaboram em sua nutrição. Elas ainda fortalecem as carapaças dos hospedeiros, o que ajuda a prolongar a vida destes. Essa relação, segundo alguns cientistas, é muito antiga, datando da origem do grupo no período Cambriano (há cerca de 570 milhões de anos). Os foraminíferos podem abrigar, em uma mesma carapaça, 20 indivíduos de até quatro espécies distintas de algas, entre elas dinoflagelados, diatomáceas, clorófitas (algas verdes) e rodófitas (algas vermelhas).

A família de foraminíferos Amphisteginidae, uma das mais bem conhecidas, vem sendo bastante estudada no oceano Pacífico, com resultados positivos. Quando algum tipo de impacto, seja natural ou de origem humana, atinge os ambientes coralíneos, as algas simbiotes tendem a morrer ou a ser expelidas da carapaça dos foraminíferos. Isso causa uma mudança, facilmente observável, na coloração das carapaças das espécies do gênero *Amphistegina*, que passam de amarronzadas (com os simbiotes) a brancas (sem eles), processo correlato ao que acontece nos próprios corais. Esse ‘branqueamento’ é observado tanto no nível de indivíduos (que também podem apresentar deformações nas carapaças) quanto no nível de comunidades (a diversidade e a abundância de algumas espécies ou grupos podem ser alteradas).

Alguns estudos com esse grupo vêm sendo aplicados, nas últimas décadas, para detectar e avaliar diferentes impactos em recifes de coral, em especial os localizados nos oceanos Índico e Pacífico e no Atlântico caribenho. Como os foraminíferos sofrem o branqueamento antes dos corais, podem indicar precocemente qualquer perturbação, permitindo



Figura 4. O projeto em andamento de avaliação da saúde ecológica de recifes brasileiros com base no estudo dos foraminíferos abrange três áreas costeiras (em amarelo) e três próximas a ilhas (em laranja)

FOTO DE FÁBIO B. PITOMBO

MAPACEDIDO POR JOSÉ C. S. SEIOMNE

do a tomada de decisões para a proteção do ambiente coralíneo. Esse tipo de estudo também começa a ser feito em ambientes recifais brasileiros.

A importância dos recifes de coral não está apenas na diversidade dos próprios corais, mas também na variedade de espécies associadas a eles. No Brasil, embora tais recifes já mostrem sinais de degradação, não havia estudos específicos sobre sua 'saúde' ecológica, mas apenas uma avaliação geral dos impactos que sofrem. A degradação dos recifes – danos em sua estrutura e mudanças nas interações entre os organismos que ali vivem – está relacionada a problemas como a pesca predatória, o desmatamento costeiro, o pisoteamento, a captura de espécies ornamentais e o excesso de nutrientes.

Avaliação de recifes brasileiros

Alguns grupos de pesquisa brasileiros vêm utilizando os foraminíferos com diversas finalidades. Na Universidade Federal da Bahia (UFBA), uma equipe coordenada pela bióloga Altair Machado estuda foraminíferos em recifes de corais. Já na Universidade Federal Fluminense (UFF), o grupo coordenado pela geógrafa Cátia Fernandes Barbosa emprega os foraminíferos planctônicos e bentônicos em pesquisas bioestratigráficas (em bacias sedimentares submarinas como as de Campos e Santos) e como bioindicadores em ambientes costeiros e recifais.

Uma das aplicações é a avaliação, com base nos foraminíferos, da integridade biológica dos recifes de coral do país, em um subprojeto do Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (Probio), do Ministério do Meio Ambiente. Esse subprojeto tem apoio do Fundo para o Meio Ambiente Mundial (do Banco Mundial) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), e envolve pesquisadores do Programa de Pós-graduação em Geoquímica Ambiental e do Departamento de Biologia Marinha da UFF, do Departamento de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

Os estudos previstos, que representam o primeiro passo no uso dos foraminíferos para a investigação dos recifes nacionais, estão inseridos no Programa Internacional de Monitoramento de Recifes de Coral (*Reef Check*), coordenado no Brasil pela bióloga Beatrice Padovani Ferreira (UFPE), e no projeto Recifes Costeiros, coordenado pelo oceanógrafo Mauro Maida (UFPE). A finalidade da pesquisa atual é avaliar os ambientes recifais costeiros e insulares brasileiros, incluindo áreas de unidades de conservação. Entre os recifes costeiros, estão incluídos nos estudos os Parrachos de Maracajaú (RN), os da Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais



(PE e AL) e os de Porto Seguro (BA), e entre os insulares estão os do atol das Rocas (RN), de Fernando de Noronha (PE) e de Abrolhos (BA) (figura 4).

Para iniciar essa avaliação foram selecionados, como área-piloto, os Parrachos de Maracajaú, recifes de corais situados a 7 km da linha da costa, em Maxaranguape (RN). As pesquisas iniciais na área já registraram a ocorrência de deformações em carapaças (achatamento e crescimento irregular de câmaras) em exemplares de *Amphistegina lessonii*, um dos importantes bioindicadores em ambientes recifais. Além disso, embora a área apresente alta diversidade (em torno de 50 espécies do grupo), o número de indivíduos de cada espécie é reduzido e os tamanhos corporais menores que os tidos como normais, o que pode estar ligado à opção pela reprodução assexuada (que exige menos energia) diante de algum desequilíbrio ambiental. As causas do fenômeno em Maracajaú, área muito freqüentada por turistas, ainda estão sendo investigadas.

O trabalho iniciado nos Parrachos de Maracajaú pretende somar seus resultados aos que já vêm sendo produzidos por outros grupos de pesquisa no país, principalmente em áreas onde se pretende implantar o gerenciamento adequado de ambientes de recifes de coral, de grande importância para a biodiversidade em águas costeiras e fontes de subsistência para populações litorâneas. A verificação do estado atual dos ambientes recifais (figura 5), com base no precoce branqueamento dos foraminíferos, permitirá disparar o alerta para que os órgãos ambientais responsáveis adotem medidas de proteção antes que a perturbação chegue aos corais. O conhecimento detalhado das comunidades de foraminíferos do país, o mapeamento das frentes de estresse e o reconhecimento dos pontos mais críticos orientará futuras pesquisas, que visem manter a biodiversidade marinha brasileira e preservar esse patrimônio genético para as futuras gerações. ■

Figura 5. Platô recifal do atol das Rocas, único atol do oceano Atlântico Sul, situado a 260 km a leste de Natal (RN)

ECOLOGIA Diferentes tipos de associação entre animais facilitam aquisição de alimento

Atrás do pão de cada dia

Entre os animais, o processo de alimentação envolve um grande número de estratégias, que incluem, por exemplo, a escolha do local onde se alimentar, o tipo de dieta, a forma de obter o alimento, como manipulá-lo para viabilizar sua ingestão. Os mecanismos que aumentam a eficiência dessa atividade são preferencialmente adotados pelos indivíduos ou favorecidos pela seleção natural. A associação alimentar, uma das estratégias empregadas, consiste no aproveitamento do esforço realizado por um indivíduo para que outros adquiram alimentos. Por **Angelita S. Coelho**, do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Barra do Garças, MT), **José Eugênio C. Figueira** e **Túlio D. Oliveira**, do

Laboratório de Ecologia de Populações da Universidade Federal de Minas Gerais.



Figura 1. Garça-boiadeira (*Bubulcus ibis*) na APA-Carste de Lagoa Santa (MG), em fase reprodutiva

De modo geral, os animais investem boa parte do dia na busca de alimentos. Por isso adotam estratégias que facilitam sua localização ou requerem menor investimento de tempo e energia para obtê-los. Um processo bastante difundido é a associação alimentar, na qual um indivíduo, durante o forrageamento (busca de alimento), se junta a outro, da mesma espécie (associação intra-específica) ou de espécie diferente (associação interespecífica), utilizando o esforço deste último para conseguir o que comer. Um exemplo de associação intra-específica visando facilitar a localização de presas envolve várias espécies de aves que acompanham formigas-correição. Essas formigas formam largas falanges que periodicamente fazem incursões pela mata para obter comida ou mudar o local do ninho. O avanço dessa tropa peculiar afugenta grande quantidade de pequenos animais, como baratas e aranhas, que são, de modo oportunista, capturados pelas aves. Já a caça cooperativa, observada em bandos de leões ou lobos, é um exemplo de associação que procura minimizar o esforço na captura de presas. Esse tipo de caça possibilita a apreensão de presas maiores que as que cada indivíduo conseguiria capturar isoladamente.

Os benefícios que os parceiros das associações obtêm variam bastante. Quando todos eles tiram vantagem, tem-se uma associação mutualística. Nessa categoria estão os bandos de caça mencionados,

em que todos se esforçam e todos são beneficiados. Por outro lado, há associações em que um indivíduo lucra, mas o outro é prejudicado. São exemplos os casos de cleptoparasitismo (do grego *kléptein* = roubar + parasitar = viver à custa de), quando um indivíduo se apodera do alimento capturado por outro indivíduo da mesma espécie ou de espécie diferente. Em uma terceira categoria estão as associações comensais, em que um dos parceiros obtém vantagem, enquanto o outro não ganha nem perde nada. Um tipo comum de associação comensal é aquele em que um indivíduo se aproveita de distúrbios causados no ambiente físico por outro indivíduo para capturar presas que se afastam do local onde houve o distúrbio, como ocorre com as formigas-correição e as aves. O indivíduo que provoca o distúrbio é conhecido como 'batedor'.

Mas que fatores levam um organismo em busca de alimento a acompanhar um batedor? Após análise de diferentes situações, é possível distinguir características comuns: recurso alimentar em excesso (o alimento espantado pelo batedor deve ser suficientemente abundante para que o outro indivíduo seja recompensado ao acompanhá-lo); fácil localização do batedor; as presas que serão capturadas devem responder de modo evidente ao distúrbio, em geral afastando-se rapidamente do local; ausência de interação agonística entre batedor e seguidor (o batedor não deve se sentir incomodado ou ameaçado pelo seguidor, para que o seu comportamento não se altere).

Garça-boiadeira

Recentemente o Brasil foi colonizado por uma espécie que utiliza associações comensais com frequência para obter alimento: a garça-boiadeira (*Bubulcus ibis*), pequena ave de plumagem branca, bico e íris amarelos, tarsos e dedos esverdeados (figura 1). No período reprodutivo, adquire plumas ferrugíneas no pescoço, peito e dorso, e o bico ganha tonalidade avermelhada. A espécie, originária do norte da África e regiões próximas ao mar Mediterrâneo, expandiu sua área de ocorrência a partir do final do século 19, com intensa dispersão e colonização de novas áreas. Inicialmente, ocupou toda a África e, segundo registros não confirmados, teria cruzado o Atlântico entre 1877 e 1882, chegando à Guiana Inglesa. Nas décadas seguintes colonizou todo o continente americano. No Brasil, o primeiro registro da espécie foi feito em 1964, na ilha de Marajó; no fim da década de 1970 já podia ser observada em grande parte do território nacional. Simultaneamente, houve dispersão para a Ásia, Austrália e Nova Zelândia.

Ao contrário de outras garças, que se alimentam basicamente de peixes e invertebrados aquáticos, a dieta da garça-boiadeira compõe-se predominantemente de presas terrestres, como insetos (sobretudo grilos e gafanhotos), aranhas e pequenos vertebrados (sapos, cobras, roedores e aves). A espécie ficou conhecida por se alimentar em associação com mamíferos pastadores, principalmente gado bovino, o que justifica sua denominação popular (figura 2). Na associação com pastadores, as garças tentam facilitar seu forrageamento, pois os primeiros, ao se movimentar no pasto, causam o deslocamento de pequenos animais presentes na vegetação. Próximas dos pastadores, as garças capturam essas presas. A associação pode ser classificada como comensalismo, uma vez que os pastadores (que atuam como bate-

dores) não são prejudicados pela proximidade das garças. A taxa de captura de presas feita por garças associadas é, em média, duas vezes maior do que a de garças não associadas.

Embora se associem mais frequentemente a bois, as garças-boiadeiras são observadas com uma ampla variedade de batedores. Podem se associar a gnus, búfalos, zebras, antílopes, rinocerontes, elefantes, capivaras, ovelhas e até a trabalhadores rurais e máquinas agrícolas. A escolha, pelas garças, de um tipo de batedor é determinada pela velocidade de locomoção deste. Se o batedor se desloca muito devagar, os distúrbios na vegetação são pequenos, espantando poucas presas e dificultando a captura. Por outro lado, se o batedor se move muito depressa, as garças precisam correr ou realizar pequenos vôos para acompanhá-lo; também nesse caso as taxas de capturas são reduzidas. As taxas se elevam quando o batedor se move em velocidade compatível com a velocidade de deslocamento das garças. Pesquisa realizada na África mostrou que o gado bovino é o batedor preferido, uma vez que se desloca em uma velocidade adequada às garças. Carneiros e gnus são descartados por se deslocarem muito depressa.

Bois, cavalos e garças-boiadeiras

As características da associação de garças-boiadeiras com bois e cavalos foram estudadas por um de nós (Angelita S. Coelho) na Área de Proteção Ambiental Carste (APA-Carste) de Lagoa Santa, a 30 km de Belo Horizonte, durante a realização de sua dissertação de mestrado, defendida em 2005 na Universidade Federal de Minas Gerais. As garças seguem uma rotina diária, que consiste em se abrigar à noite em ninhais comunitários e se deslocar ao amanhecer, voando em pequenos bandos, para os locais de forrageamento. Ali chegando, devem tomar várias

Figura 2. Associação entre garças-boiadeiras e bois (A) e cavalos (B) na APA-Carste de Lagoa Santa (MG)





Figura 3. Quando os pastadores se tornam inativos, as garças param de forragear

decisões. Em que pasto pousar? A que pastador se associar? Que posição ocupar ao seu redor?

A decisão quanto ao pasto em que irá pousar é tomada com base no número de pastadores em ação e na quantidade de garças já associadas a eles. Em geral, a proporção é de três garças para um pastador. Assim, se há muitos pastadores e poucas garças, outras podem pousar. Por outro lado, se a razão garça/pastador for muito elevada em um pasto, outras aves devem evitar o pouso naquela área. Como o número de garças que podem se associar a um pastador é limitado – a quantidade de presas disponíveis ao redor dele é finita –, a proporção 1:3 evita competição.

A atividade do pastador orienta as garças na escolha dos animais que vão seguir. Elas preferem pastadores que, ao forragear, causam grandes distúrbios na vegetação, em detrimento de animais que ficam parados ou deitados. Os pastadores tendem a apresentar comportamento sincronizado dentro do rebanho, com horários razoavelmente estabelecidos. O gado bovino, por exemplo, tem dois picos diários de forrageamento: no nascer do Sol e ao entar-

turar ectoparasitos (figura 3).

No que diz respeito à posição que a garça deverá ocupar ao redor do pastador, essa decisão é definida pela disponibilidade diferenciada de presas. Um pastador, ao forragear, move-se lentamente adiante, consumindo a vegetação que está à sua frente e nas laterais da cabeça. Isso gera uma 'onda de perturbação' que dispersa pequenos animais. O maior número de presas deslocadas se concentra na parte ântero-lateral do pastador. A região próxima às patas posteriores, que também sofre alterações, reúne menor quantidade de presas, pois já foi perturbada pelos movimentos da porção anterior. As garças procuram, portanto, aproximar-se da região ântero-lateral do pastador.

A distribuição diferencial de presas define a quantidade de garças que podem se associar a um pastador e como elas devem se posicionar. Uma vez que a porção anterior do pastador é favorável à captura de presas e que a presença de uma garça interfere na captura de presas de outra garça vizinha, a tendência é que no máximo três aves sigam um pastador (figura 4). Vale lembrar que elas buscam manter uma distância mínima entre si (geralmente permanecendo em lados opostos do pastador) e que são raras as associações envolvendo um número maior de garças. Tais observações foram feitas na APA-Carste de Lagoa Santa nos períodos de janeiro a dezembro de 2002 e de janeiro a dezembro de 2004.

Assim, as garças-boiadeiras adotam uma estratégia de forrageamento que visa à captura de um grande número de presas, empregando o menor esforço. Esse mecanismo provavelmente evoluiu no continente africano, onde as extensas savanas abrigam muitas espécies de mamíferos pastadores. Com o avanço do desmatamento e a expansão de campos e pastos, que permitiram o crescimento da pecuária em tempos recentes, as garças puderam colonizar novas áreas.



Figura 4. Para minimizar a competição por presas, as garças-boiadeiras evitam associar-se em grande número a um pastador (no máximo três aves por pastador)

A trajetória de uma espécie

Durante a remoção de sedimento argiloso para exploração de calcário na caverna Feldhofer, no vale Neander, Alemanha, trabalhadores encontraram, a 60 cm da superfície, os remanescentes esqueléticos de um único indivíduo, sem qualquer vestígio cultural ou faunístico associado. Corria o mês de agosto de 1856, ponto de partida de décadas de discussão até o reconhecimento de uma nova espécie – o *Homo neanderthalensis*.

Esse não foi, porém, o primeiro achado de neandertais. Na Bélgica, em 1829, e em Gibraltar, em 1848, haviam sido encontrados crânios que só posteriormente foram reconhecidos como da mesma espécie.



Calota craniana do homem de Neandertal, encontrada no vale Neander, nas imediações de Düsseldorf, Alemanha

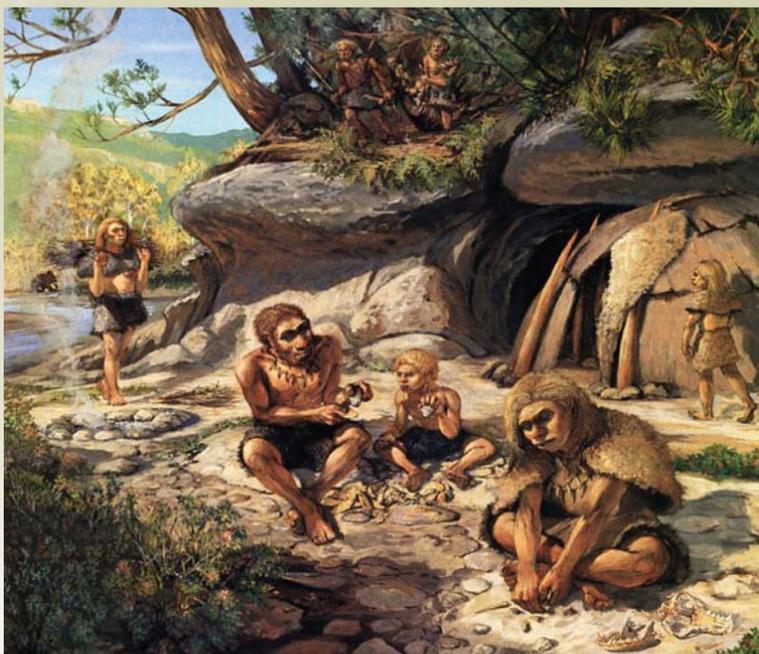
Os ossos foram recuperados pelos próprios trabalhadores e consistiam na porção superior do crânio (calvária), fragmentos de costelas e escápula, uma clavícula, os dois úmeros e ulnas, um rádio, o ilíaco esquerdo e os dois fêmures. Graças à boa condição de algumas peças resgatadas, é possível especular que o esqueleto estaria ao menos razoavelmente preservado. Todavia, sem conhecimento técnico para remover adequadamente as partes mais delicadas, os trabalhadores teriam se detido nas porções maiores e mais resistentes.

O material foi entregue ao professor Johann Carl Fuhlrott (1803-1877), que, após análises preliminares, procurou o antropólogo Hermann Schaaffhausen (1816-1893), em Bonn, Alemanha, para uma investigação mais detalhada. A espessura dos ossos e sua robustez acentuada indicavam para ambos que o espécime seria uma forma ancestral dos humanos modernos.

Só em 1864 o espécime recebeu a denominação *Homo neanderthalensis*, dada pelo anatomista William King (1809-1886) em um encontro da Associação Britânica para o Progresso da Ciência. Curiosamente, nesse mesmo ano, em artigo intitulado 'O famoso homem fóssil de Neandertal', King enfatizou ainda mais as diferenças entre o recém-nomeado neandertal e o homem moderno. Inclinado a pensar que as particularidades de sua morfologia craniana apontariam mais para um distanciamento de gênero do que de espécie, acabou por considerar que certas características estavam mais próximas do chimpanzé do que do homem.

A despeito das considerações de King, boa parte da comunidade científica da época não dava crédito à nova espécie. Em artigo de 1864, o renomado evolucionista inglês Thomas Huxley (1825-1895) concluiu que as características observadas no material não extrapolariam o padrão de variabilidade de nossa própria espécie. O trabalho de A. Mayer, desse mesmo ano, ia ainda mais longe. De acordo com esse autor, as características observadas resultavam de condições patológicas (raquitismo) e do estilo de vida do indivíduo, então identificado como um cossaco russo do início do século 19.

Interpretações tão díspares decorriam, em parte, da dificuldade de se estabelecerem critérios para demarcar os limites da variabilidade intra-específica a partir de esqueletos incompletos e fragmentos



Concepção artística de um grupo de neandertais, espécie do gênero *Homo* extinta há cerca de 30 mil anos

ósseos. Todavia, os debates entre darwinistas e antidarwinistas que permearam o período também seriam responsáveis pela variedade de opiniões.

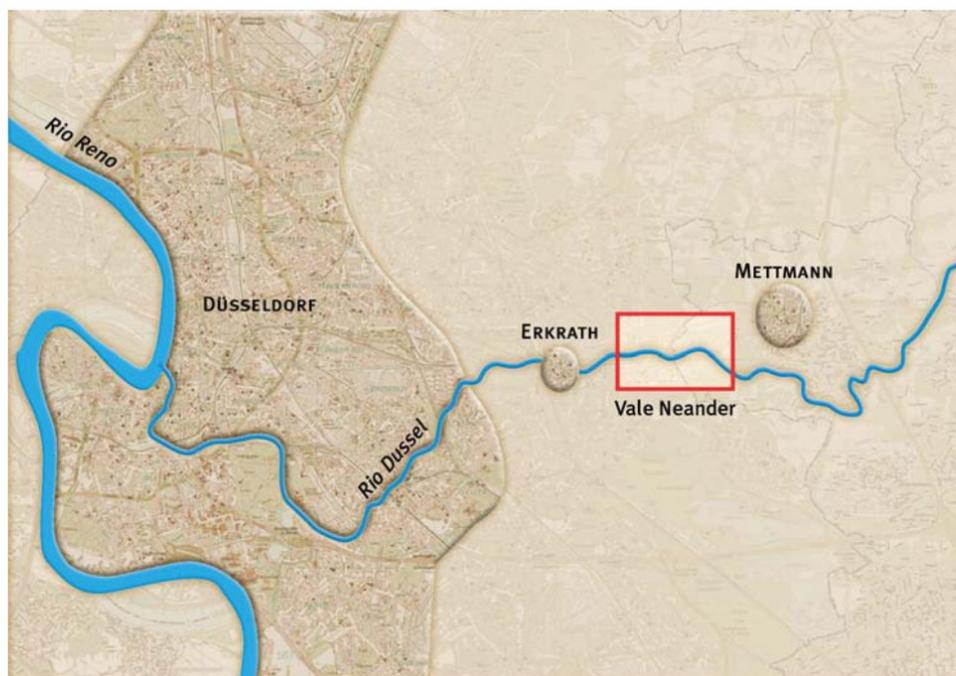
Talvez sob essa influência tenha sido reafirmada, na década seguinte, pelo médico e antropólogo alemão Rudolf Virchow (1821-1902), a hipótese de que a estranha morfologia do indivíduo recuperado no vale Neander não seria mais que o resultado de alterações patológicas em um humano moderno. Contrário às idéias de Darwin, Virchow se opunha vigorosamente à interpretação evolucionista desse e de outros achados fósseis de sua época. Um argumento também utilizado pelo pesquisador foi a idade avançada do indivíduo (estimada a partir do grau de fechamento das suturas cranianas), considerando que tal longevidade não poderia ser alcançada em sociedades ditas 'primitivas'; o espécime não teria grande antigüidade. O peso da opinião de Virchow foi tão acentuado que a questão só pôde ser reavaliada após a recuperação de outros espécimes.

A descoberta, em 1886, de dois esqueletos na caverna de Spy, Bélgica, associados a artefatos lí-

Vale Neander (Neandertal), região da Alemanha próxima à cidade de Düsseldorf onde, em 1856, foram encontrados ossos do *Homo neanderthalensis*

dos neandertais ocorreria com a descoberta de um esqueleto parcial recuperado na caverna La Chapelle-aux-Saints, França, em 1908. A análise desse espécime, feita pelo paleontólogo francês Marcellin Boule (1861-1942), indicava um ser de pouca inteligência, de corpo curvado, que deveria ser entendido como representante de um ramo colateral dos humanos. Ironicamente, parte das interpretações estava equivocada porque não foram percebidos sinais patológicos evidentes nesse espécime.

As idéias de Boule quanto ao parentesco da espé-



cie foram reforçadas pela descoberta, em 1912, do homem de Piltdown (ver 'Algo de podre no reino da Inglaterra', em *CH* n° 206). Uma das maiores fraudes do meio acadêmico do século 20 (só desmascarada na década de 1950), o homem de Piltdown passou a ser considerado o ancestral direto dos humanos modernos, relegando o interesse pelos neandertais a segundo plano. Sustentando essa perspectiva estava a teoria do 'pré-*sapiens*', que postulava o surgimento de uma morfologia moderna em época mais recuada e o desenvolvimento paralelo de morfologias mais arcaicas posteriormente extintas, das quais os neandertais seriam os representantes.

Havia, é claro, os que discordavam dessa interpretação, como o antropólogo checo Ales Hrdlicka (1869-1943), que sustentava, ao final da década de 1920, uma relação de continuidade entre neandertais e humanos, sendo os primeiros um estágio no processo evolutivo que culminou em nossa espécie.

Entretanto, só a partir dos anos 40 a hipótese de relação de ancestralidade entre neandertais e humanos começou a ganhar força novamente. À descoberta de novos fósseis seguiu-se a proposição de diferentes modelos na tentativa de ordenar o conjunto de dados produzidos até então.

A discussão sobre o *status* do *H. neanderthalensis* continuou ao longo da segunda metade do século 20. Durante boa parte desse período prevaleceu a hipótese de ancestralidade dos neandertais em relação

aos humanos modernos, posição que revelava uma percepção unilinear do processo evolutivo humano. Tal perspectiva começou a ser questionada a partir da década de 1970 por achados que demonstravam maior diversidade de espécies hominíneas ancestrais e pela hipótese conhecida como 'Out of África' ('Fora da África'), que postulava origem única para os humanos modernos e sua posterior dispersão pelo globo. Essa hipótese é aceita hoje pela maior parte da comunidade científica.

Novas descobertas recuando no tempo a presença de hominíneos na Europa (como em Gran Dolina, Espanha), o desenvolvimento de estudos em DNA antigo e a reavaliação de vários fósseis, entre outros fatos, vêm fornecendo um corpo de dados sólido que não mais permite considerar o neandertal como um ancestral humano. Tais dados sugerem que a espécie teria sido o resultado de um longo processo evolutivo, iniciado há pelo menos 800 mil anos, quando os primeiros representantes do gênero *Homo* chegaram ao interior da Europa. Embora tenhamos avançado no entendimento de real posição, ainda há muito o que descobrir sobre essa espécie tão próxima da nossa e sobre os fatores que culminaram em sua extinção há cerca de 30 mil anos.

Claudia Rodrigues-Carvalho

Museu Nacional,

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Einstein

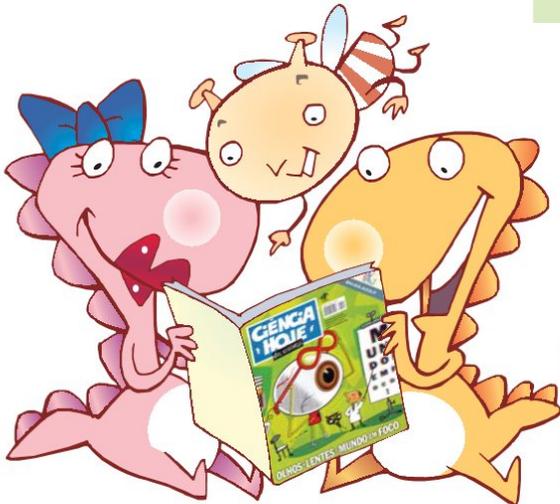
Pasteur

Da Vinci

Sabin

Galileu

Newton



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

ASSINE

0800-7278999

www.ciencia.org.br

Uma biologia autônoma

Biologia, ciência única

Ernst Mayr

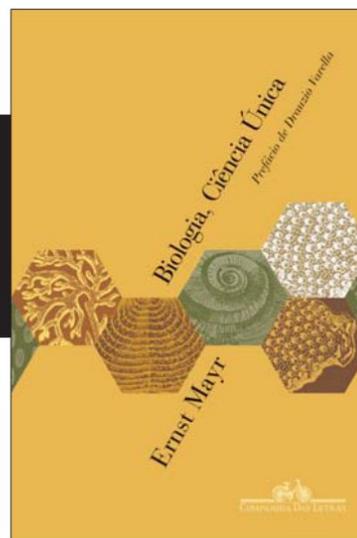
São Paulo, Cia. das Letras, 272 p., R\$ 43

Desde a publicação, em 1859, de *A origem das espécies*, do naturalista inglês Charles Darwin (1809-1882), não foram escritos muitos livros importantes que apresentem uma visão abrangente sobre a evolução. Esta coleção de ensaios, de autoria do evolucionista alemão Ernst Mayr (1904-2005), é um desses raros livros.

Há certa similaridade, em abrangência, entre *A origem das espécies* e o livro de Mayr. Apesar dela, os autores adotam estilos de argumentação totalmente distintos. O cauteloso Darwin, no transcurso de sua obra, que chamou de “um longo argumento”, prefere que fiquem claras de antemão as limitações teóricas ou empíricas de sua teoria, para em seguida apresentar aos leitores os pontos positivos que a fortalecem. Não menos cuidadoso em sua argumentação, Mayr é direto e de prosa vigorosa. Refuta sem rodeios os numerosos equívocos, inclusive os seus, que foram se acumulando durante o desenvolvimento histórico da biologia evolutiva. Apresenta, de forma cristalina, não apenas os reais avanços da disciplina, mas também os problemas essenciais sobre os quais os biólogos evolutivos devem se debruçar.

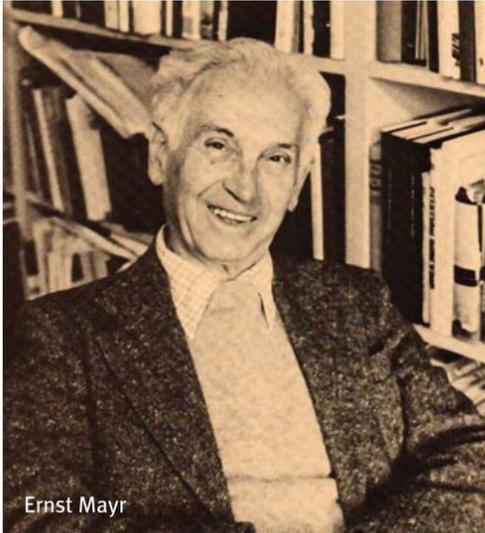
A princípio, esse estilo direto poderia sugerir certa postura típica dos que ‘argumentam com autoridade’. Todavia, não há quem possa negar a esse autor um lugar de destaque na galeria dos grandes biólogos de todos os tempos, fundamentado pela publicação de 25 livros e numerosos trabalhos científicos. Entre os livros estão vários que abordam a filosofia da biologia, como o abrangente *O desenvolvimento do pensamento biológico*, publicado em 1982, quando Mayr tinha 78 anos. Não apenas em virtude de sua copiosa obra, e mesmo concordando-se ou não com as suas idéias e concepções, Mayr deve ser lido atentamente por se tratar de um dos grandes pensadores biológicos do século 20.

Diferentemente de outros biólogos, também de grande importância – como os britânicos Thomas Huxley (1825-1895), Ronald Fisher (1890-1962), William D. Hamilton (1936-2000), e John Maynard Smith (1920-2004), o russo Theodozios Dobzhansky (1900-1975), o indo-britânico John B. S. Haldane (1892-1964), e os norte-americanos George L. Stebbins (1906-2000), Sewall G. Wright (1889-1988), George Gaylord Simpson (1902-1984) e Ste-



phen Jay Gould (1941-2002) – além de participar ativamente da construção da síntese evolutiva atualmente em vigência, Mayr atingiu com rara lucidez uma expressiva longevidade que lhe permitiu lançar um olhar crítico privilegiado sobre o estado da arte na biologia evolutiva. Contudo, esse olhar crítico não se dirige apenas à estrutura teórica e empírica da disciplina, mas também à história e natureza do conhecimento científico elaborado pelos biólogos. Suas análises históricas e epistemológicas da biologia são ingredientes especiais de sua ampla contribuição ao desenvolvimento científico dessa ciência, pois ajudam a entender por que a biologia evolutiva deve ser considerada uma ciência autônoma e prescindir totalmente da física para explicar fenômenos específicos dos seres vivos.

Muito embora Darwin se referisse à evolução como “minha teoria da evolução”, Mayr reconhece cinco teorias distintas dentro de um arcabouço que designa



Ernst Mayr

“paradigma evolutivo”: (1) teoria da evolução em si; (2) teoria da descendência comum; (3) teoria do gradualismo; (4) teoria da especiação e (5) teoria de evolução por seleção natural. Para fundamentar sua hipótese de que essas teorias são independentes entre si, o autor elaborou uma tabela na qual registra a aceitação diferencial de cada uma das quatro teorias por evolucionistas dos séculos 19 e 20. A teoria da evolução em si é omitida da tabela, pois obviamente só quem se intitulasse evolucionista poderia aceitá-la. Entre os biólogos relacionados, o francês Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829), por exemplo, admitia apenas o gradualismo na evolução; Huxley, o ‘bulldog’ de Darwin, aceitava apenas a teoria de descendência comum, mas, curiosamente, embora em público defendesse a seleção natural, reservadamente a refutava. Uma atitude paradoxal de um grande cientista que mereceria análise nos âmbitos da sociologia e psicologia da ciência.

As discussões críticas que apresenta sobre essencialismo e teleologia na biologia deixam bem claro que ambos perderam o lugar que ocupavam de crenças científicas subjacentes à evolução. A abordagem populacional (*population thinking*), fundamen-

tada na generalização de que cada indivíduo em uma população de bactérias, mamíferos ou jatobás é distinto dos demais, remove qualquer ilusão de que o essencialismo ou pensamento tipológico tenha lugar na interpretação da dinâmica do mundo vivo.

Após a elaboração da teoria de seleção natural por Darwin e pelo naturalista britânico Alfred Russel Wallace (1823-1913) – à qual Mayr também se refere como “princípio de seleção natural”, e a meu ver causa confusão, pois também se refere à seleção natural como uma teoria – esta foi interpretada como sendo teleológica tanto por concordantes quanto por discordantes da proposição. Porém, em palavras do próprio Mayr: “A seleção natural lida com propriedades de indivíduos de uma dada geração; simplesmente ela não tem qualquer objetivo em longo prazo, mesmo que isso possa parecer evidente a quem olhe retrospectivamente uma série de gerações.”

No ensaio sobre o que chama de *species problem* (problema da caracterização de espécies), Mayr defende a definição biológica de espécie como a mais adequada, mas aplicável somente a espécies que se reproduzem exclusivamente de modo sexuado, pois a definição para populações que se reproduzem assexuadamente ignora a característica básica do conceito de ‘proteção da integridade do genoma’. As demais definições de espécies são refutadas, incluindo a definição ecológica de espécie do biólogo norte-americano Leigh van Valen (1935-), que defende que uma espécie ocupa um nicho ecológico singular. Convenhamos, essa é uma situação com a qual os próprios ecólogos têm muitas dificuldades em lidar. Para Mayr, essa definição não funciona porque populações locais de quase todas as espécies, que se distribuem amplamente, diferem quanto à sua ocu-

pação de nicho. Uma definição ecológica de espécie exigiria que cada uma dessas populações fosse considerada de uma espécie diferente, mesmo que elas não o sejam.

A respeito da especiação, Mayr aponta três razões pelas quais o tema ainda permanece um problema não resolvido. Em primeiro lugar, como é usual na pesquisa evolutiva, os evolucionistas analisam os resultados de processos evolutivos pretéritos e por isso são obrigados a obter suas conclusões por inferência. Em consequência disso, há as tão bem conhecidas dificuldades, típicas das reconstruções de seqüências históricas. A segunda razão é a de que, apesar dos notáveis avanços produzidos pela genética, ainda persiste uma ampla ignorância sobre o que acontece geneticamente durante a especiação. Por último, torna-se cada vez mais evidente que diferentes mecanismos genéticos estão envolvidos na especiação de diferentes tipos de organismos.

Finalmente, por que a biologia deve ser considerada uma ciência autônoma? Embora Mayr reconheça a validade para a biologia de certas leis físicas, quando se analisam fenômenos atômicos e moleculares, que ocorrem em níveis de organização individual ou celular (por exemplo, fisiologia, biofísica ou bioquímica) ou até ecossistêmica (fluxo de energia), não há lei alguma na física que ajude a compreender a evolução. Portanto, as interpretações de fenômenos em nível evolutivo prescindem totalmente da física. E se concordarmos parcialmente com a célebre frase de Dobzhansky “nada faz sentido em biologia a não ser à luz da evolução”, a física não faz nenhum sentido para a compreensão dos fenômenos evolutivos.

A biologia evolutiva não se baseia em leis, embora a seleção natural possa ter um ‘status epis-

temológico' de lei, mas se fundamenta principalmente em conceitos. Abrange uma variabilidade inexistente no mundo físico: embora cada átomo que constitui um organismo seja igual aos demais, cada ser vivo difere dos demais em características que são específicas do mundo vivo. Por esse motivo torna-se difícil a elaboração de leis que captem essa ampla variabilidade. Enfim, a biologia evolutiva é uma ciência histórica que se expressa por meio de narrativas, algumas bastante atraentes, mesmo que suas reconstruções sejam conceitualmente problemáticas.

A biologia evolutiva é uma ciência autônoma que trata da complexidade própria dos seres vivos que evoluíram a partir de uma origem comum e se diversificaram gradualmente, por meio da especiação, em criaturas adaptadas, por intermédio da seleção natural, a condições ecológicas variáveis.

Este livro deve ser leitura obrigatória para todo biólogo e demais interessados em história e filosofia da biologia. A leitura de suas páginas certamente levantará a auto-estima dos biólogos, em especial daqueles que aceitam, sem criticar, opiniões errôneas de certos cientistas e filósofos que afirmam ser a biologia uma ciência de estatura inferior à física. A biologia evolutiva é tão importante quanto a física. Afinal, o que interessa mesmo é a ampliação do conhecimento sobre a natureza. Qualquer ciência autônoma que de fato contribua para isso deverá ter o seu lugar reconhecido.

Rogério Parentoni Martins
Departamento de Biologia Geral,
Universidade Federal
de Minas Gerais

Água: oito milhões de mortos por ano – Um escândalo mundial

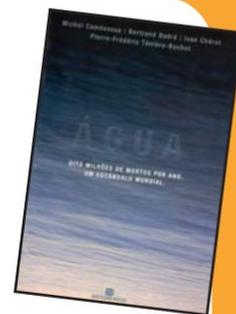
Michel Camdessus, Bertrand Badré, Ivan Chéret, Pierre-Frédéric Ténière-Buchot e outros)

Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 271 pp., R\$ 41,90

Um dos grandes problemas a serem resolvidos no século 21 chama-se água. Este livro contém muitas informações sobre distribuição e uso da água no mundo, apresentadas com algum rigor científico, mas não muito. Os autores são economistas e engenheiros. O livro é importante, sobretudo pelas informações sobre os planos e projetos realizados em nível mundial para resolver ou minorar o problema da falta de água em grandes áreas do nosso planeta. Fica claro que há muitas áreas onde historicamente havia pouca água e poucas pessoas. Nessas áreas, face ao crescimento demográfico dos últimos anos, continua havendo pouca água, mas com um número muito maior de habitantes. Trata-se de obra muito informativa, pois contém dados sobre as discussões e propostas de organismos internacionais, como a Organização das Nações Unidas (ONU).

Ricardo Iglesias Rios

Instituto de Biologia,
Universidade Federal do Rio de Janeiro



Novas janelas para o universo

Maria Cristina B. Abdalla e Thyrso Villela Neto

São Paulo, ed. Unesp, 116 p., R\$ 15

Por lidar com objetos de estudo de grande beleza e muito distantes da Terra, a astronomia às vezes é considerada uma ciência romântica, sem aplicações práticas. Porém, o livro *Novas janelas para o universo* mostra que, ao procurar entender e conhecer o ainda misterioso cosmo que nos cerca, o ser humano já desenvolveu muitas tecnologias e observou muitos fenômenos hoje extremamente úteis em várias áreas do conhecimento e atividades do dia-a-dia. A telefonia celular, as aplicações na medicina dos raios X e gama, o laser e os estudos com fusão nuclear, que pode ser a fonte de uma energia limpa e inesgotável para a humanidade no futuro, são exemplos da aplicação prática e imediata das pesquisas astronômicas. Além de bela, a astronomia é, sim, muito útil à humanidade.



Multidão: guerra e democracia na era do Império

Michael Hardt e Antonio Negri

Rio de Janeiro, Record, 532 pp., R\$ 62,90

Neste livro, Hardt e Negri (também autores de *Império*, uma visão abrangente sobre a nova ordem mundial globalizada) mostram como pode surgir, no mundo atual, uma experiência original: uma nova democracia. Segundo os autores, os fracassos do projeto imperial norte-americano só causam mais conflitos e instabilidade. Nesse contexto, a única alternativa dos ricos e poderosos para preservar seus interesses e manter a 'ordem global' seria estabelecer uma ampla colaboração entre as potências dominantes, uma 'paz' que, na verdade, só agravaria o estado de violência atual. No entanto, a associação de bilhões de pessoas conectadas pelas redes de computadores – a 'multidão' do título – pode dar a elas um imenso poder de resistência, capaz de forjar uma opção democrática à atual ordem mundial.



Belo Monte I

Em respeito à lisura e legitimidade dos estudos por nós realizados, técnicos do setor elétrico e da Eletronorte, gostaria de tecer alguns comentários acerca do artigo publicado na edição de abril de 2006 da revista *Ciência Hoje*, denominado ‘Belo Monte – energia e polêmica na Amazônia’.

Conforme exigência da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), os estudos de viabilidade de Belo Monte foram elaborados de acordo com o documento ‘Instruções para Estudos de Viabilidade de Aproveitamentos Hidrelétricos – Eletrobrás/DNAEE, abril/1997’, que define os critérios e metodologias para o dimensionamento energético de usinas hidrelétricas. Este documento descreve como “sistema de referência” a configuração do sistema de geração ao qual o empreendimento deverá ser integrado, e em relação ao qual serão medidos os seus benefícios energéticos.

Belo Monte foi concebido para ser integrado ao Sistema Interligado Nacional (SIN), e os estudos desenvolvidos pela Eletronorte consideram o SIN como o sistema de referência para efeito de quantificação dos benefícios energéticos.

A tese de doutorado do Dr. Marcelo Cicogna, da Unicamp, no qual se baseou o artigo ‘Belo Monte – ener-

gia e polêmica na Amazônia’, considerou Belo Monte integrado a um sistema isolado do rio Xingu. Esse equívoco desqualifica o estudo feito pela Unicamp, pois não é concebível dimensionar uma usina de 11.181,3 MW para ser integrada a um sistema isolado, pois essa potência é cinco vezes maior que o somatório de toda a carga dos 320 sistemas isolados brasileiros. Além disso, o estudo da Unicamp apresenta outros equívocos, tais como:

- Os dados utilizados de Belo Monte são referentes a 1998, ou seja, do projeto antigo da usina. O novo projeto, que está em análise na ANEEL, só foi concluído em fevereiro de 2002 e apresenta diferenças significativas em relação ao anterior.

- O conceito de ‘energia firme’ de usina hidrelétrica empregado não está de acordo com o definido em documentos oficiais do Ministério de Minas e Energia e do Operador Nacional do Sistema Elétrico (NOS) e utilizado há vários anos pelo setor elétrico brasileiro.

- O estudo considera aproveitamentos hidrelétricos da bacia do rio Xingu (Jarina, Kokraimoro, Ipixuna, Altamira e Iriri) há muito não utilizados nos estudos do setor elétrico brasileiro, por apresentarem impactos ambientais significativos. Atualmente é inconcebível considerá-los em

qualquer estudo de planejamento energético, devido à caducidade dos estudos anteriores, realizados na década de 1970.

Em correspondência a nós enviada e que ora encaminhamos a essa conceituada revista, o Dr. Marcelo Cicogna relata que os artigos publicados na *Ciência Hoje* foram veiculados sem a sua autorização. Segundo o pesquisador, os resultados de energia firme por ele obtidos são apenas ilustrativos e não deveriam ser considerados como valores definitivos.

Finalmente, ressalto que a Eletronorte e a Eletrobrás sempre primaram pela excelência e retidão na elaboração de seus projetos. Jamais fizemos ou faremos qualquer estudo com o intuito de ludibriar a sociedade brasileira.

PAULO CESAR MAGALHÃES
DOMINGUES
GERENTE DE PLANEJAMENTO
ENERGÉTICO, ELETRONORTE
BRASÍLIA, DF

Belo Monte II

Em função da interpretação de resultados extraídos de minha tese de doutorado e correspondente publicação em artigo da edição de abril de 2006 da revista *Ciência Hoje*, denominado ‘Belo Monte – energia e polêmica na Amazônia’, gostaria de esclarecer que o cálculo de energia firme de Belo Monte feito na minha tese com o uso do simulador HydroSim_LP considerou a usina operando de forma isolada e teve por objetivo somente ilustrar a potencialidade do simulador. Esse cálculo fornece resultado bastante diferente quando se considera a usina operando em conjunto com o Sistema Interligado Nacional, contexto no qual se baseia o cálculo de energia firme para efeito de avaliação do benefício energético das usinas hidrelétricas.

MARCELO AUGUSTO CICOGNA
CAMPINAS, SP

Belo Monte III

Sobre as questões relacionadas à hidrelétrica de Belo Monte e ao nosso estudo, gostaria de apresentar as

Correção

O autor do artigo ‘Thomas Bayes: o ‘cara!’ (CH nº 228), Sergio Danilo Pena, faz uma correção: “Há um erro de aritmética no cálculo da probabilidade de uma pessoa ter um câncer de mama após uma mamografia positiva. A tabela correta é a seguinte:

	TEM CÂNCER	NÃO TEM CÂNCER
Prob. <i>a priori</i>	0,01	0,99
Prob. condicional	0,8	0,096
Prob. conjunta	$0,01 \times 0,8 = 0,008$	$0,99 \times 0,096 = 0,095$
Normalização	$(0,008 + 0,0095 = 0,1030)$	
Prob. <i>a posteriori</i>	$0,008 / 0,1030 = 0,08$	$0,0095 / 0,1030 = 0,092$

O que a tabela correta indica é que o risco de ter o câncer de mama após a mamografia positiva é de apenas 8%, em vez de 46% como concluído no artigo! O fato de este erro ter passado despercebido por vários revisores não deixa de ser uma indicação a mais de quanto pouco intuitivo é o raciocínio bayesiano!”

considerações a seguir. O estudo tem três partes bem definidas: i) um diagnóstico prévio do setor elétrico brasileiro e do contexto do projeto do CHE Belo Monte; ii) uma análise de custos e benefícios do CHE Belo Monte com a inserção de algumas variáveis ambientais; e iii) uma análise de cenários do empreendimento, considerando situações distintas, incluindo a situação de geração estabelecida pela Eletronorte. O fato de termos considerado um período crítico diferenciado para um dos cenários (o mais pessimista) se baseia na informação errônea propagada pelos empreendedores de que “Belo Monte seria viável independente de qualquer outro projeto a montante no rio Xingu” e de que “seu custo de geração se resumiria a US\$ 12,4/MWh”, desconsiderando toda a infra-estrutura de conexão ao Sistema Interligado Nacional. Em resumo, o estudo abrange uma ampla gama de considerações sobre o modelo de geração por grandes usinas hidrelétricas (não deixando de reconhecer que, apesar de todos os problemas envolvidos, a geração hidrelétrica é uma opção interessante em algumas situações), além de apresentar sugestões para aumento da transparência e inserção de mecanismos de controle social para a tomada de decisões no setor. Portanto, seria interessante que as considerações finais do estudo fossem lidas com maior atenção. Acreditamos que elas sintetizam o teor do estudo realizado, uma vez que reforçam a necessidade de se analisar exaustivamente os custos socioambientais e o contexto dos investimentos em grandes obras de engenharia no país.

WILSON CABRAL DE SOUSA JÚNIOR
DIVISÃO DE ENGENHARIA
E INFRA-ESTRUTURA,
INSTITUTO TECNOLÓGICO
DE AERONÁUTICA
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS, SP

Éster, e não ácido

Como químico, cabe-me corrigir a identificação como ácido, em nota sobre a preservação das esculturas

do Aleijadinho (CH 227, p. 56), do p-hidróxi-benzoato de etila. Na verdade, trata-se de um éster, obtido pela reação do p-hidróxi-benzóico, este sim um ácido, com o etanol (álcool etílico).

CLÓVIS CÉSPEDES GRANADOS
SÃO BERNARDO DO CAMPO, SP

✉ *O leitor está correto.*

O p-hidróxi-benzoato de etila (também chamado de etil-parabeno) é obtido pela esterificação do ácido p-hidróxi-benzóico.

Iaçá, não tracajá

Tenho uma pequena mas importante correção a ser feita no texto ‘Tartarugas sob ameaça’ (CH 228). É na figura 5 (p. 72): na verdade, trata-se de uma *Podocnemis sextuberculata*, mais conhecida como iaçá, que também é muito apreciada pela população ribeirinha, mas tem pequeno porte se comparada ao tracajá.

ALEXANDRE KEMENES
MANAUS, AM

CH e CNPq

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

CAROLINA FERNANDES REIS
POR CORREIO ELETRÔNICO

O tamanho da Lua

Foi com a maior surpresa que li a resposta dada pela CH (nº 225) à pergunta do leitor João Vieira (“Por que em algumas noites a Lua aparece no céu, grande e colorida e depois fica pequena e branca?”). Ao atribuir o fenômeno a uma “ilusão de ótica”, explicando que se trata de uma questão de referência (a objetos terrestres), o autor da resposta comete um erro crasso! Basta observarmos a Lua por um tubo cilíndrico oco (isolando-a do entorno), para constatar que ela ainda aparece maior no horizonte do que aparece quando está ‘mais alta’ no céu... De fato, nada pa-

rece haver de misterioso nesse fenômeno: trata-se do ‘efeito lente’ provocado pela curvatura da atmosfera, ‘acumulada’ (digamos) em uma camada mais espessa justamente quanto mais próximo ao horizonte estiver o astro observado (seja ele a Lua ou o Sol). Sugiro que a CH proceda à correção devida.

ALFREDO VEIGA-NETO.
PORTO ALEGRE, RS

✉ *A resposta publicada pela CH está correta.*

Como ela informa, basta fotografar a Lua nas duas posições (perto do horizonte e no zênite) para verificar, nas imagens, que o tamanho é o mesmo. Se o tamanho for medido com instrumentos ópticos de alta precisão é possível verificar que

na verdade o tamanho é ligeiramente menor no horizonte, ao contrário do que percebemos! A resposta não atribui a ilusão a uma questão de referência: diz apenas que essa explicação “é bem aceita”, mas na verdade “não está completa”.

Não há consenso entre os cientistas sobre o que provoca essa ilusão, mas a hipótese mais provável está na maneira como o nosso cérebro processa as imagens. A questão é tratada detalhadamente em várias páginas na internet (to-campos.planetaclix.pt/astron/lua/lua.htm e também www.ceticismoaberto.com/ciencia/ilusaolua.htm, por exemplo).



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

CORREIO ELETRÔNICO:
cienciahoje@cienciahoje.org.br

CARTAS À REDAÇÃO

Crise do petróleo

Marco Moriconi

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



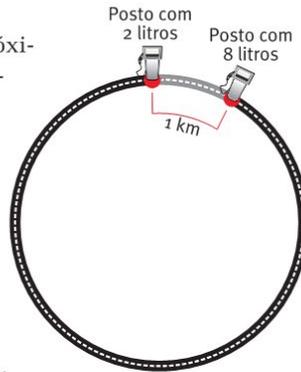
Hoje, muitos se preocupam com a próxima crise do petróleo, embora ninguém saiba exatamente quando ela vai acontecer e quais serão suas consequências. Mas uma coisa é certa: vai ocorrer! E um dos principais problemas será a falta de gasolina (Há, claro, outras maneiras de faltar gasolina; uma delas é quando o motorista esquece de abastecer o tanque, e o próximo posto fica longe...).

Este mês, imaginaremos um mundo mais simples, onde há apenas uma pista circular (ou seja, nunca ocorrem engarrafamentos, e ninguém nunca se perde!) Nela, há um número arbitrário de postos de gasolina em posições igualmente arbitrárias, e a única coisa que se sabe (e isso é uma imposição do problema) é que a quantidade total de gasolina em todos os postos é suficiente para se dar uma volta completa na pista. O motorista (no caso, você, leitor) sabe o número de postos, a localização de cada um deles, quanta gasolina tem em cada posto e que o total de combustível é exatamente o necessário para se dar uma volta completa. Inicialmente, o tanque está vazio.

O problema deste mês é: podemos escolher um posto de modo que, partindo dele, seremos (estou de carona) capazes de dar uma volta completa na pista?

Note a dificuldade do problema: um dos postos pode ter só uma gotinha de gasolina... e o próximo pode estar muito longe!

Começemos com um exemplo simples, porém instrutivo.



Suponha que a pista tenha 10 km, que o carro ande 1 km por litro (não é muito eficiente...) e que tenhamos só dois postos, um com 2 litros e outro com 8 litros. Coloque os postos a uma distância de 1 km no sentido horário (figura). Digamos que você queira dar uma volta no sentido horário também. Que posto escolher? Nesse caso, é claro que você

tem de partir do posto com 2 litros, chegando ao outro com 1 litro no tanque,

que, somado aos 8 dele, permite completar uma volta. Mas, para rodarmos no sentido anti-horário, teríamos que partir do posto com 8 litros, chegando ao outro com 7 no tanque. Esses 7, somados aos 2 do outro posto, permitiriam completar a volta. Então, nesse caso específico, nosso problema está resolvido. E no geral?

O princípio para a solução geral está nesse caso simples. Primeiro, vamos mostrar que é sempre possível escolher um posto com gasolina suficiente para chegar ao seguinte. Isso tem de ser verdade, porque, se não fosse, a gasolina do primeiro posto não seria suficiente para ir até o segundo; e do segundo não seria suficiente para ir até o terceiro, e assim por diante; ou seja, a gasolina total não seria suficiente para dar uma volta completa!

Então concluímos que existe um posto com gasolina para chegar até o seguinte. Como a gasolina dele é suficiente para ir até o próximo, podemos pensar em 'uma pista com um posto a menos', juntando a gasolina desses dois postos em um só (nos exemplos acima, podemos reduzir a situação com dois postos àquela com apenas um). A pista com N-1 postos ainda continuará tendo gasolina para se dar uma volta.

A nova pista (N-1 postos) também terá pelo menos um posto cuja gasolina nos permitirá ir até o seguinte. Podemos, portanto, transformá-la em uma pista com N-2 postos. E assim por diante. Com isso, podemos reduzir um problema com N postos àquela em que há nela apenas um posto, e este sempre terá gasolina suficiente para se dar uma volta.

Nosso problema está resolvido!

DESAFIO

A solução desse problema usou um método 'da frente para trás' (N, N-1, N-2...). Você conseguiria resolvê-lo ao contrário, ou seja, mostrar que, se ele vale para N postos, também valerá para N+1, N+2 e assim por diante?

SOLUÇÃO DO DESAFIO PASSADO

Escolha uma pessoa qualquer, chame-a de 1. Agora, trace as linhas dela para as outras 16, usando as três cores à disposição. Devemos ter pelo menos seis pessoas unidas a 1 (desafio: por quê?) por linhas da mesma cor (azul, por exemplo). Se duas delas estiverem unidas por azul, então está feito o triângulo azul (formado por elas duas mais a pessoa 1). Portanto, essas seis pessoas só podem estar unidas por linhas de duas cores. Mas esse é exatamente o problema da coluna passada, e, sendo assim, existirá um triângulo da mesma cor.