

REVISTA DE
DIVULGAÇÃO
CIENTÍFICA
DA SBPC

245

INSTITUTO
Ch
CIÊNCIA HOJE



SB
PC

VOL. 41
JANEIRO/
FEVEREIRO
2008
R\$ 8,90

RAIOS CÔSMICOS

Revelada origem de partículas
de altíssimas energias

DOENÇAS DO PASSADO

Conquista e novos hábitos
podem ter agravado infecções
parasitárias nas Américas

TRANSPORTE 'CLANDESTINO'

Navegação interna leva
espécies exóticas para toda
a costa brasileira

Hidrelétricas

O IMPACTO NO AQUECIMENTO GLOBAL

Um pacto pela educação

A percepção que temos do país é, com frequência, afetada e conduzida pela elaboração e difusão de índices diversos, que pretendem apontar a posição do Brasil no contexto internacional. Nos momentos finais de 2007, por exemplo, fomos brindados com a notícia de que o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) do país passara a ocupar a 70ª posição na escala mundial (antes andávamos pelo 73º lugar). Faça-nos que nos incluiu na última posição entre os países de alto desenvolvimento humano. Por mais que reflitam movimentos e mudanças em curso na sociedade brasileira, tais indicadores nem sempre são perceptíveis a olho nu. Na verdade, o efeito psicológico que produzem – por vezes desproporcional aos centésimos ou milésimos nos seus marcadores – colapsa diante da reiteração e do agravamento de mazelas, estas sim, altamente visíveis.

Para além da abstração de alguns índices, outros têm a propriedade de revelar a presença de fenômenos com forte impacto na configuração real e imediata do país. Entre os mais preocupantes encontram-se os que incidem sobre o domínio da educação fundamental e média. Pesquisa recente, feita pelo Instituto Ayrton Senna, por exemplo, detectou entre alunos do ensino fundamental – de 2ª a 5ª séries – a presença de 12% de analfabetos. Perfil ainda mais dramático foi revelado pelo Programa de Alfabetização na Idade Certa, no Ceará. Dos cerca de 130 mil alunos da segunda série do ensino fundamental avaliados, apenas 12,5% sabem escrever um texto. Maioria tristemente esmagadora (67%) é capaz, tão-somente, de identificar letras.

Há quem diga que são exemplos extremos. O que não se pode negar é que sejam reais e que tenham maior densidade existencial do que a abstração de médias estatísticas. O fato é que o espectro da baixa qualidade da educação fundamental e média ronda-nos de forma insistente e indesculpavelmente não resolvida. É verdade que a quase totalidade dos brasileiros entre sete e 14 anos, de algum modo, está na escola. A sensação de universalidade, porém, é mitigada pelos altos níveis de repetência, pelo escasso tempo diário ocupado pela escola e pela própria baixa escolaridade agregada dos alunos. Brasileiros acima dos 15 anos de idade têm, em média, 4,9 anos de escolaridade. Os níveis para a Argentina e o México são, respectivamente, de 8,8 e 7,2 anos.

O impacto desse quadro sobre a capacitação científica dos estudantes brasileiros é inequívoco. A cada três anos, estudantes de um conjunto expressivo de países são submetidos a um programa de avaliação, que visa atestar a qualidade de sua formação nos domínios da matemática, das ciências e da capacidade de leitura. Coordenado pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD), o Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (Pisa) invariavelmente tem encontrado o Brasil em suas últimas posições. O analfabetismo científico, resultante desse quadro maior, está a exigir políticas permanentes de Estado – e não programas eventuais de governo – capazes de garantir por prazos longos e de forma sistemática a elevação do gasto com educação, melhorias salariais significativas e fortalecimento da capacitação dos professores, escola pública em tempo integral e programas permanentes de divulgação e educação científicas.

Um pacto republicano pela educação pública do país poderia ter nessas metas um programa mínimo. Seus efeitos mais globais poderão ser recolhidos no médio prazo, ainda que alguns possam se fazer sentir de forma imediata. A despeito da possível demora dos resultados, uma certeza pode ser adiantada: o desenho de país que resultará dessa reorientação de nossos hábitos usuais é superior ao que ordinariamente experimentamos.

Renato Lessa

Diretor Presidente do Instituto Ciência Hoje

INSTITUTO CIÊNCIA HOJE • Organização Social de Interesse Público da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência. O Instituto tem sob sua responsabilidade a publicação das revistas *Ciência Hoje* e *Ciência Hoje das Crianças*, *CH on-line* (internet), *Ciência Hoje na Escola* (volumes temáticos). Mantém intercâmbio com a revista *Ciencia Hoy* (Corrientes 2835, Cuerpo A, 5º A, 1193, Buenos Aires, Argentina, tels.: 005411. 4961-1824/4962-1330) e conta com o apoio do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF/CNPq), do Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC/CNPq) e da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). **ISSN:** 0101-8515

DIRETORIA

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

CIÊNCIA HOJE • SBPC

Editores Científicos • Ciências Sociais – Maria Alice Rezende de Carvalho (IUPERJ) • Ciências Ambientais – Jean Remy Guimarães (Instituto de Biofísica/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 Ivanissevich; **Editora Assistente** • Sheila Kaplan; **Editor de Forma e Linguagem** • Cássio Leite Vieira; **Editor de Texto** • Ricardo Menandro; **Setor Internacional** • Cássio Leite Vieira; **Repórteres** • Fred Furtado, Mariana Ferraz e Rachel Rimas; **Colaboraram neste número** • Henrique Kugler, Jaime Gesisky e Maristela Garmes; **Revisoras** • Elisa Sankuevitz e Maria Zilma Barbosa; **Secretária** • Theresa Coelho

ARTE • Ampersand Comunicação Gráfica S/C Ltda.
Diretora de Arte • Claudia Fleury; **Programação Visual** • Carlos Henrique Viviane e Raquel P. Teixeira; **Computação Gráfica** • Luiz Baltar; (ampersand@ampersanddesign.com.br)

SUCURSAIS

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

PROJETOS EDUCACIONAIS E COMERCIAL • Superintendente • Ricardo Madeira; • **Publicidade** • Sandra Soares; **Projetos educacionais** • Clarissa Akemi. End.: Rua Berta, 60 - Vila Mariana, CEP 04120-040, São Paulo, SP. Telefax: (0xx11) 3539-2000 (cienciasp@cienciahoje.org.br). **Circulação e assinatura** • Gerente • Andréia Marques. Telefax: (0xx21) 2109-8959 (amarques@cienciahoje.org.br)

REPRESENTAÇÕES

SALVADOR • Coordenador Científico • Caio Mário Castro de Castilho (UFBA) (caio@ufba.br). End.: Instituto de Física/UFBA, Campus da Federação, SSA, CEP 40210-340, Salvador, BA. Tel.: (0xx71) 3263-6660. Fax: (0xx71) 3263-6606

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 • Ediouro Gráfica e Editora Ltda.

DISTRIBUIÇÃO • Fernando Chinaglia Distribuidora S/A

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



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

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

Apoio



ATENDIMENTO AO ASSINANTE E NÚMEROS AVULSOS
0800 727 8999

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

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

20 As hidrelétricas e o aquecimento global

O aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera, que leva ao aquecimento global, é hoje um grande problema. As usinas hidrelétricas também contribuem para isso, já que a matéria orgânica submersa em seus reservatórios pode emitir dois gases, metano e gás carbônico, envolvidos no problema.

Por **Alexandre Kemenes, Bruce Forsberg e John Melack**

26 Viajantes clandestinos

Em todo o mundo, os navios podem levar de porto em porto grande número de diferentes organismos aderidos a seus cascos.



As incrustações nos cascos dos navios geram prejuízos econômicos e ecológicos, inclusive no Brasil, como revelam estudos recentes.

Por **Fabio Mostacato Bastos e Ricardo Coutinho**

32 Pistas de infecções pré-históricas

Informações sobre as infecções parasitárias que afligiam antigas populações, em diferentes locais, podem ajudar no conhecimento da história humana. A paleoparasitologia busca vestígios dessas doenças em corpos mumificados, restos orgânicos e até fezes fossilizadas.

Por **Bárbara B. Lopes de Andrade, Gabriella M. Vieira da Silva, Isabel Teixeira dos Santos, Priscilla Araújo da Silva e Tatiana Eustáquia Magalhães**





Capa: foto de Maurício Simonetti/
Pulsar Imagens



38 Astronomia de raios cósmicos: mistério revelado abre nova janela para o universo

De onde vêm os raios cósmicos ultra-energéticos, as partículas conhecidas de maior energia no universo? Essa pergunta, que intrigou os físicos nos últimos 100 anos, começou a ser respondida agora, com os resultados obtidos no Observatório Pierre Auger, projeto do qual participam cientistas brasileiros.

Por **João Torres de Mello Neto**

O LEITOR PERGUNTA

- 4 Como são feitos os colares e pulseiras luminescentes? O material em seu interior é tóxico?
- 4 É verdade que alguns peixes têm pulmão e podem viver fora da água?
- 5 Que movimentos da Terra afetam o clima, além da rotação e da translação?
- 5 Por que é mais difícil encontrar portadores da síndrome de Down em negros e descendentes?

ENTREVISTA

Susana Pérez Barrera Pérez

8 Inclusão para superdotados

Educadora defende apoio especial a crianças com inteligência diferenciada

MUNDO DE CIÊNCIA

12 Memória de chimpanzé

Macacos mostram grande capacidade de memorizar seqüências numéricas

A PROPÓSITO

19 Uma segunda chance

Mudanças climáticas podem levar a espécie humana à extinção

EM DIA

44 Uma imunização mais ampla

Encontro debate produção de vacinas para doenças negligenciadas

47 Perdas em família

Biodiversidade diminui em bloco se espécies aparentadas são extintas

48 Ciência jovem

Estudantes do Brasil e do mundo exibem seus projetos científicos

52 UTI para espécies migratórias

Cuidados especiais recuperam animais doentes que chegam ao litoral

54 Resgate de pingüins em Santos

Atividades humanas no mar prejudicam os pingüins-de-magalhães

56 Esperança nas aldeias xacriabás

Índios encontram soluções para problemas de poluição e falta d'água

58 Crime na academia

A ciência discute o crescimento das organizações criminosas no país

ENSAIO

62 Algo além do número de espécies

Presença de mais organismos torna os ecossistemas mais eficientes

OPINIÃO

65 Código de barras de DNA: o rabo que abana o cachorro

Idéia de usar seqüência genética para identificar espécies é problemática

PRIMEIRA LINHA

68 Paisagem urbana alienígena

Cientistas detalham predomínio de árvores exóticas no Rio de Janeiro

71 Nem tudo são flores no Pantanal

Plantas aquáticas pantaneiras criaram estratégias de sobrevivência

RESENHA

74 Uma lente para olhar o Brasil

Resenha do livro *D. Pedro II*, de José Murilo de Carvalho

MEMÓRIA

76 O reconhecimento da esquistossomose mansoni

A importante contribuição de Pirajá da Silva para a medicina mundial

79

CARTAS

QUAL O PROBLEMA?

80 Moedas

Como saber antecipadamente quem vencerá um jogo simples

? Como são feitos os colares e pulseiras luminescentes? O material em seu interior é tóxico?

JOÃO VIEIRA, POR CORREIO ELETRÔNICO

Os colares e pulseiras luminescentes, freqüentemente distribuídos em festas, usam uma reação química para produzir a luz. O tubo plástico contém em seu interior um agente fluorescente e uma substância chamada oxalato, dissolvidos em um líquido viscoso, como ftalatos orgânicos, e um capilar de vidro cheio de água oxigenada. Quando o tubo é entortado, rompe-se o capilar e a água oxigenada dispara uma reação química 'fria' entre estes materiais, em que a energia química é convertida em energia luminosa em vez de calor, como costuma acontecer nas reações de oxidação ou combustão. As reações em que a energia das ligações químicas é convertida em fótons são chamadas quimioluminescentes.

A cor da luz emitida pode variar do azul ao vermelho, dependendo do tipo de agente fluorescente usado. O difenilantraceno emite luz azul, o perileno luz verde, o rubreno luz alaranjada e a clorofila luz vermelha. A intensidade da luz e sua duração dependem da concentração das substâncias reagentes. Como um palito de fósforo, a luz se esgota quando todo o material estiver oxidado e, portanto, não pode ser reutilizada. Essa reação também é empregada em kits de iluminação de emergência e em pescaria comercial para atração de peixes.

Esses dispositivos luminosos, entretanto, podem criar sérios problemas ambientais e à saúde humana, pois tanto o produto da reação quanto o

agente fluorescente são alergênicos (podem desencadear alergia), citotóxicos e genotóxicos, ou seja, causam morte celular e alterações químicas do DNA, segundo pesquisas recentes. Os usuários, desinformados, e os barcos pesqueiros, irresponsavelmente, descartam essas 'lanternas químicas' usadas no lixo e nas praias. Urge a criação de legislação para proibir ou controlar a comercialização desses dispositivos, exigindo informação nos rótulos e meios para seu descarte.

Etelvino Bechara

Laboratório de Radicais Livres e Bioluminescência, Instituto de Química, Universidade de São Paulo



? É verdade que alguns peixes têm pulmão e podem viver fora da água?

DÉBORA SOUZA, RIO DE JANEIRO/RJ



Sim, é verdade. O grupo dos peixes com pulmão foi muito diversificado no passado evolutivo, mas atualmente existem apenas seis espécies, distribuídas pelo hemisfério Sul. Somente uma delas, a *Lepidosiren paradoxa*, vive nos rios brasileiros, nas bacias do Amazonas e do Prata. Ela pertence à família Lepidosirenidae e tem o nome popular de pirambóia (em tupi, *pirá* significa peixe e *mbóia*, cobra). Das espécies restantes, quatro vivem na África (família Protopteridae) e uma na Austrália (família Ceratodontidae).

Os peixes pulmonados são verdadeiros 'fósseis vivos', exemplos de como se deu a evolução da respiração aquática para a aérea. Nos períodos de seca, eles são expostos a águas com baixas concentrações de oxigênio ou a áreas nas quais os ambientes aquáticos praticamente secam. Em sua adaptação a essas condições, houve uma expansão do trato digestivo, que funciona como um pulmão. Este contém numerosas paredes muito finas e ricamente vascularizadas, nas quais o sangue circula e captura o oxigênio do ar atmosférico. A respiração aérea é obrigatória, mas o peixe pulmonado também tem brânquias como os demais peixes e depende da água para sobreviver, pois é nela que caça e se reproduz. Em épocas de seca extrema, a pirambóia fica enterrada em áreas de lama, aguardando a próxima estação chuvosa.

José Sabino

Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-graduação, Universidade para o Desenvolvimento do Estado e da Região do Pantanal (Uniderp) e Superintendência de Ciência e Tecnologia do Estado do Mato Grosso do Sul

? Que movimentos da Terra afetam o clima, além da rotação e da translação?

GILBERTO DANTAS, POR CORREIO ELETRÔNICO

A rotação da Terra em torno de seu eixo é responsável pelos ciclos de dia e noite, e a translação (movimento em uma órbita em volta do Sol) origina as estações do ano. Além desses movimentos, variações na inclinação e na orientação do eixo da Terra e no formato de sua órbita alteram a quantidade de calor incidente em diferentes locais. Tais variações, segundo teoria proposta no século 20 pelo físico e matemático sérvio Milutin Milankovich (1879-1958), afetariam o clima do planeta (em ciclos muito longos), já que a maior ou menor insolação em certos locais influenciaria fatores importantes como a circulação de ar na atmosfera, as correntes marinhas, o volume de gelo e outros.

O eixo de rotação da Terra é inclinado em relação ao plano de sua órbita, e essa inclinação (denominada 'obliquidade') varia com o tempo entre um mínimo de $21,5^\circ$ e um máximo de $24,5^\circ$. O período médio dessa variação é de 41 mil anos, e a inclinação atual é de $23,5^\circ$. Quando a inclinação é maior, como atualmente, os invernos são um pouco mais frios e os verões um pouco mais quentes.

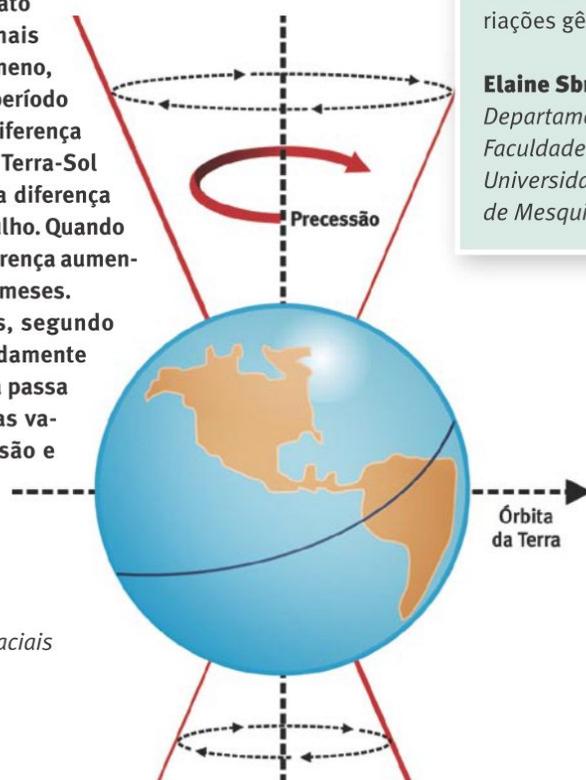
Esse eixo inclinado também descreve um lento giro em torno de um ponto no plano da órbita da Terra – um giro completo 'desenha' no espaço uma figura semelhante a dois cones opostos unidos pelas pontas. Esse movimento, denominado 'precessão', tem período médio de 23 mil anos e altera a insolação nos hemisférios: um deles recebe os raios solares em um ângulo menos inclinado e por isso fica mais quente que o outro. Atualmente, no hemisfério Sul, o verão começa em dezembro e o inverno em junho. Há cerca de 11,5 mil anos, o inverno começava em dezembro e o verão em junho, neste mesmo hemisfério.

A terceira variação é a do formato da órbita da Terra, que pode ser mais circular ou mais elíptica. Esse fenômeno, denominado 'excentricidade', tem período de 90 mil a 100 mil anos. Hoje, a diferença entre a maior e a menor distância Terra-Sol é de apenas 3%, o que implica uma diferença de 6% de insolação entre janeiro e julho. Quando a órbita está mais elíptica, essa diferença aumenta para 20% a 30% entre esses dois meses.

As eras glaciais e interglaciais, segundo Milankovich, ocorreriam aproximadamente a cada 100 mil anos, quando a Terra passa por determinadas combinações das variações na obliquidade, na precessão e na excentricidade.

Gilvan Sampaio de Oliveira

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais



? Por que é mais difícil encontrar portadores da síndrome de Down em negros e descendentes?

JENNIFER RICHELLY, POR CORREIO ELETRÔNICO

Essa é uma questão freqüentemente formulada. Há quem diga que a síndrome de Down é menos freqüente em negros, mas, na verdade, a freqüência de pessoas com essa condição não varia com o grupo étnico. Caracterizada pela presença de um cromossomo 21 a mais, essa síndrome, cuja incidência é de 1 para 600 nascimentos, é mais freqüente em descendentes de mulheres com mais de 35 anos e em famílias que têm membros com síndrome de Down. Na maioria dos casos (mais de 95%), a síndrome resulta de erros na separação dos cromossomos durante o processo de formação dos gametas.

Todos os indivíduos com síndrome de Down precisam fazer o exame citogenético (cariótipo) para determinar o tipo de alteração cromossômica, porque os erros na gametogênese (durante a formação dos gametas) têm diferentes causas e existe a possibilidade de que um dos pais possa apresentar um problema nos cromossomos que pode levar ao nascimento de outros filhos com a síndrome. É possível que a 'impressão' de haver poucos negros com a síndrome de Down seja provavelmente um viés de observação. O que se verifica freqüentemente são variações raciais em determinadas síndromes decorrentes de variações gênicas, e não cromossômicas.

Elaine Sbroggio de Oliveira Rodini

Departamento de Ciências Biológicas, Faculdade de Ciências-Bauru, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp)

CARTAS À REDAÇÃO

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

CORREIO ELETRÔNICO:
cienciahoje@cienciahoje.org.br

INCLUSÃO PARA SUPERDOTADOS



FOTO DE ANA CLARA LUCA PÉREZ PÉREZ

Susana Pérez Barrera Pérez

Quando se fala em educação inclusiva, logo se pensa na abertura de oportunidades para alunos com algum tipo de deficiência. Na contramão dessa linha de raciocínio, há o caso do superdotado, pouco lembrado pelos educadores.

Diferentemente do que se imagina, os superdotados – indivíduos com altas habilidades – enfrentam sérios obstáculos nos estudos e precisam de atendimento especial desde o ensino básico. No Brasil existem cerca de 8 milhões de pessoas com capacidade cognitiva acima da média da população, segundo a Organização Mundial da Saúde. Embora esse número se assemelhe ao de pessoas com deficiência, o foco da educação especial sempre esteve no deficiente. Faltam professores especializados, problema que ocorre também no campo da pesquisa: o país dispõe de apenas seis doutores que centraram suas investigações na superdotação.

A educadora Susana Pérez Barrera Pérez está prestes a se tornar a sétima doutora brasileira nessa área, mas é vista e respeitada como veterana até por seus professores. Ela ocupa hoje a presidência do Conselho Brasileiro para Superdotação e é consultora da Unesco no Núcleo de Atividades em Altas Habilidades e Superdotação do Rio Grande do Sul. Recentemente, em Curitiba, onde participou do 1º Seminário de Altas Habilidades e Superdotação, organizado pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), Pérez falou sobre o tema de sua especialidade em entrevista exclusiva à *Ciência Hoje*.

Laura Ceretta Moreira

*Núcleo de Apoio às Pessoas com Necessidades Especiais,
Universidade Federal do Paraná*

e Célio Yano

Especial para Ciência Hoje/PR

Por que a senhora se interessou pela educação de superdotados?

Esse interesse surgiu em 1996 a partir de uma necessidade pessoal. Tenho dois filhos superdotados. Essa constatação, naturalmente, gera grande ansiedade nos pais: “Meu filho é superdotado; o que vou fazer com ele agora?”. Meus filhos faziam perguntas em excesso às pessoas com as quais conviviam, e eu recebia muitas queixas da escola. Comecei então a investigar o tema e acabei me interessando profundamente por ele. Hoje trabalho sobretudo com isso.

Quais as dificuldades da escola para lidar com superdotados?

Por ter capacidade de assimilação acima da média dos colegas, a criança superdotada não consegue se concentrar nas aulas a partir de determinado momento. Ela fica entediada, desinteressada, e só quer fazer o que a diverte. Em geral o professor considera que o aluno está desmotivado. Ele não percebe que o interesse desse aluno está, na verdade, fora da escola. Não vê que o desinteresse provém justamente da incapacidade do mestre de propor algo que o estimule.

Que conduta os educadores de superdotados devem ter?

A literatura internacional sobre o tema registra várias metodologias. Em muitos países, é comum a compactação curricular: os conteúdos que o aluno já domina são comprimidos e aprofundados segundo o ritmo pessoal, para que a criança não tenha tempo ocioso. A dificuldade da adoção dessa abordagem no Brasil é que, se aqui já é difícil acompanhar os alunos em turmas ‘normais’, o que dizer de dar acompanhamento individual. A ‘aceleração’ é a abordagem mais conhecida: o aluno adiantado ‘pula’ um ano de seus estudos regulares. É uma prerrogativa da legislação brasileira, mas tenho reservas quanto a esse procedimento. Os alunos que são ‘acelerados’ podem ser prejudicados em sua socialização e na parte emocional, por terem se afastado de sua turma de iguais. O método do enriquecimento, bastante aplicado no Brasil, é mais adequado. O aluno com altas habilidades freqüenta sua turma regularmente e no contra-horário recebe atendimento individual de um professor especializado, que irá trabalhar com projetos específicos. Ao voltar para a sala de aula, o aluno suporta o conteúdo que considera superado por ter uma motivação, uma espécie de ‘válvula de escape’. Assim o superdotado não perde o contato com colegas da mesma idade nem o convívio em grupo.

As altas habilidades manifestam-se apenas no aspecto cognitivo?

Não. A ginasta Daiane dos Santos, por exemplo, tem alta habilidade na área corporal-sinestésica. Na área

cognitiva, ela não precisa necessariamente ter o mesmo comportamento. Uma pessoa com altas habilidades se destaca por três características marcantes: tem capacidade acima da média em uma ou mais áreas específicas, mas é absolutamente ‘normal’ em outros campos; envolve-se demasiadamente com uma área – como o personagem do filme *Billy Elliot* [do diretor inglês Stephen Daldry, lançado em 2000], sobre um garoto cuja vida gira em torno da dança: ele dança no quarto, vai para a escola dançando, faz aulas de dança, lê sobre dança...

A ‘aceleração’ é a abordagem mais conhecida: o aluno adiantado ‘pula’ um ano de seus estudos regulares. É uma prerrogativa da legislação brasileira, mas tenho reservas quanto a esse procedimento

–, algo muito próprio de pessoas com alta habilidade; possui elevado potencial para realizar coisas novas, criativas, na área em que tem capacidade acima da média. Muitas vezes não se consegue identificar claramente esses três atributos. Algumas pessoas não têm oportunidade de demonstrar sua criatividade ou de se envolver com seu aspecto mais desenvolvido.

Uma criança com alta habilidade que vive em ambiente desfavorável jamais terá condições de desenvolvê-la?

Não. Há uma combinação de fatores. Ocorre-me o caso de um adolescente de família pobre que não teve ambiente favorável para desenvolver suas habilidades, mas que chegou à faculdade. Decidiu ser físico. Como ele tem uma personalidade muito extrovertida, sempre pegou emprestado livros de vizinhos, conseguia se virar. A família nunca percebeu suas características especiais, mas ele tinha uma força interna muito grande. O desenvolvimento das altas habilidades é, sim, uma questão permeada por fatores ambientais, mas a personalidade influi muito.

Há muitos superdotados no Brasil?

Em 2006 atendemos cerca de 2.700 pessoas nessa condição. Mas as estatísticas oficiais refletem uma parcela muito pequena, diante da desinformação da população sobre o tema e da dificuldade de se identificar um superdotado. Estimativas da Organização Mundial da Saúde [OMS] revelam que a população brasileira de superdotados gira em torno de 3,5% a 5%, algo próximo a 8 milhões de pessoas. Mas é preciso esclarecer que esses números são obtidos com base em testes de QI, ou seja, refletem apenas superdotados na área cognitiva. De acordo com o psicólogo norte-americano Howard Gardner, existem pelo menos oito tipos de in- ▶

teligência: lingüístico-verbal, lógico-matemática, visual-espacial, interpessoal, intrapessoal, musical, sinestésico-corporal e naturalista. Pesquisa recente da Associação Gaúcha de Apoio às Altas Habilidades e à Superdotação mostrou que, no Rio Grande do Sul, 7,7% de indivíduos do ensino fundamental manifestaram altas habilidades, aí incluídos os diferentes tipos de inteligência. Não podemos afirmar com certeza, mas é provável que o quadro não seja diferente nos demais estados brasileiros.

Como é a pesquisa sobre altas habilidades no Brasil? Em educação especial, ouvi-se falar muito mais em deficientes do que em superdotados.

Dados da Associação Nacional de Pós-graduação em Educação mostram claramente essa disparidade. De 1971 para cá, há registro de um único trabalho sobre superdotação; sobre deficiência, algumas centenas. O país tem apenas seis doutores formados com foco em superdotação; o número de mestres não chega a 50 e, nos cursos de graduação, o tema 'educação especial' sequer é abordado. Embora no Brasil existam dois cursos de pós-graduação na área, eles estão voltados exclusivamente para estudos sobre deficiência.

O número de deficientes no Brasil é muito maior do que o de superdotados para justificar essa disparidade?

Segundo a OMS, 10% da população são deficientes. Mas isso inclui todo tipo de deficiência: motora, visual, auditiva, mental, múltipla... Já o percentual de superdotados apenas no aspecto cognitivo é, como disse, de 3,5% a 5%. A diferença é, portanto, muito pequena e não justifica a falta de atendimento a superdotados.

Por que isso acontece?

O interesse da pesquisa reflete o preconceito que existe na sociedade. A própria legislação valoriza mais a inclusão de alunos com deficiência, e pouca gente reconhece que, como estes, o aluno com altas habilidades também precisa de educação especial. A idéia de que deficientes têm maior necessidade de atendimento especial é falsa. O que acontece é que a pessoa com deficiência, por possuir algo a menos, provoca na sociedade um sentimento de culpa. O superdotado, ao contrário, causa um misto de ódio e inveja, quando identificado, ou indiferença. No caso dos que se destacam na área artística ou esportiva, há, sim, valorização, mas

os superdotados intelectualmente são considerados, na escola, como um aluno como os demais. A necessidade do deficiente é, de fato, mais evidente. É preciso dar reforço para o deficiente mental, adaptar a sala de aula para o cadeirante, criar material em braile para o cego... No caso das altas habilidades, não é necessário um recurso externo físico para que o estudante seja atendido. O que ele precisa é de uma adaptação curricular, de uma estratégia pedagógica diferenciada.

Os superdotados não são identificados à primeira vista...

O estereótipo do superdotado é o de um garoto branco, magro, de óculos e cheio de acnes. Características físicas nada têm a ver com altas habilidades. Diz-se também que há mais homens superdotados que mulheres, o que não é verdade. Gostaria de lembrar que os superdotados têm dificuldade para apresentar suas reivindicações à sociedade. Os portadores de deficiência vão para a rua se manifestar, exigir seus direitos, enquanto pessoas com altas habilidades não, devido ao preconceito. Quem é que chega e diz: "Sou superdotado, tenho meus direitos?" Quase sempre são os pais que procuram orientação, ao passo que no caso dos deficientes eles próprios fazem suas reivindicações. Pode parecer que não, mas politicamente isso tem um peso muito maior. Em uma sociedade mais esclarecida talvez alguns superdotados comecem a falar. Durante o 1º Seminário de Altas Habilidades e Superdotação, organizado pela UFPR, cartas escritas por superdotados foram lidas em público. A propósito, poucas universidades brasileiras se preocupam com o tema das altas habilidades. Na UFPR, o Núcleo de Apoio às Pessoas com Necessidades Especiais estuda a possibilidade de atender alunos da universidade com altas habilidades. Isso é inédito no país. Uma criança, um adolescente, que enfrentou dificuldades no ensino médio e fundamental também as terá na universidade. Provavelmente boa parte dos alunos que abandonam a faculdade é de superdotados que perderam o interesse pelos estudos, que se frustraram porque o curso estava muito aquém do que esperavam.

Que trabalho tem sido feito para conscientizar as pessoas sobre superdotação?

Uma boa iniciativa nesse sentido são os Núcleos de Atividades em Altas Habilidades e Superdotação, os Naahs, da Unesco, que devem ser implantados em todos os estados brasileiros. Em cada núcleo, há uma unidade do aluno, uma do professor e outra da família, onde os respectivos interessados podem ser atendidos por consultores preparados. A dificuldade de disseminação desses núcleos pelo

De 1971 para cá, há registro de um único trabalho sobre superdotação; sobre deficiência, algumas centenas. O país tem apenas seis doutores formados com foco em superdotação; o número de mestres não chega a 50

país decorre da falta de pessoas capacitadas para atuar como consultores. Sugerimos que esses profissionais prestem assistência a mais de um estado, mas a Unesco rejeita essa idéia.

Qual é o papel do Conselho Brasileiro para Superdotação?

A entidade defende os interesses de pessoas com altas habilidades. Em todo o Brasil há várias associações menores que atuam com o mesmo objetivo, normalmente formadas por pais que se organizam para resguardar os direitos dos superdotados. Foi a partir da presença desses grupos que conseguimos alguns êxitos. Os próprios Naahs surgiram dessa demanda. Até 2000 havia uma entidade nacional com órgãos representativos em cada estado, mas isso não funcionou. As pessoas que continuavam interessadas se reuniram em Minas Gerais em 2002 e desse encontro surgiu a idéia de se criar o Conselho, que auxiliaria superdotados em todo o país. Sua fundação aconteceu no ano seguinte. Hoje temos uma demanda muito grande de pais que querem orientação, de profissionais que nos procuram em busca de material para pesquisa...

Há em outros países trabalho com superdotados considerado exemplar?

Na Espanha existe uma legislação específica para as altas habilidades. Nos Estados Unidos, quase todos os estados têm programas que selecionam alunos por meio de testes. Identificados, eles são retirados da sala de aula nos períodos em que os colegas trabalham com conteúdos que eles já dominam. Daí passam a receber atendimento específico na área em que são 'especialistas', em uma turma mais adiantada ou em laboratórios de universidades. Em muitos países, utiliza-se a aceleração, mas em geral com oportunidades para o aluno fora da escola. Em países desenvolvidos há métodos que envolvem práticas em laboratório, coisa que não temos por aqui.

De que forma isso poderia ser implementado no Brasil?

Por meio de parcerias, acredito. Um aluno do ensino fundamental não tem acesso a laboratórios que o estimulem a estudar. Isso só está disponível em universidades. Uma articulação do ensino básico com o ensino universitário é, portanto, fundamental.

Escolas específicas para superdotados não seriam uma solução?

Felizmente não há escolas especiais para superdotados no Brasil, onde nenhuma experiência deu certo. Houve uma rejeição às instituições de ensino que lançaram mão dessa metodologia, pois as crianças não se adap-

taram a elas. Nessa circunstância, era a própria escola que segregava. A inclusão, buscada como um paradigma dentro da educação especial, também deve ser levada em conta no que diz respeito às altas habilidades. Portanto, esse aluno não pode ser discriminado. Em turmas formadas apenas por superdotados, a criança se sente diferente das demais, no sentido de que ela é 'melhor'. Mas isso, no fundo, tem um aspecto negativo, pois a sociedade olha para a turma, e para cada aluno, de forma diferenciada.

A idéia de que deficientes têm maior necessidade de atendimento especial é falsa. O que acontece é que a pessoa com deficiência, por possuir algo a menos, provoca na sociedade um sentimento de culpa

A senhora falou do tratamento dado à superdotação pela escola pública no Brasil. Como o nosso ensino privado trata a questão?

Se, por um lado, as escolas particulares têm uma estrutura mais adequada para o aluno superdotado, com laboratórios e materiais práticos, por outro, há um esforço ainda menor para identificá-lo. Em atendimento à nossa legislação, essas instituições também são obrigadas a prestar atendimento especial, mas novamente elas se voltam apenas para a deficiência. No Rio Grande do Sul temos recebido muita queixa de pais de alunos de escolas particulares que não recebem atenção especial. Há casos curiosos, entretanto. Em uma escola, os alunos tiveram que escrever um livro ao longo do ano. As crianças com altas habilidades, mesmo não identificadas, puderam então se envolver com uma atividade que permitia seu desenvolvimento, sem discriminação. E ficaram, portanto, muito interessadas.

Nossos professores estão preparados para esse tipo de abordagem?

Não. A formação de profissionais em condições de lidar com superdotados é muito precária. Pedagogos recém-formados nas melhores faculdades do país nunca ouviram falar em atendimento especial para crianças com altas habilidades. Temos procurado pressionar o governo no sentido de sensibilizá-lo. E tem dado certo. A iniciativa do MEC [Ministério da Educação] de debater a diversidade inclui as altas habilidades. Então, quando um município organiza um curso de formação de professores com recursos do MEC, ele deve obrigatoriamente abordar as altas habilidades. Em geral o tema recebe menos horas, mas ao menos o público ouve falar dele. O professor percebe então que já teve de lidar com superdotados em algum momento e começa a prestar mais atenção em seus alunos. ■



Chimpanzé durante teste de memória

FOTO: MATSUZAWA/CURRENT BIOLOGY

NEUROCIÊNCIAS

Memória de chimpanzé

Com base nos resultados de um estudo recente, é possível que, no futuro, a expressão ‘memória de chimpanzé’ passe a ser um elogio. Experimento realizado por pesquisadores japoneses mostrou que esses primatas, quando jovens, têm uma capacidade surpreendente de memorizar seqüências de números. Em muitos casos, superior à de humanos adultos. Esse tipo de memória fotográfica pode ser também observado em crianças normais e diminui com a idade. O artigo está em ***Current Biology*** (v. 17, n. 23, 2007).

O artigo dos pesquisadores Sana Inoue e Tetsuro Matsuzawa, do Instituto de Pesquisas sobre Primatas, da Universidade de Kyoto (Japão), sugere que a memória numérica de chimpanzés jovens seja melhor que a humana e a de chimpanzés adultos.

No estudo, são apresentados inicialmente dígitos em uma tela de computador, e tanto os animais quanto as pessoas testadas têm que os apontar na ordem correta (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9). Após o aprendizado, os animais mostraram um excelente desempenho, igual ao de humanos, inclusive com dígitos não seqüenciais (ou seja, 2, 3, 5, 7, 8, 9).

Apenas esse resultado já parece ser um grande resultado para os chimpanzés. Mas, mesmo quando esses números só eram visíveis por curtos períodos de tempo e substituídos por

quadrados brancos, os chimpanzés mais jovens mantiveram um bom desempenho, acima do observado para humanos ou chimpanzés mais velhos.

Os tempos entre o aparecimento dos dígitos na tela e a sua substituição por quadrados brancos (o chamado ‘mascaramento’) variaram entre três valores: i) 650 milissegundos (ms), tempo médio de execução do teste sem o mascaramento; ii) 430 ms, um valor intermediário; iii) 210 ms, que é próximo ao tempo que levamos para mover os olhos entre dois pontos.

Alguns macacos jovens apresentaram praticamente o mesmo desempenho com os três tempos de mascaramento, diferentemente dos humanos e dos chimpanzés adultos, que pioraram drasticamente com a diminuição do tempo de exposição aos números. Esse resultado mostra que nesses animais mais jovens

a percepção e a memorização dos números ocorreram de forma praticamente instantânea.

É interessante notar que, embora esse teste avalie a capacidade de ordenar corretamente numerais arábicos, ele avalia também a memória da posição desses números no espaço. Como no mascaramento de 210 ms não dá tempo de olhar para todos os números, os autores sugerem que esse seja um tipo de memória fotográfica (memória eidética visual), que pode ser observado em crianças normais e diminui com a idade. O tipo de memória avaliado pelos autores é denominado memória de trabalho, caracterizada por um aprendizado lento, mas extremamente sólido.

Dessa forma, é provável que esse fenômeno decorra do treinamento intenso a que foram submetidos os animais do experimento (seis ao todo, três fêmeas adultas e seus respectivos filhotes), que é a única forma de ensiná-los.

O que é interessante é que só os filhotes desenvolveram essa capacidade, sugerindo que exista um período restrito no qual esse aprendizado pode ocorrer. Esse período restrito para a aquisição de certas funções no sistema nervoso é denominado janela de plasticidade, que, a partir de determinado momento (chamado 'período crítico'), se fecha, e novas aquisições não são possíveis.

Mario Fiorani

Laboratório de Fisiologia da Cognição,
Instituto de Biofísica
Carlos Chagas Filho,
Universidade Federal do Rio de Janeiro

NEUROCIÊNCIAS

VINHO BARATO, GOSTO SOBERBO

Uma pessoa pede uma garrafa de vinho em um restaurante de luxo. O garçom parabeniza-o: "Excelente escolha, senhor. Este é um Romanée-Conti, safra de 1997." Preço: doloridos R\$ 6 mil. No primeiro gole, o cliente acha que a bebida valeu cada centavo pago por ela. No entanto, de má-fé, o garçom havia enganado o incauto cliente, trocando a bebida por um vinho bom, mas de qualidade bem inferior. Porém, o cérebro do consumidor refestela-se com o sabor.

O que ocorreu? A ciência explica: a atividade na área do cérebro que codifica o prazer aumenta caso a pessoa ache, com base no preço, que o produto tem uma qualidade superior.

A equipe de Antonio Rangel, do Instituto de Tecnologia da Califórnia (Estados Unidos), testou 20 pessoas. Enquanto dava a eles pequenas doses de vinho, media a atividade do córtex orbitofrontal medial (porção cerebral responsável pelo prazer ligado ao odor, ao sabor e à apreciação da música). Isso era feito com



um aparelho de diagnóstico médico por imagem (a chamada ressonância magnética funcional).

Mas os voluntários foram enganados. Os supostos cinco vinhos eram, na verdade, três. Dois deles foram apresentados a eles duas vezes, uma com preço alto e outra com baixo. O de US\$ 5 (cerca de R\$ 9), na segunda dose, foi inflacionado para US\$ 45, enquanto o de US\$ 90, um vinho respeitável, virou uma pechincha: US\$ 10. O terceiro permaneceu com o preço real (US\$ 35).

O mesmo vinho ganhou notas maiores quando o preço dele era mais alto. E as atividades cerebrais dos voluntários confirmaram que esse prazer era real: a porção cerebral relacionada ao prazer aparecia mais 'iluminada' no exame.

Estudos anteriores já haviam indicado que a expectativa afeta o prazer em relação a uma atividade, mas as áreas cerebrais não haviam sido identificadas.

Proceedings of the National Academy of Sciences, 14/01/08 online

MEDULA RECONNECTADA • Camundongos sem o movimento das patas voltaram a andar. Isso graças a uma técnica que restabeleceu a 'conexão' entre as células nervosas (neurônios) cerebrais responsáveis pelo movimento dos membros e aquelas que ficaram isoladas, localizadas além da região danificada na medula espinhal. Quando os neurônios da medula são danificados, os sinais perdem a capacidade de ir e vir por meio dessa parte do sistema nervoso central contido na coluna vertebral. Os camundongos do experimento tiveram a medula lesionada em vários lugares ao longo dela. Porém, em oito semanas, conseguiram voltar a andar (ainda que mais lentamente e desajeitados), sem que nenhuma intervenção adicional fosse feita. Segundo os autores, os resultados mostram, pela primeira vez, que a medula espinhal tem uma capacidade natural de redirecionar os sinais, estabelecendo, assim, novas conexões entre as células nervosas. Para eles, isso explica por que alguns pacientes recobram os movimentos, mesmo que em graus variados. Segundo os pesquisadores, 'forçar' essa capacidade natural do organismo talvez seja mais eficaz que tentar reconstruir a parte danificada, como vem sendo tema de pesquisas atualmente. Os autores alertam que os resultados, apesar de esperançosos, são preliminares. (*Nature Medicine, 06/01/08 online*)

EM FOCO

REFEIÇÃO SUCULENTA? • A foto abaixo parece mostrar uma cena comum no cotidiano da vida selvagem. Uma formiga carregando uma succulenta refeição para ela e companheiras de colônia. No caso, o 'prato do dia' é uma jovem lagarta de borboleta. Porém, como se diz, as imagens enganam. A formiga está adotando o recém-nascido para cuidar dele, nutrindo-o até que ele cresça. E isso em detrimento das próprias larvas, que, com isso, passam fome. Sem dúvida, grande estratégia.

Qual o segredo? Resposta: um componente químico (mais especificamente, um hidrocarboneto) que faz com que as formigas das espécies *Myrmica rubra* e *Myrmica ruginodis* 'cheirem' as diminutas lagartas da *Maculinea alcon* e sejam iludidas, achando que se trata da própria larva (um tipo de 'sangue do meu sangue' do mundo dos insetos). O mecanismo foi descoberto por pesquisadores do Centro de Evolução Social da Universidade de Copenhague (Dinamarca), em colaboração com instituições britânicas e alemãs.

As *M. alcon*, que se destacam pela coloração azul, põem os ovos em uma espécie de genciana (*Gentiana pneumonanthe*), uma planta comum em regiões de charco na costa da Dinamarca (destaque). Quando viram lagartas, elas descem ao solo e lá esperam ser recolhidas pelas operárias das duas espécies de formigas vermelhas. No formigueiro, as lagartas são alimentadas e, de quebra, comem larvas, até ficarem grandes e poderem se transformar em borboletas.

As formigas, no entanto, desenvolvem um tipo de resistência contra esse tipo de parasitismo, alterando o modo como elas 'cheiram'. Mas esse mecanismo só funciona, segundo os autores, quando a rainha cruza com machos de colônias que são igualmente parasitadas. Caso o acasalamento ocorra com membros de colônias onde não há nas proximidades a *G. pneumonanthe*, essa resistência acaba diluída por genes que não a determinam. O artigo está em *Science* (04/01/08).

Uma lagarta de *M. alcon* é carregada por uma operária da formiga *M. rubra*. No destaque, uma *M. alcon* põe seus ovos na *G. pneumonanthe*

FOTOS DE DAVID NASH



MEDICINA

CLONAGEM HUMANA... DE NOVO?

A notícia surgiu quando esta edição estava quase fechada. Seu lugar seria, sem dúvida, o 'Destaque' desta coluna, mas uma dose de precaução se aplica, dado o passado duvidoso do tema: obtenção de clones humanos.

Desta vez, o feito ficou por conta de uma empresa norte-americana, a Stemagen, da Califórnia, que afirma ter obtido embriões humanos pelo mesmo método usado na ovelha Dolly, em que se retira o núcleo de um óvulo e se enxerta nele o DNA (material genético) de uma célula adulta.

Foram empregados 29 óvulos doados por três mulheres jovens (de 20 a 24 anos). O material genético veio de células de pele de dois homens. Foram obtidos, segundo a empresa, cinco embriões (todos destruídos no processo de verificar, por testes genéticos, se eram realmente clones). Pelo menos um deles foi confirmado. Isso foi feito por especialistas independentes, para diferenciar esse trabalho do vexame de 2005, quando o pesquisador sul-coreano Hwang Woo-Suk anunciou a obtenção de clones humanos. Os resultados eram fraudulentos. Porém, a equipe da Stemagen não conseguiu extrair células-tronco dos embriões, apesar de estes terem atingido o estágio em que isso poderia ser feito.

Acredita-se que células-tronco embrionárias poderiam ser usadas em um tipo de medicina regenerativa (ou 'sob medida'), pois essas células têm a capacidade de se transformar em qualquer tecido do corpo humano. Com elas, seria possível tratar ou mesmo curar doenças como Parkinson, Alzheimer e diabetes. Os resultados, no entanto, trazem de volta a polêmica em torno da destruição de embriões, tema melindroso, principalmente para parte da comunidade religiosa mundial. O interessante é que a pesquisa com embriões humanos ressurgiu quando já são conhecidas outras técnicas que evitam esse caminho: no ano passado pesquisadores conseguiram reprogramar células adultas para fazê-las voltar às suas fases embrionárias.

Stem Cell, 17/01/08 online

BACTÉRIA E HOMOSSEXUAIS • Alerta dos médicos da costa oeste norte-americana: a bactéria *Staphylococcus aureus* com resistência múltipla a antibióticos (conhecida pela sigla SARM) parece estar sendo transmitida por sexo entre homossexuais masculinos nos Estados Unidos. O medo dos especialistas é que o microrganismo atinja a população geral. Foram estudados 532 casos de infecção causados pela linhagem USA300. A *S. aureus* habita mais comumente o nariz e a pele, mas pode ser encontrada na região anal. Geralmente, não causa problemas, a menos que penetre a corrente sanguínea, na qual pode gerar infecções generalizadas, tornando-se potencialmente letal. A SARM, conhecida por graves infecções hospitalares (inclusive no Brasil, onde não há a linhagem USA300), a causou cerca de 20 mil mortes nos Estados Unidos em 2005. (*Annals of Internal Medicine*, v. 148, n. 4, 2008)

MICROBIOLOGIA

COLOMBO E A SÍFILIS

Por cerca de 500 anos, o explorador italiano Cristóvão Colombo (1451-1506) e sua tripulação têm sido ora acusados, ora inocentados da pecha de ter trazido a sífilis para o Novo Continente. Agora, a genética dá um veredicto (quase definitivo) de 'não culpado'.

E, com base nos resultados, tudo indica que essa doença venérea, que pode causar danos cardíacos e neurológicos ao portador, foi, na verdade, um 'presente' da América para o restante da população mundial.



CDC/DR. DAVID COX

O trabalho analisou geneticamente 22 amostras da bactéria *Treponema pallidum*, comparando-as com material genético coletado na América do Sul de uma 'prima', a *T. pertenue*, causadora da boubá, doença que se transmite pelo contato da pele ou por via oral (a sífilis se transmite sexualmente). Para os autores, ficou claro que a *T. pallidum* é 'filha' e não 'prima' da *T. pertenue*, pois a análise mostrou que a sífilis é relativamente recente. Nas palavras de um comentarista dos resultados: "A sífilis é um dos primeiros exemplos mundiais da globalização das doenças."

O trabalho foi elogiado, mas críticos dizem que as conclusões poderão não ser tão sólidas, pois não foi possível comparar todo o material genético da *T. pertenue* com o da *T. pallidum* (o DNA da primeira chegou danificado aos pesquisadores, em função do calor tropical). A análise completa será o próximo passo da pesquisa.

O primeiro registro de eclosão da doença na Europa se deu em 1495, em Nápoles, dois anos depois de Colombo voltar de sua viagem. As evidências em favor da origem americana da sífilis eram baseadas em esqueletos de civilizações antigas tanto do continente americano quanto europeu (a doença crônica deixa lesões nos ossos). No entanto, a mais forte dessas evidências (que indicava que um homem na Europa havia sofrido de sífilis cerca de 50 anos antes da viagem de Colombo) acabou descartada, devido a imprecisões na análise.

PLoS Neglected Tropical Diseases, v. 2, n. 1, p. e148, 2008

SINTONIA FINA

A fé pode mover montanhas, diz-se. Já a força do pensamento faz movimentar um robô do outro lado do planeta. O feito, noticiado recentemente pelo jornal norte-americano *New York Times*, relata o experimento conduzido pelo neurocientista brasileiro Miguel Nicolelis, da Universidade Duke (Estados Unidos). Nele, uma macaquinha, com 80 cm de altura e peso por volta de 6 kg, foi capaz de fazer andar um andróide com o dobro de sua altura e 15 vezes seu peso. Idoya foi treinada para caminhar sobre uma esteira, enquanto tinha eletrodos ligados a uma área cerebral (responsável pelo movimento das pernas) com poucas centenas de neurônios. Alguns se tornavam ativos com o movimento dos tornozelos, dos joelhos e dos quadris, bem como com o toque do pé do primata no solo. Outra parte disparava sinais elétricos antes de os movimentos serem realizados. Esses sinais cerebrais foram enviados via internet de alta velocidade para o Japão e fizeram o robô se movimentar. Nicolelis se notabilizou por realizar experimentos nos quais sinais cerebrais se transformam em movimento em máquinas (braços mecânicos, por exemplo). Espera-se que esses resultados sejam a base para interfaces homem-máquina que ajudem pessoas com deficiências físicas. Ao jornal, Nicolelis declarou: "É um pequeno passo para um robô, mas um salto gigantesco para um primata", em uma alusão divertida à frase de Neil Armstrong, quando este se tornou o primeiro homem a caminhar na Lua.

Ano novo, vida nova... e, certamente, calendário novo. Buscando um? Dica de um com imagens espetaculares: o preparado pela equipe do Chandra, telescópio espacial que captura imagens do universo em raios X. Traz, em cores, objetos cósmicos como restos de supernovas (estrelas que explodem no final da vida), galáxias de várias formas e tamanhos, aglomerados de estrelas na nossa Via Láctea. Pode ser baixado em altíssima ou alta resolução, mês a mês ou na totalidade. Há dois tipos de tamanho de folhas. Os arquivos estão em formato PDF, apropriados para impressão. Único inconveniente: as descrições das imagens estão em inglês. Esta coluna já elegeu sua imagem predileta: a nebulosa da águia, destaque de maio (figura), que impressiona pela grandiosidade, beleza e conteúdo científico. O calendário, que traz as fases da Lua, está em <http://chandra.harvard.edu/resources/handouts/lithos/calendar08.htm>. Os aficionados por astronomia podem baixar o calendário do ano passado na mesma página.

CHANDRA X-RAY OBSERVATORY (NASA)



ENGENHARIA GÊNICA Órgão criado de restos cadavéricos de animais volta a bater em laboratório

BATE, BATE, CORAÇÃO BIOARTIFICIAL

Esperança para os milhões de habitantes do planeta que precisam de um transplante de órgão. Equipe de pesquisadores norte-americanos criou, a partir de restos cadavéricos, um coração artificial. O órgão passou a se contrair e, pouco depois, a bater como um coração adulto.

O feito é da equipe liderada pela pesquisadora Doris Taylor, da Universidade de Minnesota (Estados Unidos). Os pesquisadores primeiramente selecionaram corações de ratos e porcos mortos. Depois, por meio de um método químico, extraíram todas as células do órgão com um detergente especial. Restou apenas uma estrutura composta pela chamada matriz extracelular (em outras palavras, o 'esqueleto' do tecido cardíaco).

O próximo passo foi injetar na estrutura uma mistura de células imaturas retiradas do coração de ratos recém-nascidos. O conjunto foi mergulhado em um meio asséptico, com substâncias químicas que propiciassem a divisão celular.

Quarto dia. "Ficamos sem fala quando vimos as primeiras contrações", disse Harald Ott, membro da equipe. Porém, o experimento reservaria uma surpresa maior: no 8º dia, o



Etapas da remoção de células de um coração de rato

coração começou a bater, atingindo um desempenho equivalente a 2% de um coração adulto.

Novos órgãos

A equipe de Taylor está otimista em relação aos resultados. Os autores acham que a técnica permitirá a criação de outros tipos de órgãos.

Os transplantes realizados atualmente obrigam que o paciente tome geralmente imunossupressores para o resto da vida, sem contar a probabilidade de o organismo do transplantado rejeitar o órgão.

A nova técnica, porém, permitiria fazer um órgão 'sob medida', ou seja, com células-tronco do paciente (células-tronco, principalmente as chamadas embrionárias, têm a capacidade de se transformar nos diversos tecidos que formam um organismo). Segundo os autores, as chances de rejeição diminuiriam. Corações de porco, por exemplo, têm tamanho e funções semelhantes aos de humanos e poderiam ser aproveitados, revelou Taylor a uma agência de notícias europeia.

"O uso de células-tronco é nossa nova meta", disse Taylor. Embora os resultados sejam promissores, um especialista alerta para o fato de que não se deve esperar nos próximos 10 anos um ser humano andando por aí com um órgão bioartificial como esses.

Nature Medicine, 13/01/08

POLUIÇÃO E ESPERMATOZÓIDES • O leitor viu nesta coluna (CH 243) que a poluição atmosférica pode aumentar os casos de morte por doença cardíaca. Agora, mais um motivo para brigar por um ar mais puro: mutações no material genético do espermatozóide. Alerta inicial: a pesquisa foi feita com camundongos. Os animais passaram 2,5 meses em uma região de Ontário (Canadá) em que há duas siderúrgicas e uma auto-estrada. O esperma foi coletado na 3ª e 10ª semanas. A análise do material genético (DNA) mostrou que havia 60% mais mutações genéticas quando comparadas a animais do grupo-controle, que respiraram ar filtrado. Porém, depois de seis semanas de volta ao laboratório, o DNA dos animais expostos (todos geneticamente idênticos) praticamente voltou ao normal (ou seja, as mutações foram reparadas). Os autores defendem que as mutações ocorreram nas células que dão origem aos espermatozóides (pois estes, já maduros, parecem ser imunes a esse tipo de poluição) e alegam não saber se a causa foram substâncias químicas ou partículas de metal suspensas no ar. (*Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 105, n. 2, pp. 605–610, 2008)

ECOLOGIA

LONGA CAMINHADA PARA UM SAPO

Quatro sapos adultos saem de seu hábitat em um resquício de mata no alto de uma colina. Destino: o ribeirão que está lá embaixo, a 500 m de distância. Certamente, longa jornada para esses anfíbios, que precisam alcançar o curso de água para a reprodução. Nenhum deles chega com vida. Um é devorado por uma ave de rapina; outro fica desidratado por causa do sol causticante; o terceiro teve contato com agrotóxicos e acaba envenenado; o último morre de fome no meio do caminho. Quanto menor o anfíbio, mais difícil é essa travessia.

Essa desconexão entre habitats é, segundo pesquisadores brasileiros (que, por sinal, idealizaram o termo), a principal causa do declínio da população de anfíbios de reprodução aquática. Para os autores, esse fator, que obriga adultos e jovens a viverem em ambientes separados, é mais determinante no declínio observado globalmente na população e no número de espécies desses animais do que a perda ou a fragmentação dos habitats. Em entrevista ao *CH online*, Fonseca explica que a perda leva a uma diminuição no número de indivíduos de uma espécie, e a fragmentação a cruzamentos entre parentes diretos (consangüíneos). São fatores de longo prazo. Porém, a desconexão pode afetar uma população de anfíbios em apenas uma geração. As matas ciliares, que forram as margens de lagos, rios etc., acabam sendo derrubadas para virar pasto ou plantação.

O trabalho foi feito na mata atlântica do estado de São Paulo, considerado um dos ecossistemas mais ameaçados do planeta. Em locais onde a água não estava separada do habitat dos sapos, os pesquisadores encontraram 15 espécies; quando havia a desconexão, o número caiu para sete.

O trabalho é assinado por Carlos Becker, da Universidade Estadual de Campinas; Carlos Fonseca, da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (RS); Célio Haddad, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho; Rômulo Batista, Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Amazonas; e Paulo Prado, da Universidade de São Paulo.

Science, 14/12/07



A mata atlântica tem 483 espécies de anfíbios conhecidas, sendo 80% delas com reprodução aquática, como o *Proceratophrys boiei*

SINTONIA FINA

Carne e leite de animais clonados não fazem mal à saúde dos homens. Essa é a principal mensagem de um calhamaço de quase mil páginas do FDA (órgão norte-americano que regula alimentos e medicamentos) lançado recentemente. O documento, que veio a público no mês passado, deve frear bastante a polêmica que vinha se estabelecendo nos últimos anos sobre o tema, alimentada principalmente por organizações não-governamentais ambientais. O FDA declarou serem seguros tanto a carne quanto o leite de animais clonados (suínos, caprinos e bovinos, sendo que para as ovelhas não havia dados suficientes para o julgamento). E também dos descendentes destes. Foram seis anos de pesquisa, segundo o FDA. Políticos e grupos ativistas manifestaram descontentamento com a decisão, alegando que o FDA foi municiado com dados da indústria interessada na aprovação. Pesquisa anterior havia mostrado que metade dos consumidores nos Estados Unidos achava que a comida clonada poderia fazer mal à saúde. É pouco provável, segundo o relatório (disponível, em inglês, em www.fda.gov/cvm/CloneRiskAssessment.htm), que alimentos clonados cheguem em abundância ao mercado, agora que o FDA permitiu a produção e a comercialização deles no país. Na Europa, o órgão responsável por essa decisão iniciou consulta pública. Lá, no entanto, se esses alimentos clonados forem aprovados, eles terão que ser rotulados, diferentemente da deliberação tomada nos Estados Unidos.

Um empresa farmacêutica formada por pesquisadores da Universidade Forest Wake (Estados Unidos) promete para os próximos meses um teste simples para o risco de um homem ter câncer de próstata. A análise, feita a partir de amostras de sangue ou saliva, busca cinco pequenas alterações na seqüência de 'letras' do DNA (material genético). Cada uma dessas alterações genéticas representa isoladamente um percentual de risco para a doença. Cerca de 90% da população mundial têm pelo menos uma ou mais delas. As cinco juntas (o que ocorreria em apenas 2% da população mundial, segundo a empresa) fariam as chances de desenvolver a doença serem de quatro a cinco vezes maiores quando o paciente é comparado com um homem sem nenhuma delas. Se o paciente com mais alto risco ainda tiver histórico familiar da doença, as chances aumentam ainda mais: são 10 vezes maiores. Especialistas alertam que é possível que isso leve a um tipo de histeria e, conseqüentemente, a um grande número de exames complementares e mesmo de cirurgias desnecessárias, pois nem o teste nem outra técnica não invasiva são capazes de avaliar se o tumor é ou não agressivo. Assim, o tratamento é igual para todos os casos e pode ter efeitos colaterais significativos, como impotência sexual e incontinência urinária. O artigo com os resultados que serviram de base para o desenvolvimento do teste teve sua publicação adiantada pela revista *The New England Journal of Medicine*. Segundo a empresa, o teste deve sair por menos de US\$ 300 (cerca de R\$ 550). A prevenção do câncer de próstata inclui, para homens a partir mais ou menos dos 45 anos, o chamado toque retal e um exame (PSA) que mede o nível de próteínas secretadas pelo tumor no sangue do paciente.

ARBUSTOS, FORMIGAS E HERBÍVOROS

Três espécies de formigas e um arbusto típico das savanas do leste africano desenvolveram uma associação benéfica para ambas: os insetos protegem ferozmente a planta de predadores (inclusive de grandes herbívoros que se alimentam dela), e esta dá a eles alimento na forma de néctar, bem como abrigo no interior de câmaras que se formam na nervura central das folhas. Um trabalho mostrou um resultado, em princípio, paradoxal: quando saem de cena esses grandes animais, a acácia muda seu padrão de desenvolvimento, colocando sua sobrevivência em jogo.

O zoólogo Todd Palmer, da Universidade da Califórnia, em Davis (Estados Unidos), e colegas fizeram o trabalho de campo no Quênia. Eles compararam seis acácias que estavam cercadas desde 1995 por uma grade eletrificada (o que impedia que grandes herbívoros se alimentassem de suas folhas) com outras seis, sem obstáculos.

A primeira hipótese era que o primeiro grupo deveria crescer mais vigorosamente, pois estava protegido dos animais que devoram a planta vorazmente. Porém, Palmer notou que elas pareciam doentes. Isso parecia contraditório, pois a planta sem seus predadores deveria

estar em uma situação melhor para se desenvolver.

Porém, sem os grandes herbívoros, a acácia da espécie *Acacia drepanolobium* praticamente havia parado de produzir o néctar, bem como os ‘furinhos’ que servem de abrigo para as espécies de formigas que naturalmente a habitam. Uma acácia saudável pode conter cerca de 100 mil formigas, que são agressivas com os invasores.

Ao investigar mais a fundo a questão, notou que, nesse grupo, outra espécie de formiga, a *Crematogaster sjostedti*, havia se alojado nas acácias. Essa invasora, que não protege a planta, permite, no entanto, que larvas de certos besouros invadam a planta (pois estas últimas fazem os furos em que a *C. sjostedti* passa a morar). Infestada por besouros, a planta acaba com a saúde comprometida.

Nesse cenário, notou Palmer, o crescimento da acácia protegida pela cerca era aproximadamente 65% mais lento, e a probabilidade de a planta morrer duas vezes maior, quando comparada à das não cercadas. Segundo Palmer, o irônico é que essa espécie de acácia desenvolveu o mutualismo para se proteger dos grandes herbívoros, mas, em função dessa relação, esses animais são

imprescindíveis para essas plantas. Para o pesquisador, os resultados mostram que os grandes herbívoros desempenham um papel importante em aspectos microscópicos da biodiversidade. Ele enfatiza que, por toda a região subsaariana, esses grandes mamíferos estão ameaçados, e é preciso pensar como a falta deles vai afetar esses ecossistemas.

Science, 11/10/08

Girafa ao lado de dois pés de acácia, planta da qual ela se alimenta

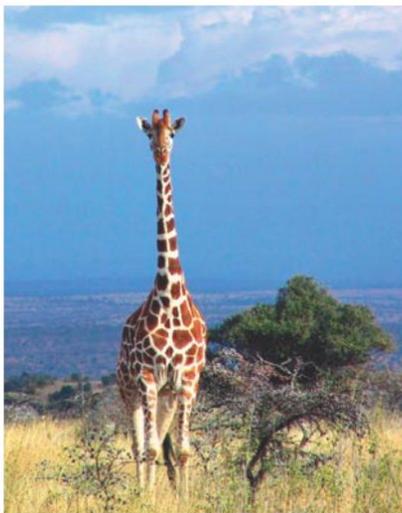


FOTO DE TODD PALMER

LÍNGUA E CONTAGEM

Antropólogos defendem que o sistema de contagem passou de um sistema primitivo, em que havia palavras diferentes para objetos diferentes, para um abstrato, em que o mesmo termo serve para designar coisas tão díspares quanto lápis, canoas, cocos, galinhas, garrafas etc. Mas, para um povo da Polinésia, essa ‘evolução’ pode ter se dado no sentido contrário.

Os habitantes da ilha de Mangareva, na Polinésia, usam um sistema de contagem que é específico para diferentes objetos. Por exemplo, contam a fruta-pão verde com uma seqüência de números, enquanto as frutas maduras, bem como polvos (sim, polvos!), com outro tipo de sistema. Paralelamente a essa contagem específica, eles usam um sistema abstrato, semelhante ao usado pela maioria da população mundial.

O aspecto-chave da pesquisa é que a língua falada na ilha descende do chamado proto-ocênico, no qual, segundo os autores, o sistema de contagem era abstrato. Em outras três línguas investigadas (estas da Melanésia e igualmente oriundas do proto-ocênico), pelo menos uma emprega um sistema numérico específico para objetos.

Os autores acham que a falta de uma notação escrita para essas duas línguas – que enumeram certos itens em seqüências de dois, quatro ou oito – levou ao desenvolvimento de uma contagem específica para alguns objetos em função de necessidades culturais, pois isso facilitaria a aritmética mental (por exemplo, é mais fácil subtrair três dúzias de seis dúzias do que fazer 72 menos 36). Isso facilitaria a memorização de dívidas e pagamentos no comércio de longa distância entre as ilhas, defendem os autores, o psicólogo Sieghard Beller e o antropólogo Andrea Bender, ambos da Universidade de Freiburg (Alemanha).

Science, 11/01/08

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 NEWS 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, PICKED UP FOR YOU (H. WACHSMUTH / CERN)

Uma segunda chance

Franklin Rumjanek

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



A imprensa noticiou recentemente o diálogo entre duas pessoas preocupadas com o aquecimento global e com o destino da Terra. Uma expressou seu pessimismo dizendo que, se nenhuma providência enérgica fosse tomada imediatamente, o planeta acabaria. Tal previsão foi imediatamente contestada pela outra pessoa, para a qual o planeta continuaria a existir muito bem, mas certamente uma boa proporção dos seres vivos, entre eles a espécie humana, deixaria de existir.

Independentemente de mudanças climáticas, o processo da evolução implica a extinção de espécies, o que ocorre a uma taxa relativamente constante. Acredita-se, por exemplo, que mais de 90% das espécies que viveram na Terra já estejam extintas. No entanto, não há dúvida de que uma alteração radical no ambiente, como a que se anuncia para as próximas décadas, produziria mudanças catastróficas e súbitas na biosfera. Haveria extinções em massa, semelhantes às ocorridas durante períodos de glaciação e de aquecimento do planeta, ou às que resultaram de colisões com asteróides gigantes. A queda de um desses, que teria ocorrido na península do Yucatán, no México, é a base de uma das hipóteses para explicar a extinção dos dinossauros. Outra hipótese envolve vulcanismo intenso, concomitante com o choque do asteróide.

Se de fato estivermos diante de uma catástrofe iminente, seria possível prever que espécies permanecerão na Terra? Definitivamente, sim. Embora tais palpites sempre sejam arriscados, em virtude da extensa rede de interações que se estabeleceu entre os seres vivos, pode-se arriscar uma 'barbada'. Com quase toda certeza as arqueas, seres unicelulares em parte semelhantes às bactérias e em parte únicas, herdarão o planeta. Ou melhor, continuarão a existir aqui, como fazem há mais de 3,5 bilhões de anos, sem se importar com questões climáticas ou com as recentes ações deletérias dos humanos.

Quem são esses seres especiais? São microrganismos que vivem em praticamente todos os ambientes terrestres e marinhos, na ausência de luz ou de oxigênio e por vezes sob altíssimas pressões e temperaturas. Entre as cerca de 90 espécies já catalogadas, descobriu-se que muitas arqueas conseguem viver em condições extremas, não toleradas por qualquer

outro organismo. Ambientes de grande salinidade ou acidez, por exemplo, seriam considerados estéreis se não fosse a presença de arqueas halofílicas (que preferem sal ou ácido). Águas com temperatura próxima à do ponto de ebulição ou abaixo do ponto de congelamento são os ambientes prediletos de arqueas hipertermofílicas e psicrófilas, respectivamente. Seus metabolismos estão perfeitamente ajustados a tais condições, o que reflete a grande plasticidade das proteínas que as compõem.

Após nossa extinção, as arqueas permanecerão neste planeta até que o Sol termine seu ciclo estelar

As arqueas não param por aí. Com seus 'superpoderes', resistem ainda a enormes níveis de radioatividade, muito além dos que seriam letais para plantas e animais. A arquea *Deinococcus radiodurans*, por exemplo, é capaz, como o nome sugere, de regenerar seu DNA rapidamente após receber uma dose radioativa que reduz o genoma a pequenos fragmentos, e continua a viver e a se reproduzir como se nada tivesse acontecido. São conhecidos hoje tantos feitos das arqueas que é razoável admitir que elas poderiam colonizar ou ter colonizado qualquer planeta com condições similares às da Terra primitiva. O cenário marciano, por exemplo, parecido com o do deserto chileno de Atacama (o ambiente mais seco da Terra), poderia abrigar tais microrganismos em camadas do solo próximas à superfície, como ocorre em Atacama. Em breve saberemos.

O conhecimento sobre as arqueas, porém, não deixa de ser reconfortante para o *Homo sapiens*. Podemos especular, sem muito medo de errar, que as arqueas foram as células que deram origem, na Terra, a todas as outras formas de vida. Diante de tamanha resistência, é certo também que, após a nossa extinção, as arqueas permanecerão neste planeta até que o Sol termine seu ciclo estelar, daqui a cerca de 5 bilhões de anos. Há, portanto, tempo suficiente para um novo ciclo de evolução, que teria, digamos, de 2 a 3 bilhões de anos. Se os caminhos evolutivos forem parecidos com os que conhecemos agora, talvez surja uma segunda versão humana. Quem sabe esta será mais ecológica? ■

A energia é essencial para o desenvolvimento social e econômico do mundo. No entanto, sua produção e consumo provocam danos ambientais consideráveis. O uso crescente de combustíveis fósseis é apontado como a principal causa do aumento nas concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera e do cada vez mais evidente aquecimento global, mas outras formas de geração de energia também contribuem para esse problema. Entre elas estão as usinas hidrelétricas. A noção de que as hidrelétricas – responsáveis, no Brasil, por 77% da eletricidade produzida – fornecem uma energia ‘limpa’ vem sendo revista. Estudos revelam que a decomposição de matéria orgânica nas áreas alagadas pelos reservatórios de algumas usinas pode gerar e emitir para a atmosfera quantidades expressivas de metano e gás carbônico, dois gases envolvidos no aquecimento global.

Alexandre Kemenes

*Experimento de Larga Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (Programa LBA),
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa)*

Bruce Forsberg

Coordenação de Pesquisas em Ecologia, Inpa

John Melack

*Bren School of Environmental Science and Management,
University of California in Santa Barbara*

As hidrelétricas e o aquecimento global

Emissão de metano e gás carbônico é elevada em usinas do trópico úmido

A Terra enfrenta hoje uma situação sem precedentes em sua história recente e, segundo muitos cientistas, alarmante. Tal situação, que pode ameaçar a sobrevivência futura de todos os seres vivos, inclusive a espécie humana, é o chamado aquecimento global – o aumento da temperatura média dos oceanos e da atmosfera, próximo à superfície do planeta. O problema decorre da intensificação do efeito estufa, fenômeno natural que mantém a temperatura planetária dentro de níveis adequados à existência da vida como a conhecemos.

No efeito estufa, diferentes gases presentes na atmosfera retêm parte do calor que a Terra reflete, evitando que escape para o espaço. Se o processo não ocorresse, a temperatura média do planeta seria muito baixa e apresentaria fortes alterações entre o dia e a noite, dificultando a vida. Nos últimos 150 anos, porém, esse processo está se intensificando. Isso ocorre devido a diversas ações humanas, como a queima de combustíveis fósseis (petróleo e carvão mineral, por exemplo), o desmatamento, as mudanças no uso do solo e da água e outras, que aumentaram as emissões de alguns gases de efeito estufa e, em consequência, elevaram suas concentrações na atmosfera.

Cerca de 99% da atmosfera atual é formada por moléculas de nitrogênio (N_2) e de oxigênio (O_2), e a parcela restante inclui vários gases simples ou compostos. Entre esses últimos, os mais conhecidos gases-estufa são o gás carbônico (CO_2), o vapor d'água (H_2O), o metano (CH_4), o óxido nitroso (N_2O), os clorofluorcarbonetos (CFCs) e o ozônio (O_3). Há evidências de que o aumento significativo nas concentrações de alguns desses gases (gás carbônico, metano e óxido nitroso) estaria aquecendo gradualmente o planeta.

Para entender o problema e auxiliar no desenvolvimento de estratégias eficazes para reduzir seus impactos, cientistas de todo o mundo empenham-se em identificar e quantificar os principais

FOTO DE MAURICIO SIMONETTI/PULSAR IMAGENS

processos que influenciam o balanço dos gases de efeito estufa na atmosfera. A queima de combustíveis fósseis é a fonte mais conhecida de CO_2 , mas processos biológicos também afetam a concentração atmosférica desse e de outros gases-estufa. São exemplos o consumo de gás carbônico pelas plantas, na fotossíntese, e a liberação desse gás e do metano por comunidades biológicas durante o metabolismo e a decomposição de material orgânico. A decomposição de material orgânico (plantas, principalmente) em lagos profundos e áreas alagadas é uma das maiores fontes de metano, um dos gases que mais participam do aquecimento global.

Nesses casos, parte do carbono armazenado no tecido das plantas (em geral retirado da atmosfera na forma de CO_2) é liberada na forma de CH_4 quando estas se decompõem na ausência de oxigênio, condição encontrada com frequência em muitos reservatórios artificiais. Como o potencial térmico do CH_4 , calculado sobre um período de 100 anos, é 25 vezes maior que o do CO_2 , essa transformação de um gás em outro resulta em uma contribuição expressiva para o aquecimento global.

Emissões em áreas alagadas

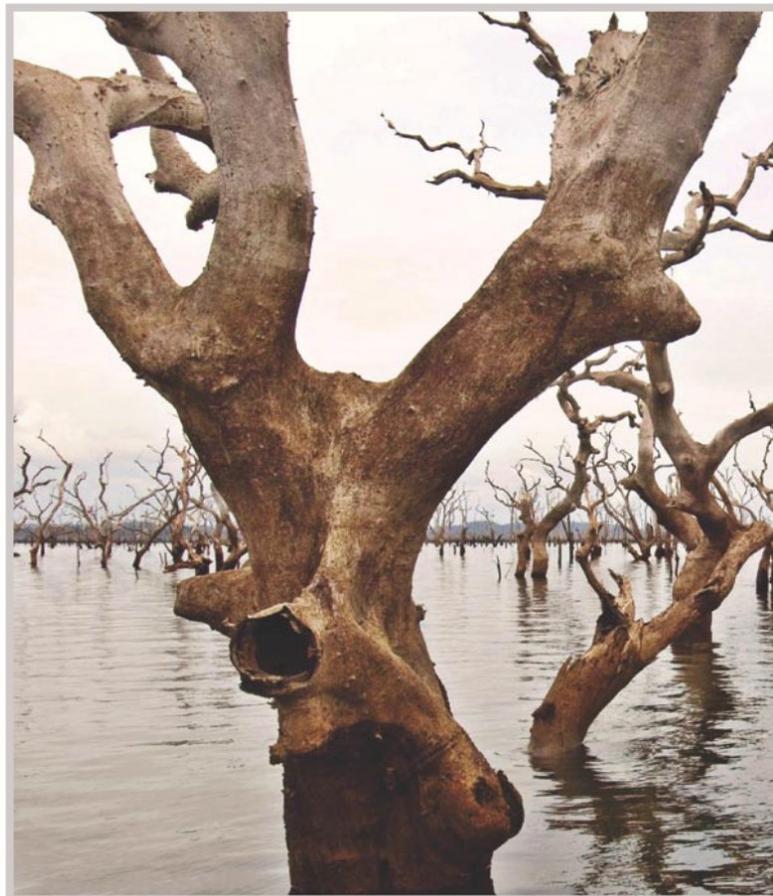
O represamento dos rios, para gerar energia elétrica, aumentou muito as áreas alagadas no mundo. Em geral, os reservatórios das hidrelétricas alagam vastas áreas com vegetação terrestre. A maior parte das plantas submersas morre e entra em decomposição, gerando CO_2 e CH_4 , que são liberados para a atmosfera por muitos anos. Parte desses gases é liberada, por difusão ou ebulição, na superfície da água. Outra parte é liberada abaixo das barragens, na saída das turbinas, devido à queda da pressão hidrostática (assim como parte do gás de um refrigerante sai logo que se abre a garrafa). Uma terceira parcela é lançada na atmosfera lentamente, por difusão, ao longo do canal dos rios, abaixo das barragens. Vincent Saint Louis, da Universidade de Alberta (Canadá), e outros estimaram, em 2000, que a emissão dos reservatórios corresponde globalmente a 4% das emissões de CO_2 e 18% das emissões de CH_4 decorrentes de ações humanas. Já a contribuição dos gases liberados abaixo das barragens para as emissões globais ainda é pouco conhecida e negligenciada.

Hoje, a maioria dos novos reservatórios surge em regiões tropicais, onde ainda é grande o potencial hidrelétrico subexplorado. No Brasil, a Eletrobrás tem um plano ambicioso da construção de hidrelétricas na Amazônia. Algumas já foram concluídas, como as de Balbina, Tucuruí, Samuel e Curuá-Una (figura 1). Outras, como Belo Monte (no rio Xingu), Santo Antônio e Jirau (ambas no rio Madeira) estão em fase de planejamento ou implantação. A escolha das hidrelétricas a serem construídas deveria

basear-se em uma rigorosa análise de custo e benefício, que contabilizasse, além das despesas de construção e manutenção, os custos ambientais – e a emissão de gases-estufa é um dos principais. Os custos econômicos e ambientais também deveriam ser comparados com os de outros tipos de usinas, como as termelétricas (que utilizam combustíveis fósseis ou nucleares), para garantir que a hidrelétrica tenha uma melhor relação custo/benefício.

A razão entre o potencial energético de uma hidrelétrica (em megawatts) e a área alagada pelo reservatório (em quilômetros quadrados) é denominada densidade energética. Esse fator é empregado com frequência para avaliar o impacto do represamento. No caso de algumas usinas amazônicas, a densidade energética é de 0,09 MW/km² em Balbina (que tem potencial de 250 megawatts e área máxima inundada de 2.600 km²), 0,39 em Samuel (216 MW e 550 km²), 0,73 em Curuá-Una (60 MW e 80 km²) e 1,74 em Tucuruí (primeira fase, com 4.240 MW e 2.430 km²). Na hidrelétrica de Petit-Saut, na Guiana, também situada em região de trópico úmido, a densidade é de 0,33 (120 MW e 365 km²). O valor relativamente alto previsto para Tucuruí, na primeira fase, foi uma das principais justificativas para sua construção. Em uma segunda fase, a densidade energética dessa usina alcançou um valor – 3,6 – significativamente superior ao da primeira fase. Em contraste, como o valor referente a Balbina (0,09) foi ex-

FOTO DE MAURICIO SIMONETTI/PUSKAR IMAGES



cepcionalmente baixo, sua implantação resultou em enormes danos ambientais, injustificáveis no atual clima político-ambiental.

As emissões totais de CO_2 e CH_4 dos reservatórios de usinas hidrelétricas são aproximadamente proporcionais à área alagada, embora as emissões de carbono por metro quadrado sejam maiores em represas tropicais do que nas temperadas, devido à elevada atividade metabólica em águas com temperaturas mais elevadas. A emissão total de gases-estufa abaixo da barragem só foi estimada com precisão em duas usinas tropicais. Gwenaël Abril, da Universidade Bordeaux 1, na França, e outros, determinaram as emissões da hidrelétrica de Petit-Saut em 2005, e um dos autores deste artigo (Kemenes) fez estudo semelhante em Balbina em 2006. Essa emissão, expressa em toneladas de carbono por megawatt-hora de energia gerado, foi de 0,42 em Petit-Saut e de 0,45 em Balbina.

Valores próximos sugerem que esse tipo de emissão pode ser relativamente constante e, portanto, similar em outras hidrelétricas do trópico úmido. Para avaliar a contribuição das emissões dessas usinas para o aquecimento global é preciso transformar o fluxo de CH_4 em 'equivalentes' de CO_2 , já que o primeiro tem potencial térmico muito maior. Isto é feito multiplicando as emissões de metano por 25 (ou seja, um grama de metano equivale, para efeito de aquecimento da atmosfera, a 25 gramas de gás carbônico).



Figura 1. No reservatório de Balbina, a morte e a decomposição da vegetação alagada pelo enchimento do reservatório resultou em emissões significativas de metano e gás carbônico

Hidrelétricas versus termelétricas

Como signatário do Protocolo de Kyoto, o Brasil se comprometeu a quantificar suas emissões de gases-estufa por meio de inventários de cada setor de atividade. O primeiro inventário dessas emissões nas hidrelétricas nacionais foi publicado por Luiz Pinguelli Rosa, do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia (Coope), e outros em 2006. Embora baseado em medidas realizadas em diversos reservatórios, o inventário subestima significativamente a contribuição das hidrelétricas nas emissões brasileiras. Os autores consideram apenas as emissões de gases-estufa acima das barragens, mas os estudos já citados revelam que as emissões abaixo das represas representaram 48% do total em Petit-Saut e 15% em Balbina. Como esses valores são representativos, o inventário pode ter subestimado as emissões totais de hidrelétricas por essa mesma ordem de magnitude.

O inventário brasileiro comparou as emissões de algumas hidrelétricas tropicais brasileiras com as produzidas por usinas termelétricas de combustíveis fósseis com o mesmo potencial energético e concluíram que, na maioria dos casos, a hidrelétrica era mais limpa. No entanto, como as emissões das hidrelétricas foram subestimadas, essa análise foi equivocada. Repetindo a análise para quatro usinas brasileiras da região Norte (Balbina, Tucuruí, Curuá-Una e Samuel) e para a de Petit-Saut, na Guiana, chegamos a uma conclusão diferente para as hidrelétricas sul-americanas do trópico úmido. Em nossa análise, todas as emissões acima e abaixo das barragens foram incluídas e convertidas para toneladas de carbono por MWh de energia elétrica gerada. Os dados de emissão acima da barragem foram derivados de estudos de Éric Duchemin, da Universidade de Quebec em Montreal, e outros (em 2000), de Ivan B. T. Lima, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, e outros (em 2002), de Gwenaël Abril e outros (em 2005) e de Alexandre Kemenes (em 2006). A energia efetivamente gerada pelas hidrelétricas foi estimada em 55% do seu potencial energético máximo, já que essa é a média para usinas brasileiras.

Para as três hidrelétricas brasileiras sem medições precisas de emissão abaixo da barragem (Tucuruí, Samuel e Curuá-Una), presumimos que essa emissão era igual ao valor médio encontrado em Balbina e Petit-Saut (0,43 tonelada de carbono por MWh). As emissões de metano das cinco usinas foram multiplicadas por 25, obtendo-se os equivalentes de CO_2 . Para as termelétricas brasileiras, foram usados os valores de emissão (por MWh) determinados em 2001 por Martina Bosi, da Agência Internacional de Energia. Calculadas com base nesses parâmetros, as emissões totais das hidrelétricas incluídas no estudo revelaram-se sempre maiores que as das termelétricas tropicais consideradas, inclusive as que queimam carvão mineral, tido ▶

como o combustível fóssil mais poluente (figura 2). Em Balbina, que tem uma das piores densidades energéticas das hidrelétricas brasileiras, a emissão de gases-estufa por MWh é cerca de 10 vezes maior que a de uma termelétrica a carvão mineral. Mesmo Tucuruí, com uma das melhores densidades energéticas do país, gera quase duas vezes mais gases-estufa por MWh que uma termelétrica a carvão.

Nesse tipo de comparação é importante considerar a origem das emissões e o potencial impacto no aquecimento global. No caso das termelétricas a combustíveis fósseis, a fonte das emissões não é renovável e a contribuição efetiva para o aquecimento global é igual à quantidade total de gases emitida. Já no caso das hidrelétricas estudadas, a situação é mais complexa porque as emissões podem se originar de fontes renováveis e não-renováveis.

A emissão de gases-estufa que deriva da decomposição de material orgânico presente nas plantas e nos solos terrestres alagados pelo reservatório também é uma contribuição direta para o aquecimento, já que a vegetação original do lago morreu e jamais se recuperará. A situação é diferente quando as emissões derivam do material orgânico produzido por plantas terrestres vivas da bacia acima da barragem, cujos detritos são transportados para o reservatório pelos rios. Nesse caso, a quantidade de carbono liberado no metabolismo e na decomposição é similar à quantidade de CO₂ atmosférico sequestrado pelas plantas por meio da fotossíntese, resultando em uma emissão líquida próxima de zero. Quando a emissão ocorre na forma de CO₂, o efeito no aquecimento atmosférico é nulo. A situação é mais complexa quando o material orgânico é de plantas aquáticas, produzidas no reservatório, já que o CO₂ fixado pode ser

derivado da atmosfera ou da decomposição de matéria orgânica já existente no sistema aquático. Nesse caso, uma parte significativa das emissões pode ser efetiva.

Em 2005, Cory Matthews, da Universidade de Alberta (Canadá), e outros quantificaram em detalhe os estoques e fluxos de carbono antes e depois da construção de cinco pequenas represas canadenses e concluíram que as emissões de gases-estufa após o represamento eram derivadas principalmente do material orgânico terrestre (plantas e material orgânico no solo) preexistente na área do reservatório. Uma análise do balanço de carbono no reservatório tropical Petit-Saut durante os primeiros 10 anos após o represamento também indicou que as emissões de gás carbônico e metano derivaram predominantemente das plantas e da matéria orgânica do solo preexistentes na área inundada. As maiores taxas de decomposição e emissão foram registradas nos primeiros anos após o fechamento, mas a fonte das emissões foi a mesma durante todo o período.

Tais estudos sugerem que o balanço das emissões das hidrelétricas analisadas é positivo e, portanto, elas de fato contribuem para o aquecimento global. Vale lembrar que, independentemente da fonte, todo fluxo de metano contribui para o aumento do efeito estufa devido ao maior potencial de aquecimento atmosférico desse gás em relação ao CO₂ originalmente fixado pelas plantas.

A contribuição efetiva das emissões das hidrelétricas para o aquecimento global também depende do balanço de carbono que ocorria originalmente no ecossistema alagado pelo reservatório. Se antes o ecossistema acumulava matéria orgânica, o gás carbônico que, com a inundação, deixou de ser sequestrado deve ser somado às emissões.

Entretanto, se o ecossistema original emitia carbono, o gás que deixou de ser liberado deve ser descontado das emissões da hidrelétrica.

Estudos do balanço de carbono em ecossistemas terrestres e aquáticos da região amazônica realizados pelo Experimento de Larga Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (projeto LBA) têm mostrado que a floresta tropical úmida acumula carbono, enquanto os ecossistemas aquáticos o liberam. Como os fluxos terrestres (negativos) e aquáticos (positivos) estimados para toda a região tiveram a mesma ordem de grandeza, as emissões de gases-estufa preexistentes nas áreas dos reservatórios de Balbina, Tucuruí, Curuá-Una, Samuel e Petit-Saut provavelmente eram próximas de zero e, portanto, não devem ser contabilizadas nas emissões atuais desses sistemas.

Com base em todos esses dados, pode-se concluir que as emissões das hidrelétricas tropicais apresentadas nesse estudo são positivas. Portanto, participam do processo de aquecimento global e podem ser com-

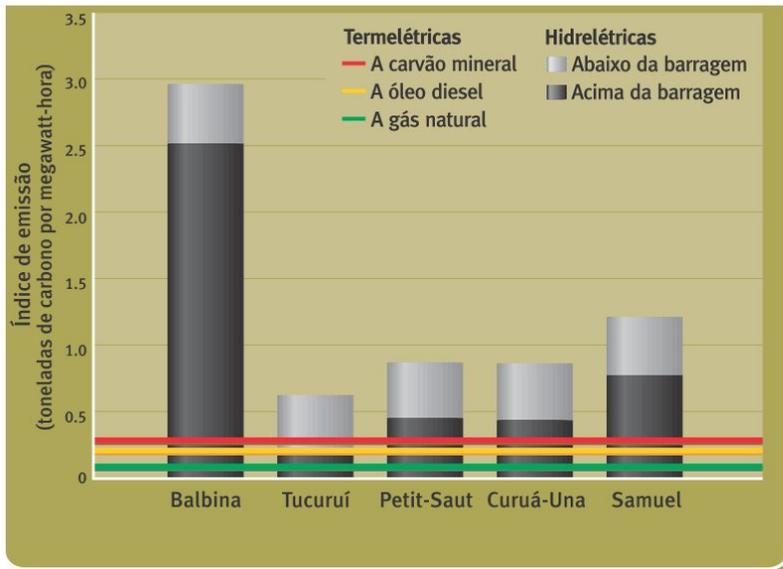
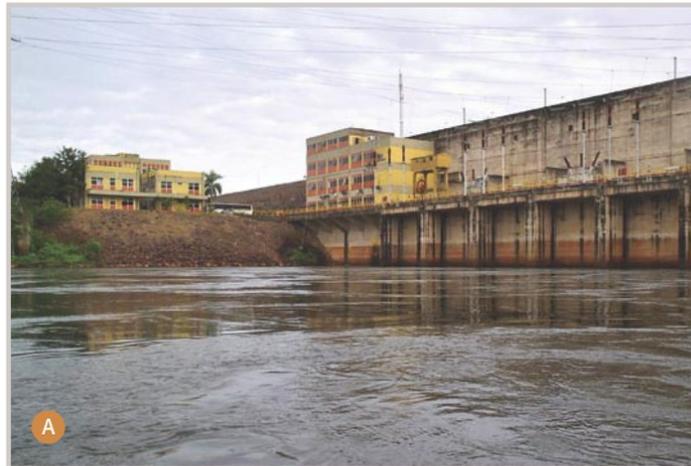


Figura 2. Índices de emissões de gás carbônico e metano (calculadas de acordo com o potencial térmico de cada composto) em relação à energia elétrica gerada de cinco hidrelétricas do trópico úmido sul-americano (colunas) e de três tipos de termelétricas movidas a combustíveis fósseis (linhas em cores), com indicação das emissões acima (área preta nas colunas) e abaixo (área cinza) das barragens

Figura 3. Na saída da água após a passagem pelas turbinas, na hidrelétrica de Balbina (A), ocorre forte emissão de gases de efeito estufa, e mesmo no rio Uatumã (B), 30 km abaixo da barragem, ainda são constatadas fortes emissões superficiais desses gases



FOTOS DE A. KEMENES

paradas diretamente com as emissões de termelétricas abastecidas por combustíveis fósseis.

Considerando a grande participação das hidrelétricas na produção energética brasileira, esses resultados são preocupantes, pois indicam que o setor elétrico pode contribuir significativamente para o aquecimento global. Assim, um novo inventário das emissões de gases de efeito estufa por hidrelétricas é claramente necessário, visando dimensionar adequadamente essa contribuição. Esse inventário deve levar em conta todos os componentes desse fluxo, a dinâmica de gases antes do represamento e as fontes orgânicas das emissões. Dados precisos sobre as emissões líquidas das hidrelétricas existentes são necessários para avaliar a contribuição desses sistemas às emissões nacionais e também para desenvolver estratégias eficazes para reduzir, no futuro, as emissões de todo o setor elétrico.

O metano pode gerar energia

A usina hidrelétrica continuará a ser uma das mais econômicas tecnologias para gerar energia no Brasil. Seu custo ambiental, porém, pode ser excepcionalmente alto no trópico úmido, o que poderá desestimular o licenciamento para novas unidades. Apenas hidrelétricas com elevadas densidades energéticas deveriam ser construídas, e a retirada da vegetação terrestre antes do enchimento dos reservatórios contribuirá para reduzir as emissões.

Novas tecnologias também poderiam contribuir para a redução das emissões de antigas unidades. As tecnologias mais promissoras incluem métodos de coleta do metano presente em águas profundas dos reservatórios de hidrelétricas antes, durante e após a passagem da água pelas turbinas, com a subsequente queima do biogás coletado para a ge-

ração de energia elétrica. Estudos nesse sentido foram realizados em 2006 por Alexandre Kemenes e outros (coletas abaixo da barragem, durante e após a passagem da água pelas turbinas) e por Luís Antonio W. Bambace, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, e outros (coletas ainda no reservatório). Estimativas feitas para a hidrelétrica de Balbina sugerem que a coleta e a queima do metano que passa pelas turbinas (figura 3) poderiam aumentar o potencial energético médio dessa usina em até 75% e reduzir suas emissões desse gás em 65%.

Além disso, as emissões de metano evitadas por esse processo poderiam, apenas em Balbina, ser transformadas em US\$ 20 milhões em créditos de carbono por ano. Para as cinco hidrelétricas citadas, foi estimado que o total de metano que passa anualmente por suas turbinas equivale ao total de gás carbônico emitido, também por ano, pela cidade de São Paulo por meio da queima de combustíveis fósseis. O aproveitamento do metano poderia acrescentar 1.640 MW ao potencial energético nacional e arrecadar US\$ 400 milhões em créditos de carbono por ano, de acordo com o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo estabelecido pelo Protocolo de Kyoto. ■

SUGESTÕES PARA LEITURA

- ABRIL, G. et al. 2005. 'Carbon dioxide and methane emissions and the carbon budget of a 10-year old tropical reservoir (Petit Saut, French Guiana)' in *Global Biogeochemical Cycles*, 19: 1-16.
- BOSI, M. 2001. *An initial view on methodologies for emission baselines: Electricity generation case study*. International Energy Agency/ Organization for Economic Cooperation and Development. 65 p.
- KEMENES, A. 2006. Emissão de metano e gás carbônico pela Hidrelétrica de Balbina. Tese de doutorado, 98 pp., Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Manaus, Amazonas, Brazil.
- ROSA, L. P. et al. 2006. *Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Emissões de dióxido de carbono e de metano pelos reservatórios hidrelétricos brasileiros*. COPPE/MCT. Brasília.
- SAINT LOUIS, V.C. et al. 2000. 'Reservoir surface as sources of greenhouse gases to the atmosphere: a global estimate' in *Bioscience*, 20: 766-775.

Viajantes clandestinos

NAVIOS BRASILEIROS TRANSPORTAM ESPÉCIES MARINHAS NATIVAS E EXÓTICAS NOS CASCOS

Os navios que percorrem os mares de todo o mundo podem carregar em seus cascos grande número de diferentes organismos. Tais organismos são conhecidos como incrustantes, devido à capacidade de se fixar em superfícies como as de rochas, madeira e metais, e até nas carapaças de outros organismos. Esse transporte acontece desde os primórdios da navegação, sendo responsável pela introdução de espécies marinhas em locais onde antes não existiam, e em muitos casos com efeitos negativos sobre as espécies nativas. As incrustações nos cascos dos navios ainda geram prejuízos econômicos e ecológicos, como revelam estudos recentes, inclusive no Brasil, sobre esse sério problema.

Fabio Mostacato Bastos

*Departamento de Biologia,
Universidade Federal Fluminense,
e Instituto de Estudos
do Mar Almirante Paulo Moreira (IEAPM)*

Ricardo Coutinho

*Instituto de Estudos do Mar
Almirante Paulo Moreira (IEAPM)*

Os primeiros marinheiros, que teriam começado a se aventurar no mar há mais de 4 mil anos, depararam-se com um problema sério em suas embarcações: ao longo do tempo, plantas e animais marinhos fixavam-se nas partes submersas dos cascos de madeira. Essas incrustações, além de reduzir consideravelmente a velocidade dos barcos, ao aumentar o peso e o atrito com a água, também eram responsáveis pela destruição gradual da madeira usada em sua construção.

As incrustações eram vistas como um estorvo à atividade das frotas comerciais, bélicas e civis, pois exigiam limpezas ou consertos periódicos dos cascos, mas os navegadores, até o século passado, não tinham idéia de que elas também constituíam um problema ecológico. O deslocamento de um organismo para além de sua distribuição geográfica original pode fazer que, ao se estabelecer em uma nova área, ele altere o equilíbrio natural das comunidades biológicas ali existentes. Em muitos casos, a espécie recém-chegada encontra condições tão favoráveis ao seu desenvolvimento que se dissemina rapidamente no novo ambiente, competindo com as nativas e ameaçando a sobrevivência destas.

Ao longo de alguns milhares de anos, várias espécies foram transportadas nos cascos de navios, de porto em porto, e encontraram nos novos ambientes condições de reprodução e sobrevivência, colonizando-os. Estudos científicos constataram, nas últimas décadas, que a disseminação de alguns desses organismos foi tão agressiva que provocou desequilíbrios ecológicos irreversíveis em diversos lugares. Os grupos de organismos incrustantes mais frequentemente encontrados nos cascos são as cracas, os briozoários, as algas, os hidrozoários, as esponjas, as anêmonas e outros.

No Brasil, um exemplo do problema é o mexilhão *Perna perna* (figura 1). Esse mexilhão comestível, presente em diversas áreas do litoral do país, foi considerado por muito tempo uma espécie nativa, mas estudos da bióloga Rosa Cristina C. L. Souza revelaram que não há vestígios desse molusco em sambaquis (depósitos de conchas e artefatos humanos

feitos no litoral por antigas populações indígenas) existentes no Brasil – um indício de que se trata de uma espécie exótica. Em artigo incluído no livro *Água de lastro e bioinvasão*, a pesquisadora conclui – com base na presença de vestígios de *P. perna* em sambaquis da África datados entre 10 mil e 115 mil anos – que a espécie chegou ao Brasil nos cascos dos navios que traziam escravos africanos (o país foi o maior comprador de escravos do mundo entre os séculos 16 e 19).

Figura 1.
O mexilhão exótico *Perna perna* foi encontrado no casco da lancha Tubarão, da Marinha, uma das embarcações estudadas. O molusco fixou-se em uma falha da pintura do casco, junto com formações calcárias do poliqueto *Hydroides elegans*, outra espécie comum em cascos de navios



FOTO DE MAURICIO SIMONETTI/PULSAR IMAGENS

FOTO DE F. M. BASTOS, 2005

Portanto, não é difícil imaginar que navios com cascos de madeira alteraram a distribuição geográfica de numerosas espécies marinhas ao longo da história. O que dizer então das embarcações com cascos metálicos?

Tintas eficientes, mas tóxicas

A incrustação de organismos marinhos em navios foi afetada, a partir do século 20, por uma série de avanços tecnológicos na navegação, como cascos de metal, maior velocidade das embarcações e principalmente tintas antiincrustantes. Os cascos de metal não sofrem degradação estrutural, como os de madeira. Ainda hoje, moluscos perfuradores (como os do gênero *Teredo*) podem danificar barcos de madeira mal cuidados. Com o aumento da velocidade dos navios, apenas as espécies com fixação mais eficiente conseguem permanecer aderidas aos cascos durante as viagens. Já as novas tintas antiincrustantes evitam ou minimizam a fixação de organismos durante o período de ação efetiva da pintura.

Na década de 1970, foi lançada no mercado uma tinta muito eficiente contra a incrustação. Sua capacidade de evitar o desenvolvimento dos organismos incrustantes nos cascos deve-se à presença em sua composição de uma substância biocida, o tributílo-estanho (TBT), que inibe a fixação nos cascos por até cinco anos. No início da década de 1980, porém, estudos científicos constataram que o TBT, liberado aos poucos pela tinta, acumula-se no ambiente marinho, principalmente no sedimento, e pode causar problemas hormonais em certos moluscos, levando ao surgimento de estruturas sexuais masculinas nas fêmeas (problema denominado 'imposex'). Após uma série de discussões sobre a nocividade do composto para os organismos marinhos, a Organização Marítima Internacional (IMO, na sigla em inglês) proibiu sua utilização a partir de janeiro deste ano.

Embora a eficiência do tributílo-estanho como substância antiincrustante em tintas marítimas seja inegável, o envelhecimento e o desgaste da tinta, além de falhas na pintura, criam condições para a fixação e o desenvolvimento dos orga-

Figura 2. Uma falha da pintura (faixa horizontal) do casco da lancha Tubarão mostra incrustações do poliqueto *H. elegans* (círculo amarelo), de cracas do gênero *Balanus* (círculo vermelho) e da craca exótica *Megabalanus coccopoma* (círculo azul), em comparação com a área sem falhas (pintura de tom vermelho-claro)



FOTO DE F. M. BASTOS, 2005

nismos (figura 2). Vários estudos confirmaram a presença de espécies incrustantes, incluindo exóticas, em cascos de navios pintados com tintas à base de TBT, mas que apresentavam falhas de pintura.

Existem outras tintas antiincrustantes no mercado, mas as que usam o TBT ainda são mais eficientes. Antes mesmo do banimento das tintas com TBT, os principais fabricantes decidiram parar de produzi-las. De fato, as tintas atuais que usam biocidas como zinco ou cobre mostram eficiência semelhante à obtida com o uso do TBT. O principal problema é que, com a adoção dessas novas tintas, tem sido observado um aumento significativo da concentração desses metais no ambiente, o que certamente provocará em breve o seu banimento. Novas formulações estão sendo desenvolvidas, inclusive no Brasil, empregando-se biocidas extraídos de organismos marinhos, o que permitirá uma nova perspectiva no combate às incrustações, com tintas eficientes, mas de baixa toxicidade.

Pesquisa no mundo e no país

A Austrália e a Nova Zelândia são os países que têm realizado o maior volume de pesquisas sobre o transporte em cascos de navios. Alguns estudos relevantes, porém, foram feitos nos Estados Unidos e na Alemanha.

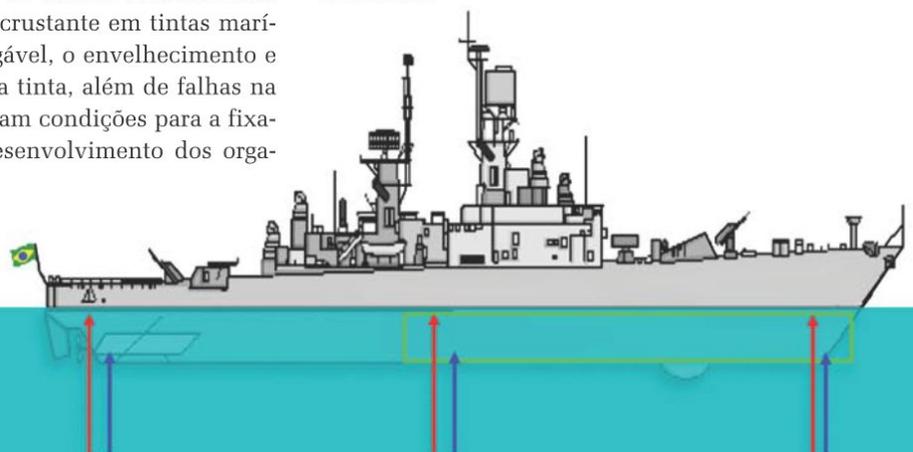


Figura 3.

Esquema das partes dos cascos das embarcações examinadas: no navio Frotargentina, a amostragem foi feita da meia-nau à proa (caixa verde), e na lancha Tubarão foram coletadas amostras na popa, na meia-nau e na proa, tanto na linha d'água (setas vermelhas) quanto nas partes submersas (setas azuis)

Estudo feito em 2001 pela bióloga Kerstin Wasson, da Universidade da Califórnia em Santa Cruz, e sua equipe, definiu os mecanismos de transporte de espécies por navios. Segundo os pesquisadores, a invasão inicial de uma região por uma espécie exótica ocorre por meio da navegação internacional (mecanismo inter-regional). Depois que ela se estabelece, pode se dispersar por outras áreas do país ou região invadida por meio da navegação doméstica ou outros vetores (mecanismos intra-regionais). O estudo concluiu que a presença freqüente de embarcações estrangeiras em grandes portos pode torná-los 'distribuidores' de espécies exóticas para outras regiões de um mesmo país através da navegação doméstica.

O ecólogo neozelandês Ashley Coutts, do Instituto Cawthron, inspecionou 30 navios, em 2003, em mergulho autônomo, e constatou que todos tinham espécies incrustantes nos cascos. Sua pesquisa demonstrou que mesmo navios bem cuidados estão sujeitos a incrustações, principalmente em áreas do casco com falhas na pintura ou protegidas da forte pressão da água em maior velocidade. Os navios com mais incrustações eram os que navegavam apenas no país, o que destaca a navegação intra-regional como importante vetor de transporte de espécies.

No porto Philipe Bay, em Vitória (Austrália), o biólogo Chad Hewitt, do Centro Nacional para a Conservação Marinha e Costeira (Australian Maritime College), e equipe fizeram em 2004 um levantamento de espécies incrustantes. Das 160 espécies encontradas, 99 eram exóticas e 61 não tiveram sua condição (exótica ou nativa) definida. O estudo concluiu que 78,3% dessas espécies foram, provavelmente, introduzidas em cascos de navios.

Pesquisa realizada pelos autores em 2006 revelou que os cascos de navios domésticos transportam espécies nativas e exóticas, que essas espécies são, em sua maior parte, resistentes às viagens e que a maioria das populações incrustantes apresenta uma distribuição peculiar ao longo dos cascos dos navios.

O estudo foi feito em duas embarcações: o navio cargueiro Frotargentina, com 193,8 m de comprimento, pertencente à empresa Frota Oceânica Brasileira S.A., e a lancha balizadora Tubarão, com 26 m de comprimento, pertencente ao Centro de Sinalização Náutica e Reparos Almirante Moraes Rego (CAMR), da Marinha do Brasil. O primeiro atua no setor salineiro, transportando sal de Areia Branca (RN) para o porto do Forno, em Arraial do Cabo (RJ), e é pintado com tinta à base de TBT. A lancha da Marinha realiza a manutenção de bóias e faróis, principalmente na costa da região Sudeste, e é pintada com tinta livre de estanho.

As incrustações no casco do navio Frotargentina foram avaliadas no porto do Forno (RJ), no porto Ilha (RN), também conhecido como Termisa, e de novo no porto do Forno. Foram tomadas 48 amostras, de forma aleatória, com o uso de um quadrado de 10 cm por 10 cm, da proa até a metade do navio (meia-nau), incluindo a linha d'água e as partes submersas, chamadas de obras vivas (figura 3). A identificação e contagem dos organismos de cada amostra foi efetuada por meio de mergulho autônomo. Foram encontradas seis espécies nativas e uma exótica. A metodologia utilizada (o exame direto com o quadrado) e a pintura antiincrustante (com TBT) provavelmente explicam o baixo número de espécies identificadas e o reduzido percentual de cobertura.

A craca *Balanus amphitrite* e macroalgas dos gêneros *Enteromorpha* e *Polysiphonia*, espécies mais abundantes no casco do navio (figura 4), resistiram

Estudo em navios brasileiros

Existem poucas pesquisas sobre o transporte de espécies em cascos de navios brasileiros. Uma avaliação das incrustações em cascos de navios da Marinha do Brasil é realizada há vários anos, mas os resultados são de divulgação restrita. O pesquisador Ricardo Coutinho e sua equipe, do Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira, vinculado à Marinha brasileira, mostraram, com base em mais de 20 anos de pesquisas do Setor de Bioincrustação desse instituto, que esse tipo de transporte representa uma séria ameaça aos ecossistemas marinhos brasileiros.

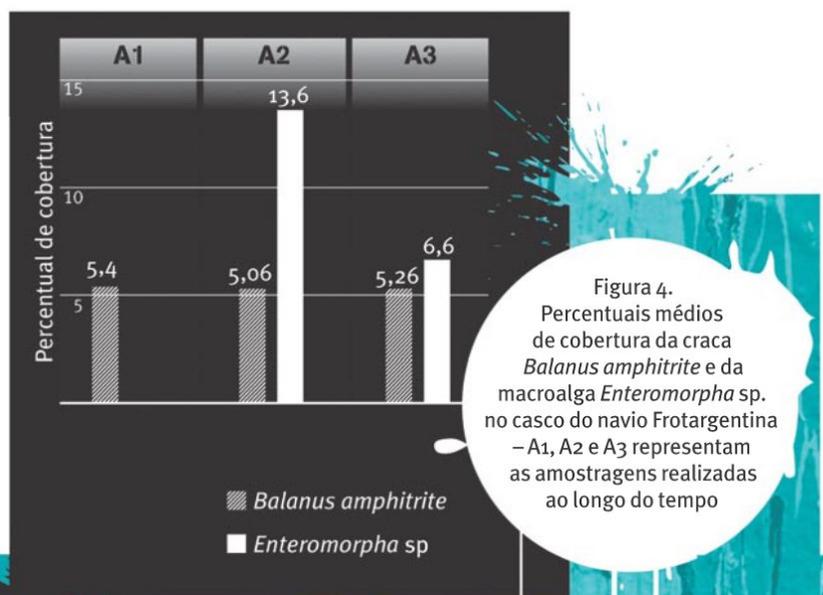
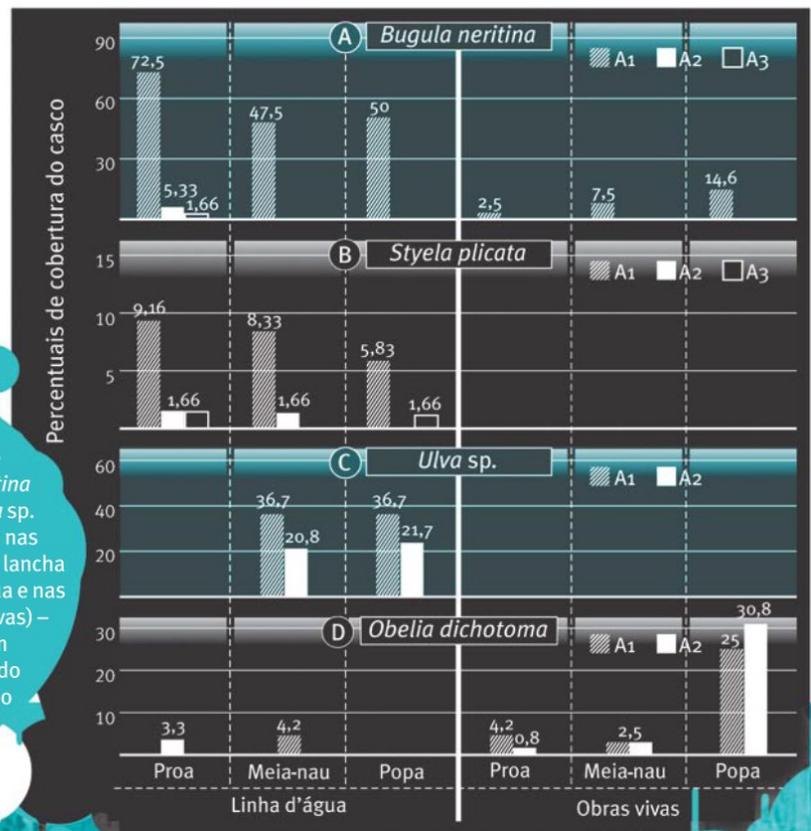




Figura 5. A imagem, do casco da lancha Tubarão, mostra alguns organismos incrustados: a craca *Megabalanus coccopoma* (círculo vermelho), a ascídia *Styela plicata* (círculo azul) e a macroalga *Ulva* sp. (círculo amarelo)

à viagem de ida e volta (cerca de 4 mil km) entre Arraial do Cabo e Areia Branca. Além disso, a macroalga *Enteromorpha* mostrou ser extremamente oportunista: não foi encontrada na primeira amostragem, em Arraial do Cabo, mas estava incrustada na segunda e na terceira. Provavelmente, a fixação dos propágulos (estruturas reprodutivas) dessa alga no casco e seu desenvolvimento ocorreram enquanto o Frotargentina ficou retido para reparos, por cinco dias, na baía da Guanabara (RJ), antes de seguir para Areia Branca (RN). A espécie exótica encontrada foi a craca *Megabalanus coccopoma*, já estabelecida na região Sudeste – portanto, o Frotargentina encaixou-se no modelo de transporte intra-regional, por ter levado essa craca para o Nordeste em seu casco.

Figura 6. Percentuais médios de cobertura de *Bugula neritina* (A), *Styela plicata* (B), *Ulva* sp. (C) e *Obelia dichotoma* (D) nas diferentes partes do casco da lancha Tubarão, acima da linha d'água e nas partes submersas (obras vivas) – A1, A2 e A3 representam diferentes amostragens do casco ao longo do tempo



No caso da lancha Tubarão foi possível aprofundar o estudo, com o uso de dois métodos de amostragem: o quadrado e a raspagem. Após a contagem com o quadrado, foram realizadas raspagens com espátula, em 24 áreas de 10 cm por 10 cm (quatro para cada seção do casco), guardando-se as incrustações retiradas em bolsas plásticas para identificação das espécies e contagem de indivíduos em laboratório. Os pesquisadores registraram 43 espécies incrustantes diferentes nessa lancha. O aumento no número de organismos, em relação ao navio Frotargentina, deveu-se provavelmente ao emprego dos dois métodos de amostragem (em especial a raspagem) e ao tipo de tinta antiincrustante usado na lancha (livre de estanho, mas menos eficiente que as tintas com TBT).

As espécies mais abundantes no casco da lancha foram cracas brasileiras do gênero *Balanus* (das espécies *amphitrite*, *trigonus*, *eburneus* e *improvisus*), a craca exótica *Megabalanus coccopoma*, o mexilhão exótico *Perna perna*, o poliqueto (animal aquático aparentado das minhocas) *Hydroides elegans* e outros



Figura 7. Incrustações do bivalve exótico *Isgonomon bicolor* no costão rochoso da Fortaleza em Arraial do Cabo (quadrado vermelho)

tipos de animais como o hidrozoário *Obelia dichotoma*, o briozoário *Bugula neritina* e a ascídia exótica *Styela plicata*, além de macroalgas dos gêneros *Ulva* e *Enteromorpha* (uma espécie de cada) (figura 5). Foi encontrado outro molusco bivalve exótico, o *Isgonomon bicolor*, mas em baixa abundância.

Algumas das espécies mais abundantes mostraram forte fixação, resistindo às viagens sem alterações significativas na densidade. As cracas, por exemplo, suportam o fluxo de água, quando o navio está em movimento, graças ao exoesqueleto calcário rígido e à forte fixação ao casco. Entretanto, outros organismos, como *B. neritina* e *S. plicata*, apresentaram drástica redução entre as amostragens. Na primeira, no porto do Forno (RJ), a densidade de ambas era alta, mas na segunda amostragem no mesmo porto, depois que a lancha Tubarão retornou de Macaé (RJ), essa densidade havia diminuído muito (figura 6). Esse resultado pode ser explicado pelo tamanho – altura – das colônias de *B. neritina* e *S. plicata* (quanto mais alta a colônia, maior a pressão da água quando a lancha está em movimento) e pela fraca fixação dessas espécies ao casco. A densidade caiu após a primeira viagem, mas indivíduos menores permaneceram incrustados. Nas viagens seguintes, a densidade não se alterou, indicando que colônias dessas espécies com altura menor podem ser transportadas nos cascos de navios para outras regiões.

O estudo revelou que as espécies incrustantes tendem a manter, nos cascos dos navios, a distri-

buição que exibem originalmente na natureza (costões rochosos, por exemplo). Alguns exemplos são a macroalga do gênero *Ulva*, mais abundante na linha d'água, e o hidrozoário *Obelia dichotoma*, mais comum nas obras vivas. Na natureza, as populações dessa macroalga ocorrem com maior frequência nas partes submersas dos costões rochosos próximos à superfície, onde a luminosidade é alta

– assim como na linha d'água dos cascos, que recebe mais luz. Já *O. dichotoma* é característico da parte mais profunda dos costões rochosos, onde muitas vezes a luminosidade é limitada – esse hidrozoário foi mais

abundante, na lancha Tubarão, justamente na parte mais profunda do casco, que recebe menos luz. Outras espécies também se fixam, nos cascos, segundo padrões semelhantes aos que seguem em ambientes naturais. A lancha da Marinha também se encaixou no modelo de transporte intra-regional de espécies. O molusco *I. bicolor* foi transportado em seu casco do litoral do Rio de Janeiro (saindo do porto do Forno), onde essa espécie já está estabelecida (figura 7), para o litoral capixaba (na Capitania dos Portos de Vitória), onde essa espécie ainda não se estabeleceu.

O levantamento evidenciou a importância dos cascos de embarcações no transporte das espécies na costa brasileira e a necessidade de novos estudos sobre esse transporte, envolvendo aspectos ecológicos como o recrutamento de espécies, o alcance desse transporte dentro e fora do país e o efeito das diferentes pressões exercidas pela água em movimento, nas viagens, sobre as colônias incrustadas. Como os crescentes investimentos no setor naval tendem a aumentar o número e o fluxo de embarcações dentro do país, é urgente conhecer a biologia e a ecologia das espécies incrustantes para fundamentar as decisões sobre a prevenção e a solução de possíveis casos de introdução de espécies em seus cascos, visando proteger os ecossistemas marinhos da costa brasileira. ■

SUGESTÕES PARA LEITURA

- GODWIN, L. S. 'Hull fouling of maritime vessels as a pathway for marine species invasions to Hawaiian islands', in *Biofouling*, v. 19 (suppl.), p. 123, 2003.
- BASTOS, F. M. & COUTINHO, R., 2006. 'O transporte intra-regional de espécies marinhas incrustantes em cascos de navios' (dissertação de mestrado), Universidade Federal Fluminense (disponível no Laboratório de Processos de Incrustantes do IEAPM).
- SILVA, J. S. V. e SOUZA, R. C. L. *Água de lastro e bioinvasão*. Rio de Janeiro, Interciência, 2004.
- WASSON, K.; ZABIN, C. J.; BEDINGER, L.; DIAZ, M. C.; PEARSE, J. S. 'Biological invasions of estuaries without international shipping: the importance of intraregional transport', in *Biological Conservation*, nº 102, p. 143, 2001.

PISTAS DE INFECÇÕES

Os povos que viviam nas Américas, antes da chegada dos europeus, sofriam das mesmas infecções parasitárias que afligiam os conquistadores? Responder a perguntas como essa é o papel da paleoparasitologia, que pesquisa corpos mumificados, restos orgânicos e até fezes fossilizadas em busca de vestígios de parasitos. Tais informações são úteis em várias áreas da ciência, permitindo saber mais sobre a história das doenças e da medicina, sobre as migrações humanas e sobre a vida dos nossos antepassados.

Bárbara Bulhões Lopes de Andrade

*Programa de Vocação Científica,
Laboratório de Paleoparasitologia,
Escola Nacional de Saúde Pública,
Fundação Oswaldo Cruz*

Gabriella Mendes Vieira da Silva,

Isabel Teixeira dos Santos,

Priscilla Araújo da Silva

e Tatiana Eustáquia Magalhães

*Programa de Iniciação Científica (CNPq),
Laboratório de Paleoparasitologia,
Escola Nacional de Saúde Pública,
Fundação Oswaldo Cruz*

PRÉ-HISTÓRICAS

Desvendar a origem e a evolução das infecções parasitárias, a partir de informações obtidas pela identificação e análise de

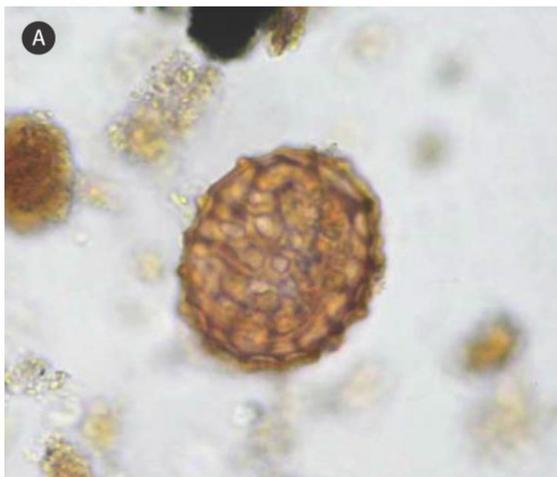
O estudo de corpos mumificados, como os do povo Chinchoro, do norte do Chile (na imagem), ajuda a identificar doenças dessas populações antigas

vestígios de parasitos em material arqueológico e paleontológico, é o objetivo da paleoparasitologia. Essa ciência, relativamente nova, permite reconstituir hábitos de populações já desaparecidas e compreender melhor os aspectos atuais de diferentes doenças infecciosas. É uma ciência interdisciplinar, na qual a arqueologia, a biologia, a antropologia e a medicina, entre outras, são necessárias para a compreensão dos eventos ao longo da evolução biológica e social da humanidade.

Pesquisas sobre a presença de parasitos em populações antigas podem fornecer contribuições relevantes para a determinação do surgimento dessas moléstias, de sua prevalência em grupos humanos de diferentes épocas e locais e das características de sua disseminação ao longo da história, o que abrange aspectos como as migrações humanas e os contatos entre civilizações. ▶

FOTO: VIRGO PRODUCTIONS/ZENFI/CONRIS/LATIM STOCK

Figura 1. Ovos dos vermes intestinais *Ascaris lumbricoides* (A – aumento de 330 vezes) e *Trichuris trichiura* (B – aumento de 400 vezes) encontrados em sedimento de latrina do período medieval europeu, na Bélgica



FOTOS: CEDIDAS POR P. SILVA

Os estudos paleoparasitológicos, como os que visam identificar ovos de parasitos intestinais em fezes fossilizadas (coprólitos) e em antigos locais usados como fossas e latrinas, ou encontrar tais ovos e vestígios de doenças parasitárias em corpos mumificados, permitem conclusões sobre a evolução histórica dessas doenças. Na Europa, por exemplo, as diferentes abundâncias de ovos de vermes em fezes fossilizadas e sedimentos arqueológicos de fossas e latrinas (figura 1), do período neolítico (entre 14 mil e 6 mil anos atrás) até finais do século 19, revelam que o número e a diversidade de parasitos aumentaram na Idade Média, indicando a precariedade das condições sanitárias nessa época. Nas Américas, estudos em múmias revelaram que diversos vermes intestinais já parasitavam as populações nativas há milhares de anos e que a tuberculose e a doença de Chagas também são antigas no continente.

O início da paleoparasitologia pode ser creditado ao bacteriologista inglês – nascido em Lyon, na França – Marc A. Ruffer (1859-1917), que no início do século 20 encontrou ovos de parasitos em múmias egípcias e pôde determinar doenças que atingiam até faraós e outras autoridades. As técnicas que possibilitavam a recuperação dos ovos, porém, eram inadequadas até meados do século, limitando as descobertas dos cientistas. Os achados só se multiplicaram após a introdução de novos métodos de reidratação de coprólitos ou material extraído de antigas fossas, nos anos 60, e de dissociação desses materiais por ácido, nos anos 80.

Houve grande avanço no diagnóstico de infecções parasitárias do passado com o uso de técnicas desenvolvidas pela biologia molecular (ver ‘Dos caçadores de micróbios à paleoparasitologia molecular’, em CH nº 152). Essas técnicas são capazes de detectar fragmentos de genes de parasitos em remanescentes arqueológicos, como tecidos moles e

mesmo ossos, conservados pela mumificação natural ou artificial. O uso da dentina, preservada no interior dos dentes, mostrou-se excelente para esses estudos, pois conserva o material genético (DNA) isolado de contaminação ambiente.

ANÁLISE DE COPRÓLITOS E RESTOS ORGÂNICOS

Um dos problemas da paleoparasitologia é a identificação da origem zoológica do material examinado. As fezes fossilizadas encontradas nos sedimentos arqueológicos, por exemplo, podem ter sido produzidas por humanos ou por outros animais (figura 2). Há métodos eficientes para verificar essa origem, entre elas a comparação com as fezes de animais atuais (em relação a forma, tamanho e outros aspectos) e a análise de restos alimentares e de parasitos específicos porventura encontrados.

Em certos casos, porém, o cientista depara-se com maiores dificuldades. As fossas e locais de depósito de dejetos usados em tempos medievais na Europa, por exemplo, podem conter fezes de humanos, de seus animais domésticos e de pequenos animais silvestres que circulavam em torno das moradias. É preciso, portanto, saber separar o material de origem humana daquele proveniente de outros animais.

Isso pode ser difícil em alguns casos, como no de fezes humanas e de suínos. Tanto os humanos como os porcos domésticos são parasitados por espécies de vermes do gênero *Ascaris*. A espécie encontrada em humanos é a *A. lumbricoides* e a do porco é a *A. suum*, ambas chamadas vulgarmente de lombriga. Os ovos desses parasitos são idênticos, o que dificulta a identificação correta em material arqueológico. Acredita-se que uma dessas espécies

passou para o outro hospedeiro (e diferenciou-se da anterior) quando os humanos domesticaram os porcos, mas ainda há um grande debate sobre a real origem da infecção humana por *A. lumbricoides*.

A paleoparasitologia vem contribuindo para a solução do problema. Na Universidade de Reims, na França, técnicas de biologia molecular foram usadas nas primeiras tentativas de diagnóstico e separação de espécies em material arqueológico. No Brasil, a equipe do Instituto Oswaldo Cruz que trabalha com DNA ancestral, em conjunto com o Laboratório de Paleoparasitologia, vem desenvolvendo um método que poderá separar as duas espécies por meio de análises genéticas.

Estudos de identificação de ovos de parasitos (por características morfológicas) vêm sendo realizados nos últimos anos em material originado de fossas e latrinas européias do período medieval. Como exemplos, podem ser citados resultados recentes obtidos para dois sítios arqueológicos na Europa. Um deles situa-se em Troyes, no nordeste da França, na região de Champagne-Ardenne. A datação do material orgânico revelou que foi depositado ali, na antiga cidade galo-romana conhecida como Augustobona, há cerca de 2 mil anos. A cidade era o centro da tribo gaulesa Tricasses. O outro sítio, Raversijde, fica na Bélgica e é um antigo vilarejo de pescadores no litoral norte, perto de Ostende. Nesse sítio, que segundo a datação remonta ao período medieval, foram localizadas duas estruturas cuja utilidade intrigou

os arqueólogos, pois poderiam ser latrinas, fossas para despejo orgânico de diversas origens, silos para armazenar gêneros alimentícios ou pocilgas.

Os ovos de parasitos encontrados com maior frequência, tanto no sítio da França quanto no da Bélgica, foram os dos vermes *A. lumbricoides*, *Trichuris trichiura*, *Fasciola hepatica*, *Dicrocoelium dendriticum*, *Diphyllobothrium latum*, *Taenia* sp., *Capillaria* sp. e outros, identificados segundo padrões de forma, comprimento e largura. A presença de *Trichuris trichiura*, parasito exclusivamente humano, permitiu separar o material de origem humana daquele produzido por outros animais. Com isso, ficou claro que as estruturas de Raversijde eram latrinas usadas por humanos, sem traços de fezes de animais.



Figura 2. Coprólitos de animais (A) encontrados em sítio arqueológico do Parque Nacional Serra da Capivara (B), no Piauí

PARASITOS EM POPULAÇÕES DAS AMÉRICAS

As infecções parasitárias intestinais mais comuns já existiam entre os indígenas das Américas antes da colonização europeia. É o que mostra o amplo registro de parasitos em material arqueológico da América pré-histórica reunido pelo Laboratório de Paleoparasitologia da Escola Nacional de Saúde Pública, da Fundação Instituto Oswaldo Cruz. Entretanto, em contraste com os dados da Europa, o número de ovos de parasitos encontrados em coprólitos e outros materiais arqueológicos de indígenas das Américas é baixo. Por isso, os pesquisadores do nosso laboratório analisaram amostras vindas de sítios arqueológicos europeus, pré-colombianos e do período colonial norte-americano, além de realizar comparações com a fauna parasitária de alguns grupos indígenas atuais, para compreender melhor as mudanças do quadro de infecções parasitárias humanas nas Américas, da pré-história aos dias atuais.

Os resultados dos estudos feitos na Europa mostram que a abundância de ovos de vermes intestinais, principalmente *A. lumbricoides* e *T. trichiura*, aumentou à medida que as cidades e suas populações cresceram sem cuidados sanitários adequados. Nas Américas, os estudos revelam duas situações distintas. Nos locais em que os americanos nativos formavam aglomerações, como nas casas de pedra dos

chamados *pueblos arcaicos* (figura 3) do Arizona (Estados Unidos) ou nas grandes cidades astecas (América Central) e incas (América do Sul), a transmissão das infecções parasitárias era muito fácil, e mais ovos são encontrados. Já entre os povos nômades, ocorria o contrário.

Um claro exemplo foi obtido em coprólitos humanos do deserto de Atacama, no Chile. Raros ovos de *Enterobius vermicularis* foram achados em material produzido por populações nômades de caçadores-coletores, que viveram há 6 mil anos na região. Em contraste, havia abundância de ovos do mesmo parasito em coprólitos de indivíduos pertencentes a culturas agropastoris, com hábitos sedentários, em épocas próximas à conquista espanhola, ocorrida no século 16.

Há uma clara diferença entre os parasitos que infectavam os grupos de caçadores-coletores, nômades ou seminômades, e as populações sedentárias, estabelecidas após a domesticação de plantas e animais. Tanto em populações indígenas pré-históricas quanto nas atuais é comum encontrar, em fezes humanas, ovos de parasitos de animais, que muitas vezes são incapazes de infectar o hospedeiro humano. São exemplos as espécies de vermes do gênero *Capillaria*, parasitos de roedores. Os ovos desses vermes acumulam-se no fígado dos roedores e podem chegar ao intestino humano quando os indígenas consomem o fígado desses animais (ou o animal inteiro) sem cozimento. No entanto, esses ovos atravessam o intestino humano sem causar dano. Ovos de *Capillaria* são identificados com certa frequência em fezes de indígenas brasileiros atuais, e está sendo investigada sua presença em material arqueológico.

Os grupos indígenas do período pré-colombiano estavam infectados por *Trichuris trichiura*, *Enterobius vermicularis*, ancilostomídeos e outros vermes intestinais, mas a carga parasitária provavelmente era baixa, assim como o número de indivíduos afetados. Aparentemente, a chegada dos europeus e de outros povos do Velho Mundo alterou muito a situação. Nosso labora-



Figura 3. Sítio arqueológico no Arizona, nos Estados Unidos, onde houve um povoado dos chamados *pueblos arcaicos* – no centro, sob a rocha, pode-se ver uma das moradias dos antigos habitantes

FOTO DE KARL REINHARD E RAFAEL ARAÚJO

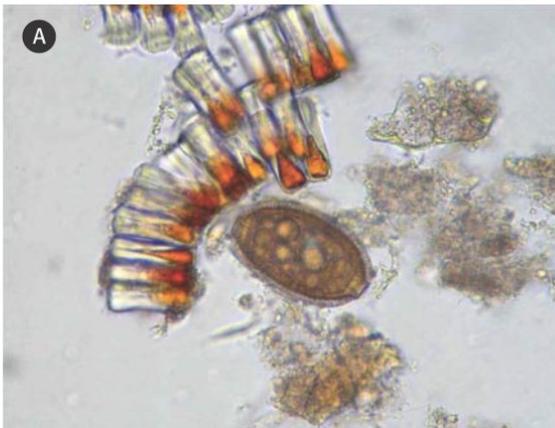


Figura 4. Ovos de verme do gênero *Capillaria* (A – aumento de 200 vezes), um parasita de roedores, e da tênia-anã (*Hymenolepis nana*) (B – aumento de 280 vezes) identificados em fezes de suruís, indígenas atuais de Rondônia, no Brasil

tório, por exemplo, encontrou grandes quantidades de ovos desses parasitos – como ocorria na Europa medieval – em material proveniente de fossas do período colonial nos Estados Unidos, enviado pelo Laboratório de Paleoparasitologia da Universidade de Nebraska, naquele país.

Paralelamente à identificação de parasitos é feito o estudo de restos alimentares nos materiais arqueológicos. Esse tipo de pesquisa visa buscar vestígios de alimentos que pudessem atuar como fonte de infecção de parasitos ou que impedissem sua permanência no hospedeiro humano. No Laboratório de Paleoparasitologia da Fiocruz, a identificação, em coprólitos humanos, de grãos de pólen de diferentes espécies de plantas, em sítios arqueológicos tanto da América do Norte quanto da América do Sul, trouxe interessantes revelações sobre o uso de vegetais para combater vermes.

INFEÇÕES EM INDÍGENAS ATUAIS

Os resultados da paleoparasitologia podem ajudar a compreender o comportamento das parasitoses em grupos humanos atuais e vice-versa. Por isso foram iniciados estudos em grupos indígenas da atualidade que ainda mantêm hábitos alimentares semelhantes aos de seus ancestrais, envolvendo duas comunidades tradicionais, os xavantes da aldeia Pimentel Barbosa, em Mato Grosso, e os suruís da Terra Indígena Sete de Setembro, na divisa dos estados de Rondônia e Mato Grosso, entre Cacoal (RO) e Aripuanã (MT).

O contato dos xavantes com a sociedade não-indígena tornou-se permanente nos anos 40 do século 20 e intensificou-se a partir dos anos 70. Com o tempo, esse contato provocou diversas alterações na vida indígena, como o aumento da mortalidade

por doenças infecciosas e parasitárias. Os xavantes relutam em não perder sua identidade cultural, tentando se afirmar como um povo livre, mantendo seus rituais e seu modo de vida, mas ao mesmo tempo preenchem suas necessidades básicas como consumidores e produtores da economia nacional. A caça, porém, é um elemento fundamental na cultura dos xavantes, que não estão interessados em substituir a carne de caça pela de animais domésticos. Os principais animais caçados pelos xavantes são o tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*), a anta (*Tapirus terrestris*), o cervo-do-pantanal (*Blastocerus dichotomus*), o veado-campeiro (*Ozotocerus bezoarticus*), a queixada (*Tayassu pecari*) e o caititu (*Tayassu tajacu*), mas pequenos animais também fazem parte de sua dieta. Assim como os xavantes, os suruís de Rondônia mantêm algumas tradições, como a obtenção de proteína animal através da caça.

Nos dois casos, muitos dos animais capturados são hospedeiros naturais de parasitos, incluindo vermes intestinais. Portanto, não é incomum encontrar parasitos de animais (por exemplo, os dos gêneros *Capillaria* e *Hymenolepis*) nas fezes desses grupos indígenas (figura 4). Ovos de parasitos de animais já foram encontrados em material arqueológico humano nos Estados Unidos e na Europa.

O que parece mais provável, e essa é uma das hipóteses investigadas em nosso laboratório, é que as infecções parasitárias mais comuns já existiam entre as populações pré-colombianas. Entretanto, como essas populações eram nômades, em constante movimentação em busca de alimento, a prevalência das parasitoses mantinha-se baixa. Com a conquista pelos europeus, a introdução de novos costumes e o estabelecimento de núcleos urbanos sem condições sanitárias adequadas favoreceram as infecções por parasitos e sua transmissão, aumentando suas prevalências nas populações das Américas. Assim, a conquista europeia mudou, no Novo Mundo, a ecologia das doenças. ■

SUGESTÕES PARA LEITURA

- ARAÚJO, A.; FERREIRA, L. F.; BOUCHET, F. & REINHARD, K. 'Paleoparasitology', in *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 98 (supl. 1), 2003.
- FERREIRA, L. F.; ARAÚJO, A. & CONFALONIERI, U. *Paleoparasitologia no Brasil*. Rio de Janeiro, Ed. PEC/ENSP-FIOCRUZ, 1988.
- VÁRIOS AUTORES. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, v. 101 (Supl. II), 2006 (a edição contém vários textos sobre paleopatologia e paleoepidemiologia).

ASTRONOMIA DE

Nos últimos 100 anos, os físicos se perguntaram sobre a natureza e a origem dos raios cósmicos, alguns dos quais são as partículas mais energéticas conhecidas. Parte dessas partículas que bombardeiam a Terra a todo instante vem do Sol. Outra parte, com energia um pouco mais alta, é criada nas explosões de estrelas massivas que chegam ao final da vida.

Porém, nas últimas quatro décadas, desde que o primeiro raio cósmico de altíssima energia foi detectado, uma questão intrigou os pesquisadores da área e se tornou um dos temas mais instigantes da física deste novo século: de onde viriam os raios cósmicos ultra-energéticos?

A resposta foi dada agora, graças a resultados recentes da Colaboração Pierre Auger, que construiu nos pampas argentinos um observatório com milhares de quilômetros de área para capturar em número suficiente esses raros viajantes espaciais. A revelação desse mistério deu ainda grande impulso à possibilidade de se fazer astronomia através da detecção de raios cósmicos, abrindo assim uma nova janela para se investigar as vizinhanças de nossa galáxia.

João Torres de Mello Neto

*Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro
jtmn@if.ufrj.br*

RAIOS CÓSMICOS

Mistério revelado-abre nova janela para o universo

Os raios cósmicos de altíssimas energias (RCAEs) são um dos temas mais fascinantes da astrofísica. De onde vêm essas partículas extremamente energéticas? Como são produzidas? Como se propagam essas partículas, cujas energias são cerca de um milhão de vezes maiores que aquela que o homem consegue imprimir a essas diminutas entidades com a ajuda dos mais potentes aceleradores de partículas do planeta?

Os RCAEs são partículas (provavelmente núcleos atômicos) que viajam pelo espaço a velocidades próximas à da luz (300 mil km/s), o que possibilitaria a eles dar quase oito voltas em torno da Terra em apenas um segundo. Se fosse possível se agarrar a um desses núcleos atômicos, a relatividade especial – teoria idealizada em 1905 pelo físico de origem alemã Albert Einstein (1879-1955) – nos forneceria um cenário impressionante: graças à chamada contração espacial prevista por aquela teoria, o viajante veria a distância entre a Terra e o Sol reduzida a 1,5 m. E em função de outro fenômeno embutido na relatividade especial (a dilatação do tempo), o relógio de nosso viajante incauto – se pudesse ser visto por um observador da Terra – levaria 3,5 mil anos para marcar um mero segundo.

Para medir energias, os físicos comumente empregam a unidade elétron-volt (eV). Comparado às energias com que estamos acostumados a lidar em nosso cotidiano, um elétron-volt é desprezível. Nessa escala, um fenômeno só passa a ser observado macroscopicamente a partir da casa dos 10^{19} eV (ou seja, o algarismo um seguido de 19 zeros).

Assim, à primeira vista, pode parecer que a energia de um RCAE, que começa justamente na casa dos 10^{19} eV, não é lá muito impressionante. Mas é preciso lembrar que o fragmento de matéria que a carrega – ou seja, um núcleo atômico – é trilhões de vezes menor que um grão de areia. Se a massa de um RCAE fosse de apenas um grama, o impacto dele contra a superfície terrestre seria certamente catastrófico para a humanidade.

Sabe-se que os raios cósmicos de ‘baixa’ energia (até 10^9 eV) que chegam à Terra são criados no Sol. Já os de energia ‘média’ (até 10^{17} eV) são gerados por explosões de estrelas que chegam ao final da vida (fenômeno denominado supernova).

Mas qual a origem dos ultra-energéticos? E o que são eles? Núcleos leves, núcleos pesados, prótons ou algo desconhecido? Não sabemos ainda!

MENSAGEIROS DO UNIVERSO

A energia carregada pelos RCAEs indica que eles são provavelmente criados em um evento catastrófico, com intensa concentração de energia. Cenários possíveis: a vizinhança de buracos negros, as explosões de raios gama, entre outros fenômenos extremos do universo. Eles seriam, portanto, mensageiros de eventos que – felizmente! – não podem ser reproduzidos em laboratórios terrestres, mas que são muito interessantes para os astrofísicos. ▶

FOTO: ESO
Centaurus A, galáxia com um núcleo ativo mais próxima da Terra e uma das prováveis fontes de raios cósmicos de altíssimas energias, como indicam resultados recentes do Observatório Pierre Auger

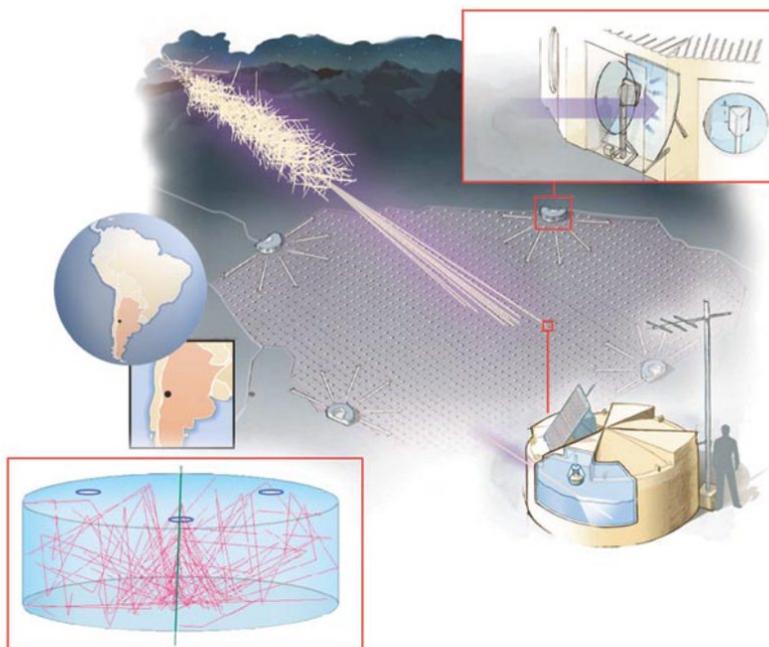


Figura 1. Representação esquemática do Observatório Pierre Auger. Cada um dos pontos no solo representa um dos 1,6 mil detectores de superfície. No destaque superior, visão parcial de um dos prédios que abrigam os detectores de fluorescência. No destaque inferior à esquerda, simulação do efeito Cherenkov de uma partícula (traço verde) que atravessa um tanque de água. Os fótons emitidos nessa passagem (traços em magenta) são capturados pelas três fotomultiplicadoras (círculos)

A poucas dezenas de quilômetros do solo, os raios cósmicos chocam-se com um átomo da atmosfera, criando uma cascata (ou chuva) de partículas secundárias que se propaga até o chão. Um RCAE, por exemplo, pode produzir bilhões de outras partículas, em uma ilustração dramática da conversão de energia em massa, resumida na fórmula $E = mc^2$ da relatividade especial (onde E é a energia, m a massa e c^2 a velocidade da luz ao quadrado).

Como estudar essas partículas e desvendar suas propriedades?

No meio dos pampas argentinos, ao pé da cordilheira dos Andes, o Observatório Pierre Auger vem nos últimos anos coletando dados sobre raios cósmicos de alta energia para responder a essa questão. Sabe-se que, em média, um RCAE cai em um quilômetro quadrado por século. Para que seja possível a acumulação de um número razoável dessas partículas em um período de poucos anos, é preciso utilizar detectores que se estendam por áreas enormes. No caso do Observatório Auger, esses números são os seguintes: 1,6 mil tanques de água, separados uns dos outros por 1,5 km, cobrindo 3 mil km² da região oeste argentina, área equivalente a três vezes a do município do Rio de Janeiro. Cada tanque contém 12 toneladas de água ultrapura, para evitar o crescimento de bactérias e para assegurar a maior transparência possível para a passagem da luz (figura 1).

Quando as partículas formadas no chuva cruzam a água, emitem

uma luz azulada, devido a um fenômeno óptico (efeito Cherenkov) semelhante ao das ondas que uma lancha rápida deixa na água (destaque inferior na figura 1). Essa luz é capturada por um conjunto de três sensores (fotomultiplicadoras). Os sinais luminosos são codificados eletronicamente e enviados ao prédio central por sinais de microondas.

Além disso, há 24 telescópios, situados em quatro prédios que ocupam os morros nas bordas da área coberta pelos tanques. Denominados detectores de fluorescência, eles procuram sinais de luz ultravioleta no céu, rastros dos chuviscos cujas partículas carregadas excitam moléculas de nitrogênio da atmosfera. Estas, em resposta, emitem a chamada luz de fluorescência (destaque superior na figura 1).

Toda a informação coletada por esses dois tipos de detectores é enviada ao prédio central, onde fica o sistema de aquisição e análise de dados. Em seguida, a energia, a direção no céu e outras quantidades físicas são reconstruídas nos computadores. A direção do evento é bem determinada pelos detectores de superfície, mas a energia é mais bem medida pelos detectores de fluorescência. A operação conjunta deles é considerada a melhor maneira de estudar os RCAEs.

A junção dessas duas técnicas distintas permite calibrar um detector pelo outro e diminui o risco de erros nas medidas. A figura 2 ilustra como um evento real é visto esquematicamente nas telas dos computadores no centro de coleta e análise de dados do Observatório Auger (no caso, o evento foi capturado por vários detectores de superfície e pelos quatro detectores de fluorescência).

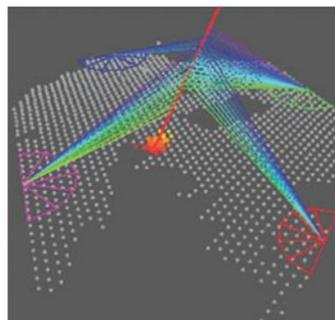


Figura 2. Representação esquemática de um raio cósmico (linha vertical vermelha) captado simultaneamente pelos quatro detectores de fluorescência (semicírculos com seis subdivisões) e por vários detectores de superfície (pontos em laranja e amarelo) em 20 de maio do ano passado, com energia de aproximadamente 10^{19} eV

QUEDA NO FLUXO

Quando colocado em um gráfico, o fluxo de raios cósmicos observado em nosso planeta é impressionante, pois apresenta um fenômeno da natureza que se estende por 12 ordens de grandeza em energia (eixo hori-

COLABORAÇÃO PIERRE AUGER / DESTAQUE (ABRIL); IDAIO TORRES DE MELLO NETO (IF-UFRJ)

COLABORAÇÃO PIERRE AUGER

zontal) e por 32 ordens de grandeza no eixo vertical (o fluxo para cada uma das energias), como mostra a figura 3. A região desse gráfico que nos interessa é a mais energética, quando os dados começam a ficar escassos e onde se situam os RCAEs (final do eixo horizontal, à direita). Se fosse possível armazenar a energia equivalente a um grama de partículas dessa região, teríamos energia para alimentar todo o planeta por cerca de mil anos.

Por se moverem com velocidades muito próximas à da luz, os RCAEs se chocam violentamente com os fótons (partículas de luz) que permeiam o espaço intergaláctico (esses fótons são 'resquícios' do *Big Bang*). Nessas colisões, os RCAEs rapidamente vão perdendo energia. Portanto, se um deles chega à Terra, sabemos que necessariamente deve ter vindo de 'perto' (cosmologicamente falando). Os cálculos prevêem que não é possível para um RCAE vir de além de algo como 100 megaparsecs (cada megaparsec equivale a cerca de 3,3 milhões de anos-luz; por sua vez, um ano-luz vale 9,5 trilhões de km). Isso porque, para além dessa distância, eles perderiam uma parte considerável de sua energia nas sucessivas colisões com os fótons e, portanto, não seriam observados na Terra com as altas energias com que são capturados.

Isso implica que devemos observar uma queda acentuada no fluxo dos raios cósmicos caso esteja correta essa previsão (que depende basicamente de a teoria da relatividade especial funcionar para partículas com essas energias, o que até agora parece ser verdade). Em outras palavras: quanto mais energético um raio cósmico, mais raro ele é. Essa queda no fluxo é conhecida como corte de GZK, devido aos físicos que primeiramente estudaram esse fenômeno: Kenneth Greisen (Estados Unidos), bem como Georgiy Zatsepin e Vadim Kuzmin (ex-União Soviética), em 1966. Outro modo de entender o corte GZK é o seguinte: um raio cósmico que chega à Terra com energia acima de certo valor (5×10^{19} eV) deve necessariamente vir de 'perto'.

Experimentos anteriores apresentavam dados conflitantes. Segundo o Agasa, um experimento no Japão, o fluxo dos raios cósmicos continuava para altas energias, enquanto o experimento HiRes, em Utah (Estados Unidos), mediu a queda nesse fluxo e parecia confirmar a existência do corte de GZK.

As medidas recentes do Observatório Auger confirmaram que há uma queda brusca no fluxo. Mas isso ainda deixava uma questão em aberto: essa queda poderia ser ocasionada pelo fato de as fontes geradoras dos RCAEs não terem potência suficiente para acelerar esses núcleos além do limite de energia previsto pelo corte GZK. Como resolver, então, essa questão? Uma forma seria estabelecer uma 'associação' (os físicos preferem dizer correlação) entre as direções dos raios cósmicos e a localização de objetos vizinhos, pois, se

CONTRIBUIÇÃO BRASILEIRA

Entre as contribuições brasileiras para o projeto, destacam-se a fabricação dos tanques de plástico para os detectores de superfície; o fornecimento das baterias especiais para os painéis solares, que, por sua vez, alimentam os componentes eletrônicos desses detectores; o projeto de mecânica fina para os telescópios de fluorescência; a fabricação das lentes especiais (baseadas na óptica de Schmidt) que permitem a focalização precisa da imagem dos telescópios.

São, ao todo, 18 pesquisadores brasileiros, além de estudantes de doutorado e engenheiros.

a hipótese GZK for correta, os RCAEs só podem vir de objetos celestes próximos (como vimos, caso viessem de longe, perderiam sua energia ao longo do caminho). Assim, se essa correlação fosse provada, estaria também comprovada a validade do corte GZK.

FORTE ASSOCIAÇÃO

Os resultados do Observatório Pierre Auger primeiramente indicam que os RCAEs são anisotrópicos, isto é, não vêm com igual probabilidade de todas as regiões do céu. Ou seja, após quase meio século de busca, pela primeira vez dados indicam em que regiões do céu os RCAEs são produzidos.

Para se chegar a essa conclusão, foi necessário que o Observatório Auger coletasse dados sobre quase um milhão de raios cósmicos desde o início de 2004. Desse total, 27 têm energia acima do corte GZK ▶

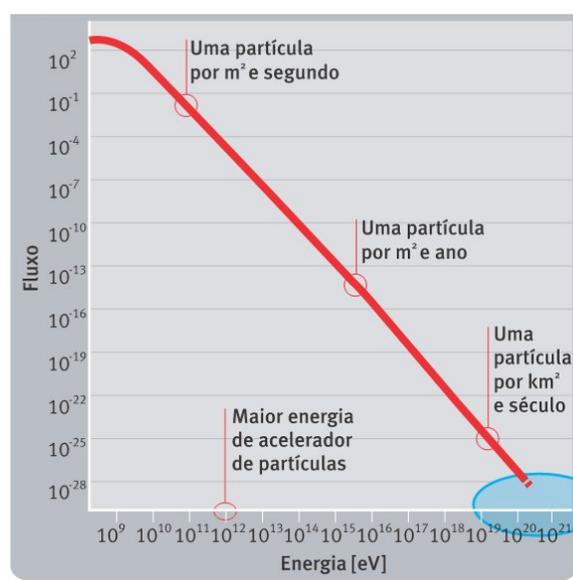


Figura 3. Fluxo dos raios cósmicos. À medida que a energia cresce, o fluxo de partículas em uma dada área diminui apreciavelmente. A região marcada em azul é a de altíssima energia

O MAPA CELESTE DOS RCAEs

No mapa celeste dos 27 eventos mais energéticos detectados pelo Observatório Pierre Auger até outubro do ano passado (figura), os raios cósmicos estão representados por círculos, e os asteriscos vermelhos são as posições dos 472 núcleos ativos de galáxias que se encontram em uma esfera de 75 Mpc de raio, centrada em nossa galáxia.

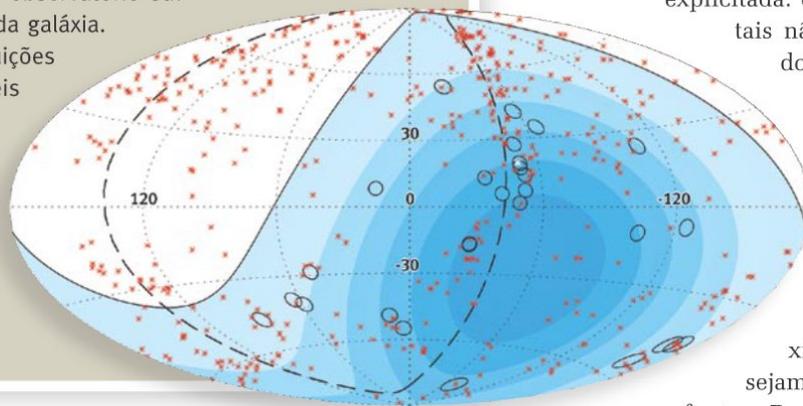
A linha preta contínua representa até onde podemos detectar eventos no céu (o observatório é localizado no hemisfério Sul e, portanto, não pode detectar nada na direção do pólo Norte e adjacências). A intensidade das faixas azuis corresponde à proporção de tempo que o observatório aponta na dada direção do céu devido ao movimento da Terra.

A linha pontilhada é o plano supergaláctico (a maior estrutura no universo local, formado pelos aglomerados de galáxias próximos, como o aglomerado de Virgo, o Grande Atrator e o superaglomerado de Peixes, que se localizam aproximadamente em um mesmo plano). O ponto branco (centro, à direita) marca a posição de Centauro A, o núcleo ativo de galáxia mais próximo da Terra e provável fonte de RCAEs.

Para esse mapa, foram considerados apenas chuueiros de raios cósmicos que chegaram ao solo não muito inclinados (ângulo menor do que 60°) em relação à horizontal.

Com um observatório no hemisfério Norte, a cobertura do céu será completa, e o futuro mapa celeste não vai conter as áreas brancas. O observatório sul contempla o centro da galáxia.

Portanto, as distribuições de matéria acessíveis aos dois observatórios são muito distintas. A união dos dois vai tornar a astronomia de raios cósmicos ainda mais interessante.



(5×10^{19} eV), ou seja, são RCAEs. Se o mapa celeste desses eventos ultra-energéticos for representado em uma projeção plana (semelhante a um mapa-múndi), surge uma excelente correlação com um catálogo de núcleos ativos de galáxias (como o nome indica, são galáxias cujo centro é cenário de fenômenos extremos). Ou seja, os RCAEs parecem estar sendo produzidos no interior desses objetos cósmicos, que estão em nossa vizinhança cosmológica (figura 4).

Dados adicionais confirmaram a associação entre RCAEs e núcleos ativos de galáxias de forma estatisticamente convincente (ver 'O mapa celeste dos

RCAEs'). Tudo indica que esse resultado resolve um dos maiores mistérios da natureza, a origem dos RCAEs, uma questão que aflorou com a detecção do primeiro deles no início da década de 1960, em um experimento nos Estados Unidos.

Como bônus desses resultados, o corte de GZK foi finalmente confirmado: os RCAEs vêm de 'perto', da vizinhança da Via Láctea. E a relatividade especial, na qual o corte está teoricamente baseado, passou em mais um teste!

SUTILEZAS DOS RESULTADOS

Esse resultado também indica que o campo magnético intergaláctico é relativamente pequeno, e as partículas observadas devem ser prótons, pois, caso tivessem carga elétrica maior, elas seriam muito desviadas de suas posições iniciais (e, provavelmente, não se observaria a associação entre RCAEs e os núcleos ativos de galáxias). Como as previsões para o campo magnético variam muito na literatura, estamos, na realidade, usando a trajetória dessas partículas para impor limites ao valor desse campo.

Aqui chegamos a uma sutileza que precisa ser explicitada: os resultados experimentais não provam que as fontes dos RCAEs sejam os núcleos ativos de galáxias! Lidos com o cuidado que a investigação científica requer, eles mostram apenas que há uma forte relação entre os RCAEs e os núcleos ativos de galáxias, embora esses núcleos sejam candidatos fortíssimos a fontes. Porém, qualquer fenômeno

físico que se distribua no céu como os núcleos ativos e que seja capaz de produzir partículas com essas energias continua um candidato igualmente plausível (ver 'Hipóteses sobre a produção'). Além do mais, o catálogo de núcleos ativos de galáxias que usamos é sabidamente incompleto (principalmente na direção do que os astrônomos denominam equador galáctico e para distâncias superiores a 300 Mpc).

As questões colocadas no parágrafo anterior foram estudadas exaustivamente em uma tese de doutorado realizada no Instituto de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro (ver 'Sugestões para leitura'), sob a orientação do autor deste artigo.

HIPÓTESES SOBRE A PRODUÇÃO

Com os resultados recentes do Auger, surge um candidato mais forte (núcleos ativos de galáxias) para explicar a origem dos RCAEs. Com isso, outras hipóteses que concorriam com essa saem enfraquecidas. A lista de hipóteses:

i) Núcleos ativos de galáxias, que geralmente escondem em seu interior um buraco negro supermaciço, que suga matéria de estrelas destruídas pela gravitação intensa em sua vizinhança, produzindo radiação e jatos de matéria que se estendem por centenas de milhares de anos-luz.

ii) Explosões de raios gama, os eventos mais luminosos do universo, provavelmente causados pelo nascimento de buracos negros nos núcleos de estrelas de grande massa ou pelo 'agrupamento' (coalescência) de estrelas de nêutrons binárias ou mesmo de buracos negros.

iii) Objetos localizados na própria Via Láctea, como estrelas de nêutrons jovens, pulsares ou o buraco negro que, tudo indica, habita o centro de nossa galáxia.

iv) Defeitos topológicos, algo que pode ser comparado a um diminuto volume de 'espaço' que não 'explodiu' no início do universo.

v) Partículas superpesadas de matéria escura que se transformariam (decairiam, no jargão dos físicos) em RCAEs.

Como dissemos, os resultados do Auger fazem do item (i) a fonte mais provável dos RCAEs. Já o item (iii) fica muito desfavorecido, pois é muito improvável que eles sejam produzidos dentro de



Figura 4. Jato de matéria emitido pela M87, um núcleo ativo de galáxia que está no aglomerado de Virgo, na vizinhança da Via Láctea. Acredita-se que o fenômeno seja produzido por um buraco negro alimentado por gás caindo em seu interior

nossa galáxia. Os defeitos topológicos (iv) ainda podem ser válidos, mas terão de mostrar que se distribuem no céu de forma semelhante à dos núcleos ativos de galáxias (ou seja, não homogeneamente). O mesmo, de certa forma, deve ocorrer com as partículas superpesadas (v). Quanto ao item (ii), continua como uma possibilidade interessante, pois as fontes prováveis de explosões de raios gama se distribuem como a matéria em larga escala, de forma semelhante aos núcleos ativos de galáxias.

Por que não descartar todas as outras hipóteses e ficar apenas como os núcleos ativos, já que os dados do Auger mostraram a forte correlação entre os RCAEs e tais objetos cósmicos? Simplesmente porque a história da física (e da ciência!) revela que é preciso cautela com as conclusões.

Caso dados futuros continuem confirmando a forte associação entre os núcleos ativos e os RCAEs, os físicos terão, ainda, bastante trabalho pela frente, pois fica em aberto a seguinte questão: que mecanismo físico nesses objetos cósmicos é capaz de imprimir energias tão altas a núcleos atômicos?

NOVA JANELA PARA O UNIVERSO

Precisamos continuar a acumular mais dados sobre os raios cósmicos de altíssima energia. Se chegarmos a detectar eventos aglomerando-se em torno de uma dada fonte no céu, poderemos precisar melhor que objeto cósmico é capaz de produzir a distribuição de energia observada para os RCAEs que vêm daquele local.

Em breve, pretende-se construir o Observatório Pierre Auger Norte no estado norte-americano do Colorado, provavelmente cobrindo área ainda maior, com tanques mais espaçados uns dos outros.

Essa distância determina a energia mínima que um raio cósmico deve ter para poder ser detectado por vários tanques, pois, quanto mais energético o chuveiro, mais ele se espalha na superfície.

A astronomia vem sendo tradicionalmente feita através da captação da luz emitida pelos objetos celestes, bem como das ondas de rádio (radioastronomia) e, mais recentemente, de raios gama e neutrinos (estes últimos partículas sem carga elétrica e extremamente penetrantes).

Com o Auger, estamos vislumbrando, pela primeira vez, a possibilidade de uma nova astronomia: enxergar o universo próximo através do fluxo de raios cósmicos extremamente energéticos que chegam à Terra.

SUGESTÕES PARA LEITURA

- COLABORAÇÃO
PIERRE AUGER.
'Correlation of the highest-energy cosmic rays with nearby extragalactic objects'.
In: *Science*, v. 318, p. 938-943 (2007).
- SIFFERT, B. B.
Anisotropia de raios cósmicos de altíssimas energias no Observatório Pierre Auger (tese de doutorado).
Instituto de Física, UFRJ (2008).
Disponível em <http://omnis.if.ufrj.br/~beatriz/>
- ESCOBAR, C. O. e SHELLARD, R. C.
'Energias extremas no universo'.
In: *Ciência Hoje* nº 151 (1999).
- ANJOS, J. C. e SHELLARD, R. C.
Raios Cósmicos – energias extremas no universo.
Folder do projeto Desafios da Física.
Rio de Janeiro: CBPF (2004).
Disponível em <http://mesonpi.cat.cbpf.br/desafios/>
no formato PDF.
- SHELLARD, R. C.
'Um 'Einstein' gigantesco nos pampas – como as idéias do físico alemão ajudam a estudar os raios cósmicos'.
In: *Ciência Hoje* nº 214 (2005).
Na internet: <http://www.auger.org.ar> (em espanhol)



MEDICINA Vacinas para doenças negligenciadas são discutidas em encontro

Uma imunização mais ampla

A produção de vacinas para doenças negligenciadas, como a dengue e a necatoríase (infecção pelo parasita *Necator americanus*), o desenvolvimento de novas tecnologias para baratear os custos e o aumento no volume de imunizações foram alguns dos principais temas debatidos na 8ª Reunião Geral Anual da Rede de Fabricantes de Vacinas dos Países em Desenvolvimento, pela primeira vez sediada no Brasil. Realizado no Rio de Janeiro (RJ), em novembro passado, o encontro reuniu representantes da indústria e pesquisadores de vários países para discutir como melhorar o acesso das nações mais pobres às vacinas.

Criada em 2000, a rede é uma associação de entidades dos setores privado e público que se reúne para trocar idéias, estabelecer colaborações e ter voz em fóruns internacionais, como a Organização Mundial de Saúde (OMS) e a Aliança Global para Vacinas e Imunizações (Gavi, na sigla em inglês), sempre com o objetivo de atender a demanda de vacinas e diminuir o seu preço para os paí-

ses em desenvolvimento. “Quando começamos, tínhamos apenas sete membros; hoje, são 23 instituições. Além disso, somos responsáveis pela produção de 80% das vacinas requisitadas pelo Fundo das Nações Unidas para a Infância (Unicef) e pela Organização Pan-americana de Saúde (Opas)”, contou o farmacêutico indiano Suresh Jadhav, presidente da rede e diretor do Instituto Serum, fabricante de vacinas da Índia.

Para o especialista em vacinas Akira Homma, diretor do Instituto de Tecnologia em Imunobiológicos (Bio-Manguinhos), no Rio de Janeiro, instituição que faz parte da rede, os países pobres são os que mais sofrem com a baixa oferta de vacinas. Segundo ele, se não houver vários laboratórios atuando na produção, a demanda será maior do que a oferta e os preços continuarão altos, mesmo com as novas tecnologias que estão surgindo. “As grandes empresas farmacêuticas estão parando de fabricar vacinas clássicas e os países em desenvolvimento têm que assumir esse papel”, observou Homma, realçando a necessidade

do investimento em pesquisa e desenvolvimento e no controle de qualidade.

Vermes e vírus

A necatoríase é responsável por 65 mil mortes por ano e 500 milhões de infecções – inclusive em 40 milhões de gestantes – no mundo inteiro, especialmente em áreas rurais pobres. A doença, que causa má nutrição e anemia, diminui o desempenho escolar das crianças e afeta negativamente a produtividade dos adultos. “O principal problema é que as drogas existentes não conseguem manter o indivíduo livre do parasita por muito tempo. As reinfeções ocorrem em questão de meses”, explicou a pesquisadora Jane Halpern, do Instituto de Vacina Sabin, entidade que coordena a iniciativa de obter uma vacina contra o verme.

Os pesquisadores desenvolveram um imunizante baseado em uma proteína secretada pelo *N. americanus* em sua membrana. Alterada por tecnologia recombinante, a substância é produzida em leveduras e administrada em for-

FOTO DE DAONG TR/REUTERS

ma líquida nos pacientes. Os testes de fase 1, iniciados nos Estados Unidos em 2005, revelaram que a vacina produz uma boa resposta imune e é segura. Agora, ela será testada em Americaninhas (MG), graças a uma colaboração com a Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz). Paralelamente, o Instituto Sabin transferiu a tecnologia de produção do imunizante para o Instituto Butantan, em São Paulo, que vai produzi-la e testá-la também. “Uma planta-piloto foi construída pelo Instituto Butantan com capacidade de fermentação de 60 litros”, revelou Halpern.

Outra doença que está no alvo dos pesquisadores é a dengue. Há vários projetos utilizando abordagens diversas para se obter uma vacina. Dois deles envolvem instituições brasileiras. O primeiro, desenvolvido pela Fiocruz, está na fase pré-clínica de testes. O imunizante é produzido com o arcabouço do vírus 17D, uma versão não virulenta do causador da febre amarela, ao qual são adicionadas partes do vírus da dengue. Uma molécula é produzida para cada um dos quatro sorotipos da doença (tetravalente) e todas as versões são injetadas ao mesmo tempo no paciente. Até o momento, a vacina só foi testada em macacos *rhesus* e obteve mais de 90% de eficiência. Segundo o biólogo Ricardo Galler, vice-diretor de Desenvolvimento Tecnológico de Bio-Manguinhos, a fase 1 de testes em humanos só deve começar em 2010 ou 2011 e a expectativa é que o projeto esteja concluído em 2015. “Isso vai depender de como a vacina se sairá nos testes e da relação custo benefício final”, afirmou Galler, acrescentando que o objetivo é chegar a um custo final de US\$ 5 a dose.

Outro projeto que vem obtendo bons resultados é a colaboração entre o Instituto Nacional de Saúde (NIH, na sigla em inglês), em Bethesda (Estados Unidos), e o Instituto Butantan. Nesse caso, os

pesquisadores usam o próprio vírus da dengue, mas tiram a região 30, diminuindo significativamente sua virulência. No estudo de fase 1, a vacina, também tetravalente, foi capaz de produzir anticorpos neutralizantes e se mostrou segura. “Devemos iniciar a produção em escala-piloto em 2008 e então repetiremos os testes de fase 1, possivelmente em 2009”, contou a bioquímica Luciana Cezar de Cerqueira Leite, vice-presidente da Fundação Butantan. “Se tudo der certo, o produto deve chegar à população em 2012, com um custo de US\$ 2 a US\$ 3 por dose.”

Novas tecnologias, baixos custos

A preocupação com o preço das vacinas permeou as discussões do encontro. Para os participantes, produzir imunizantes com preços acessíveis para os países em desenvolvimento é uma questão crítica. Foi a necessidade de obter uma alternativa mais barata à única vacina existente contra o papilomavírus humano (HPV) que levou os pesquisadores do Instituto Ludwig, em São Paulo, a estudarem o problema. O resultado é uma vacina terapêutica que deve iniciar os testes clínicos em mulheres em 2009.

Mas as opções para baratear os custos dos imunizantes não se resumem à fabricação de novas vacinas, envolvem também o desenvolvimento de novas tecnologias, como substâncias que prolonguem o tempo de armazenamento da vacina, meios alternativos de produção e adjuvantes, componentes que aumentam a eficácia de um imunizante. A primeira opção foi apresentada por Dexiang Chen, técnico-chefe da organização não-governamental norte-americana Path. O grupo conseguiu, utilizando ingredientes disponíveis comercialmente, criar uma substância que protege a vacina do dano causado por res-

friamento, comum quando o imunizante é estocado a baixas temperaturas. “Nosso estabilizador não só protege a vacina do frio, como também estende sua vida útil em temperatura ambiente. Após um ano, 80% do lote testado mantiveram sua atividade, quando, normalmente, já ocorre perda de qualidade depois de um mês”, constatou Chen.

Segundo ele, pelo custo de apenas US\$ 1, é possível adicionar o estabilizador a 10 mil doses de vacina. Além disso, a Path disponibilizará a tecnologia para domínio público, impedindo assim que a patente seja requerida por qualquer instituição e permitindo que todos tenham acesso à descoberta. “A idéia é que os interessados venham até a Path para que possamos transferir a tecnologia de produção”, explicou o técnico-chefe. Ele informou ainda que o estabilizador passará por uma fase final de testes de fase 3 e ajustes de formulação e de controle de qualidade.

O biólogo molecular russo Vidadí Yusibov, diretor-executivo do Centro de Biotecnologia Molecular Fraunhofer, e o engenheiro





FOTO REUTERS/KAMAL KISHORE

químico norte-americano William H. Velander, chefe do Departamento de Engenharia Química e Biomolecular da Universidade de Nebraska, em Lincoln, ambas as instituições sediadas nos Estados Unidos, falaram respectivamente do uso de plantas e porcos transgênicos como biofábricas de vacinas. Para Yusibov, os sistemas vegetais são uma alternativa viável para a produção de antígenos, pois, além de apresentarem vantagens de custo, são capazes de aumentar o volume de produto em pouco tempo, uma característica importante para lidar com surtos epidêmicos ou ataques de bioterrorismo. “Com 1 kg de biomassa de *Nicotiana benthamiana*, a planta do nosso estudo, substituímos 33 mil ovos de galinha para produzir um imunizante contra o vírus influenza”, disse o biólogo molecular.

Já Velander ressaltou que os animais transgênicos apresentam uma capacidade de produção muito superior aos meios tradicionais para obtenção de substâncias como fatores sangüíneos. “As glândulas mamárias dos porcos têm uma densidade celular 200 vezes maior do que a dos biorreatores de aço inox: são 1 bilhão de células por ml”, esclareceu o engenheiro químico. Isso permite que os animais usados pelo pesquisador produzam cerca de 100 unidades (UI) de fator 9 por ml a cada hora, enquan-

to os reatores só conseguem gerar 2 UI por ml a cada 48 horas. Após o processamento, Velander disse contar ainda com 60% do volume inicial. Ele lembrou que nos Estados Unidos o custo com fatores sangüíneos é de US\$ 2 mil por paciente por ano e que 80% do mundo não têm acesso ao tratamento. “Por isso, estamos negociando com nações líderes na América do Sul e na Ásia para transferir essa tecnologia”, revelou.

O bioquímico Isaías Raw, presidente da Fundação Butantan, além de anunciar uma nova vacina contra a coqueluche, que é mais segura e barata, custando apenas US\$ 0,15, apresentou ainda o monofosfolípídeo A (MPLA), um adjuvante que permite reduzir em quatro vezes a dose de antígeno utilizada na vacina contra influenza, aumentando assim a capacidade de produção desta pelo Instituto Butantan. Raw considera esse avanço estratégico para o país, frente à declaração das nações desenvolvidas de que seus lotes de imunizantes contra o H5N1, a versão do influenza responsável pela gripe aviária, deveriam ser estocados para uso próprio: “Com esse adjuvante, o Brasil pode não só estocar a vacina, como auxiliar a combater uma possível pandemia em outros países.”

Fred Furtado
Ciência Hoje/RJ

GENÉTICA

O SEXO DAS AVES

Na metade das espécies de aves existentes no mundo, os machos adultos são idênticos às fêmeas. Os filhotes, por sua vez, são parecidos com a mãe até aproximadamente um ano de idade. A consequência dessa semelhança é a dificuldade de reconhecimento do sexo, o que é fundamental para a reprodução, a venda e o cuidado desses animais. Essa distinção é importante para zoológicos e criadouros, sejam conservacionistas ou comerciais.

Por isso, o laboratório Gênese, da faculdade de Veterinária da Universidade Federal Fluminense (UFF), com o apoio da Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (Faperj), trouxe para o Rio de Janeiro uma técnica para identificação do sexo por meio de um exame de DNA. Diferentemente de outras técnicas existentes para essa finalidade, o procedimento adotado pelo laboratório, pioneiro no estado, traz a vantagem de simplificar o manuseio dos animais.

“As aves se estressam facilmente quando muito manipuladas e, enquanto outros exames demandam duas etapas de coleta, na técnica que empregamos só é necessário mexer na ave uma vez. Outra vantagem é que podemos diagnosticar o sexo já a partir do primeiro mês de vida, utilizando apenas uma gota de sangue do animal”, explica a coordenadora do projeto, Denise Monnerat Nogueira.

Contando com a participação dos alunos na execução dos exames, o objetivo do laboratório Gênese é atender à crescente demanda da sociedade por serviços prestados pelas universidades.



Pesquisadora prepara amostra de DNA para análise

FOTO DE NIVIA MARIA NUNES ABREU

Perdas em família

A extinção de espécies próximas evolutivamente (por exemplo, lobos e cachorros) pode levar a um efeito cascata, que reduz a biodiversidade em bloco. A conclusão é de pesquisadores da Estação Biológica de Doñana, em Sevilha (Espanha), e do Instituto de Física Gleb Wataghin (IFGW), da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Eles estudaram as redes de interações entre as diversas espécies que constituem uma comunidade, como entre plantas e insetos polinizadores ou pássaros frugívoros (que se alimentam de frutas e dispersam as sementes). Em cerca de um terço dessas redes, chamadas mutualísticas, espécies aparentadas desempenham funções similares e sua perda criaria um 'buraco' no ecossistema. Como mostra o artigo que publicaram no ano passado na revista científica britânica *Nature*, a pesquisa foi a primeira a demonstrar essa relação.

Atualmente, já se sabe que as redes mutualísticas não se formam ao acaso e que sua estrutura é sempre parecida: espécies com muitas interações (generalistas) costumam interagir com aquelas que têm poucas (especialistas). "Uma abelha que visita muitas flores diferentes, ou seja, generalista, provavelmente está interagindo com plantas especialistas, que só são visitadas por aquela espécie de abelha", exemplifica o

biólogo Paulo Roberto Guimarães Jr., do Departamento de Física da Matéria Condensada da Unicamp e um dos autores do artigo.

Com base nisso, os pesquisadores procuraram descobrir se a origem do grau de especialização ou generalização de uma espécie era filogenética. Em outras palavras, se plantas ou animais próximos evolutivamente tinham os mesmos números de interações. Além disso, queriam saber se, nas redes onde isso ocorresse, as espécies aparentadas tinham os mesmos papéis, visitando as mesmas plantas ou sendo visitadas pelos mesmos animais. "Queríamos descobrir, por exemplo, se abelhas diferentes, mas do mesmo gênero, seriam ambas especialistas ou generalistas e, nesse caso, se visitariam as mesmas espécies vegetais", resume o biólogo.

Primos coextintos

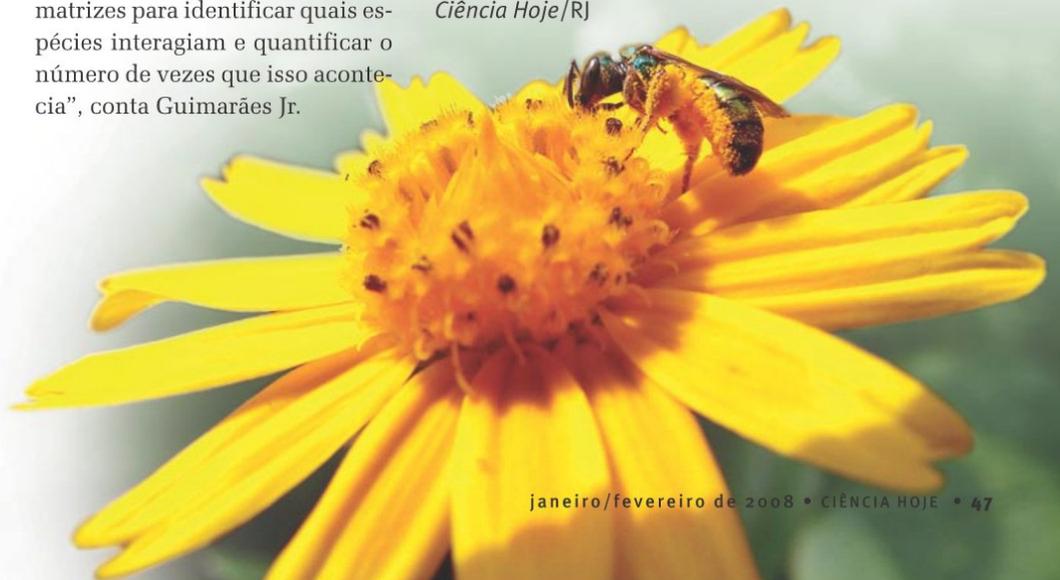
Para o estudo, o grupo usou dados próprios, bem como de outras pesquisas de campo já publicadas na literatura científica. Ao todo, os pesquisadores conseguiram informações de 36 redes planta-polinizador e 23 planta-frugívoro. "A partir desses dados, montamos matrizes para identificar quais espécies interagiam e quantificar o número de vezes que isso acontecia", conta Guimarães Jr.

Em cerca de um terço das 59 redes estudadas, os pesquisadores encontraram o efeito de parentesco. "Se duas espécies eram do mesmo gênero e uma delas era generalista, a outra também era", revela o biólogo. Em metade das redes, os 'primos' também interagiam com as mesmas plantas ou animais. Com esses resultados em mãos, o grupo iniciou simulações de extinções para descobrir se o parentesco influenciava o processo.

Os pesquisadores simulavam primeiro a extinção das espécies vegetais e contavam o número de animais que ficavam sem interações, os quais eram considerados extintos. Segundo Guimarães Jr., a equipe percebeu que, nas redes onde o parentesco era importante, havia um efeito cascata, levando a um desaparecimento quantitativo e qualitativo. "Nesses casos, não há apenas uma perda numérica de espécies, mas também de grupos de espécies aparentadas. Como espécies próximas têm interações similares, um evento que leve à extinção de uma delas provavelmente fará isso a todas", conclui o biólogo.

Fred Furtado

Ciência Hoje/RJ



Redes de interações mutualísticas, como as existentes entre plantas e seus polinizadores, podem levar a uma extinção em cascata, quando as espécies participantes são aparentadas

Ciência jovem

O que um jovem pode fazer para resolver os inúmeros problemas do mundo à sua volta? Muita coisa. É o que comprovam os projetos apresentados na 22ª MostraTec – Mostra de Criatividade em Ciências, Arte e Tecnologia –, feira voltada para alunos do ensino médio e técnico de todo o mundo. Inovações que buscam sanar problemas ambientais, tecnológicos e de saúde, entre outros, foram apresentadas em novembro último, na Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha, em Novo Hamburgo (RS).

A feira contou com participantes de 22 países e 20 estados brasileiros. Do Maranhão, por exemplo, vieram iniciativas como a criação de um complemento alimentar feito da casca do fruto do buriti,

palmeira abundante na região. João Paulo Bastos, do Colégio Santa Luzia, da cidade de Imperatriz, é um dos autores do estudo. Ele conta que a polpa desse fruto é usada em doces e sucos, mas a casca é descartada. “Como a maior parte da vitamina das frutas fica na superfície próxima à casca, decidimos testar a casca do buriti, que contém vitaminas A e K, como complemento alimentar.”

Bastos e mais dois alunos, orientados pela professora Tays Seidel, usaram uma mistura de maisena, trigo e farinha da casca do buriti para alimentar quatro grupos de camundongos durante 25 dias – e mantiveram também um grupo-controle, que não recebia o complemento. O peso e o desempenho físico dos animais foram avaliados

no 1º, no 12º e no 25º dia da dieta. Resultado: os animais que receberam o complemento tiveram melhor desempenho em atividades físicas, como correr na roda de exercícios; apresentaram pelagem mais amarelada, evidenciando um aumento da quantidade de vitamina A no organismo; e, para surpresa dos alunos, quando havia opção, preferiam o complemento a seu alimento habitual, a semente de girassol.

A idéia é que creches adicionem o produto a sucos e até ao feijão. “A carência de vitaminas causa muitas doenças, como a cegueira noturna, resultado da falta de vitamina A. O complemento pode ser uma boa opção para melhorar essa situação em nossa região”, enfatiza Allan Diego Coelho, outro integrante do projeto.

Novo combustível

Baratear o hidrogênio combustível, acabando com a poluição gerada pela queima de combustíveis fósseis, foi o objetivo de Diegon Viana Schreiner e Ricardo Antônio Silva, da Escola Rui Barbosa, também da cidade de Imperatriz (MA). Após um ano e meio de pesquisas, eles criaram um processo que permite a um carro de motor de quatro tempos (um Gol, por exemplo) rodar 450 km usando hidrogênio combustível e gastando apenas entre R\$ 3 a R\$ 5.

A fórmula é simples: água, alumínio e soda cáustica. “O alumínio, em contato com a mistura de água e soda cáustica, reage liberando o hidrogênio. O gás é capturado e direcionado a um tanque de armazenamento. O que resta é uma pasta de óxido de alumínio



que pode ser usada para fabricar de lubrificantes para lapidação de pedras e produtos para arear painéis”, explica Schreiner.

Testes foram feitos com um motor movido a gás natural e outro de um automóvel Maverick 1975. Ambos passaram por adaptações simples para receber o ‘novo combustível’. Os estudantes primaram pela segurança e usaram materiais inoxidáveis, válvulas de segurança e manômetros (instrumentos para medir a pressão) no protótipo construído para receber a mistura, separar e injetar o hidrogênio nos motores.

O hidrogênio combustível tem várias vantagens. O carro que o utiliza não produz ruídos, o que diminui a poluição sonora, e o subproduto de seu uso é vapor d’água. Além disso, o método criado pelos alunos também inclui um processo de reciclagem, pois o alumínio usado pode vir, por exemplo, de latinhas de refrigerante. “Acreditamos que o projeto seja viável em larga escala, pois utiliza materiais baratos, como as latinhas. Também criamos um combustível que serve para qualquer motor, com poucas adaptações. Desse modo, ajudamos a combater a poluição”, comemora o aluno.

Inclusão social na mira

Já os estudantes Bruno Fonseca e Rafael Gonçalves Zschornack, do Centro Federal de Educação Tecnológica (Cefet) de Pelotas (RS), procuraram dar assistência aos portadores de necessidades especiais com seu projeto: um aparelho de identificação de ônibus para deficientes visuais.

O aparelho é dividido em duas partes, uma acoplada ao ônibus e outra que permanece com o deficiente. “Cada linha é identificada por um código. O aparelho no veículo, depois de ligado, emite constantemente um sinal com esse código que é captado pelo aparelho do portador de deficiência no ponto de ônibus. Quando a condução



está a cerca de 80 m do ponto, o aparelho começa a vibrar e a apitar, indicando que o ônibus chegou. O aparelho no interior do veículo também emite um som, avisando ao motorista que há um portador de deficiência à espera no próximo ponto. E o portador da deficiência pode programar o aparelho com a linha que deseja, já que cada uma delas tem um código definido”, conta Fonseca.

O protótipo construído por eles pode ser programado para captar o sinal de até três linhas diferentes e custou cerca de R\$ 80. Os estudantes, que contaram com as opiniões de um deficiente visual em todas as etapas do projeto, acreditam que o preço possa ser reduzido e pretendem lutar para que a presença do aparelho nos ônibus se torne obrigatória. “Essa é uma forma de contribuir para a resolução de um problema identificado pelos próprios deficientes como um dos mais críticos”, afirma.

Freio magnético

Os freios de carros e bicicletas, além de caros, são prejudiciais à saúde e ao meio ambiente, pois liberam substâncias tóxicas como o zinco e o cobre, capazes de induzir a formação de cânceres. Um freio magnético, composto de ímãs de neodímio (Nd), que geram

grandes campos magnéticos, pode ser a solução.

Criado pelo estudante Rodrigo Milindre Gonzalez, do Colégio Luterano Arthur Konrath, da cidade de Estância Velha (RS), o freio magnético é composto por um disco de alumínio e pequenas pastilhas de neodímio. De baixo custo, ele não agride o meio ambiente ou a saúde humana. “Enquanto um freio convencional de carro pode custar entre R\$ 350 e R\$ 400, o freio magnético custa em torno de R\$ 60 ou R\$ 100. Além disso, ele não deixa resíduos e sua manutenção é fácil”, afirma.

Por enquanto, o modelo foi testado apenas em bicicletas. Mas o estudante, que está patenteando a invenção, espera receber patrocínio para realizar testes em carros. “Até agora contei mais com o apoio de minha família.”

O apoio da família também foi fundamental para o estudante Luiz Henrique Martins Parreira, do Instituto Biosfera, uma organização não-governamental de Goiás. Foi a família que criou a ONG onde ele desenvolve seu projeto: um sistema de drenagem de solos e de revestimento de fossas que usa apenas pneus velhos.

O sistema de drenagem exige duas colunas de três pneus que, com um pequeno corte, se encaixam



xam uns aos outros. As colunas são colocadas em um buraco no solo que depois é coberto com uma grade de ferro para evitar quedas. “Em locais com muito concreto ou com solo batido, a água não consegue se infiltrar. Esse fato, somado ao lixo que é jogado nos rios, incluindo pneus, causa enchentes. Usar os pneus para fazer a drenagem foi a forma que encontramos de solucionar esse problema.” O sistema foi instalado em cinco casas.

As fossas construídas com pneus, por sua vez, serão usadas em 400 casas populares graças a uma parceria firmada com a Caixa Econômica Federal. Parreira cita o custo como uma das vantagens. Segundo ele, enquanto uma fossa normal sai por cerca de R\$ 250 ou R\$ 300, a fossa de pneus custa entre R\$ 100 e R\$ 120. Mas é a vantagem ambiental que realmente entusiasma o estudante. “Estima-se que um pneu demore até um milhão de anos para se decompor, o que faz de seu descarte um grave problema ambiental. A idéia que quero passar com esse projeto é: recicle, reutilize.”

Jovens do mundo

África do Sul, Colômbia, Chile, Estados Unidos, Espanha, México,

Nigéria e Turquia são alguns dos países que levaram representantes para a Mostratec.

O uso de um fungo para promover a decomposição de CDs e DVDs foi o tema de um projeto da Costa Rica. O estudante Jose Pablo Jiménez, do Colégio Científico Costarricense de São Pedro, explica que os discos compactos são formados por policarbonatos, compostos que possuem substâncias cancerígenas e que podem causar deformação em fetos. Diego Ulate Segura, seu companheiro de projeto, completa: “por isso procuramos uma forma de degradar os policarbonatos”.

A escolha recaiu sobre o fungo *Geotrichum candidum*. Segundo os alunos, a ação de uma enzima produzida pelo microrganismo faz com que um CD chegue a estágios avançados de degradação em três ou quatro semanas. Usando um biorreator, em dois ou três meses o material é totalmente decomposto. Os resíduos do processo (o ácido feniletanóico, o undeceno e o butanodiol) podem ser usados como combustíveis para aviação, para fazer outros plásticos ou podem ser vendidos. Jiménez diz que 200 g do ácido feniletanóico custam cerca de US\$ 500 e que o preço do reator usado para

condicionar o processo de decomposição dos CDs é de cerca de US\$ 300. “O método que criamos é barato e fácil de reproduzir. Nossa intenção é que ele seja aplicado em milhares de CDs.”

Outro projeto inovador foi apresentado pelo sul-coreano Ukseong Moon: um sistema de busca na internet 15% mais rápido e 20% mais preciso que o Google. Batizado de Gooclé – uma junção do nome Google com motclé, que em coreano significa palavra-chave – o programa usa palavras-chaves para refinar a busca. “O problema dos mecanismos de busca atuais é que, muitas vezes, o conteúdo não é aquele que se procura.”

O sistema criado por Moon usa um método de identificação da relevância de palavras-chave dentro de uma frase e da relação entre elas para aperfeiçoar a busca. Além disso, palavras possivelmente relacionadas ao tema da busca aparecem em um esquema ao lado dos resultados. Basta clicar na palavra mais relacionada para redirecionar a busca. “Hoje, existem cerca de 29 bilhões de páginas na rede. Com o sistema atual, perde-se tempo procurando pela informação relevante. A intenção é aperfeiçoar esse sistema.” Após a conclusão de seus estudos no colégio, Moon, que já é estagiário do Instituto de Ciência e Tecnologia Avançada da Coreia (Kaist, na sigla original), pretende estudar genética. “Quero desenvolver um sistema de organização e busca de dados obtidos com a decodificação do DNA e de proteínas, porque, em breve, haverá uma quantidade enorme de informações a esse respeito e será preciso acessá-las de maneira eficiente”, conclui o estudante.

Mariana Ferraz
Ciência Hoje/RJ

* A repórter viajou a convite dos organizadores da Mostratec

CONHECER PARA VIVER MELHOR

ASSINE POR UM ANO

12 edições



psique

Psique Ciência & Vida traz novidades da pesquisa neurocientífica brasileira e internacional, mostra o trabalho de psicólogos e psicanalistas, os mistérios e patologias que assombram a mente humana. Tudo isso em linguagem acessível e sob o olhar criterioso de renomados consultores.

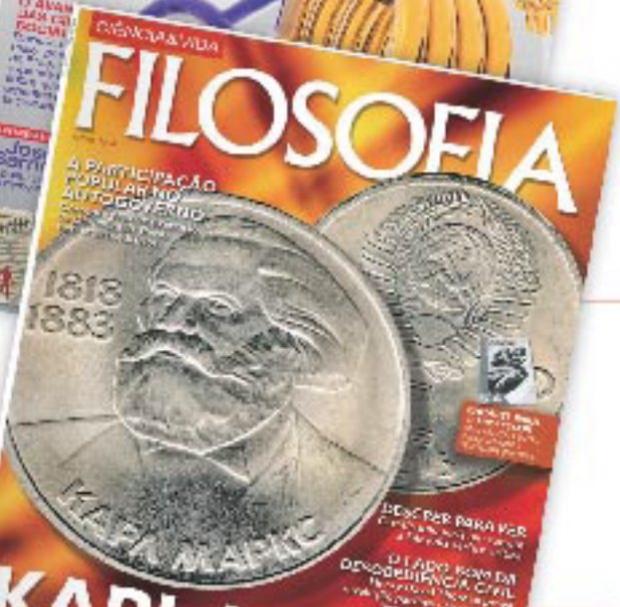
Publicação Mensal



Sociologia

Sociologia Ciência & Vida mostra que Sociologia não é só política. Mídia, sociedade, economia e meio ambiente são analisados por importantes sociólogos, evidenciando a influência de fenômenos sociais complexos em nosso cotidiano. A revista ainda traz orientações aos professores.

Publicação Mensal



FILOSOFIA

Filosofia Ciência & Vida aborda a vida e a obra de grandes pensadores. De forma simples, esclarece questões existenciais sob o ponto de vista da Filosofia. Traz conteúdo para auxiliar professores universitários em suas aulas e um artigo especial para o ensino médio.

Publicação Mensal

Ligue para a Central de Atendimento e assine a sua revista preferida.

(11) 3855-1000

www.escala.com.br

Assine já!

por apenas
5x 18,96*

Preço de assessoria para cada revista.

Pague com seu cartão de crédito



UTI para espécies migratórias

Lobo-marinho debilitado após sua chegada ao Centro de Estudos do Mar (A) e já recuperado (B)

Em uma década, mais de mil animais que migram de altas latitudes para o litoral sul e sudeste do Brasil foram reabilitados e devolvidos ao seu ambiente natural por pesquisadores do Centro de Estudos do Mar (CEM) da Universidade Federal do Paraná, localizado no município litorâneo de Pontal do Paraná, a 120 km de Curitiba. Entre as espécies recuperadas pelo Projeto de Estudos e Reabilitação de Aves, Mamíferos e Répteis (Proamar), criado há 10 anos pelo CEM, estão lobos-marinhos, pingüins e albatrozes que, durante a migração sazonal, sofrem revesses em seu percurso, sendo obrigados a mudar de itinerário. Dispersos do grupo, alguns indivíduos morrem, e outros terminam sua jornada distantes de seu destino original, doentes, feridos ou encalhados em nossas areias.

Nos últimos anos, tem-se verificado considerável aumento no número de animais enfraquecidos que aportam em nossas praias, muitos deles não-nativos da fau-



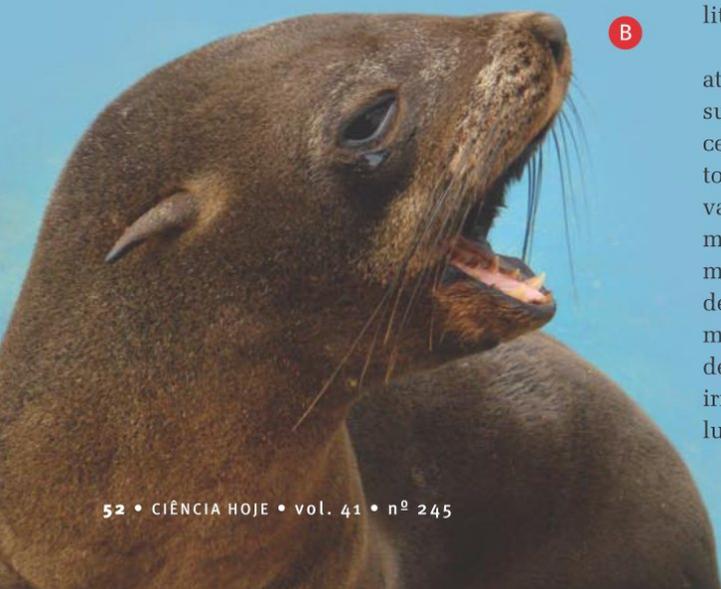
FOTOS CEDIADAS POR RICARDO KRUL (CEM/UFRPR)

na brasileira. Fisicamente impossibilitados de prosseguir em seus roteiros, são recolhidos e encaminhados aos pesquisadores e voluntários do Proamar. A equipe, formada por biólogos, oceanógrafos e veterinários, atende os animais e se encarrega de sua reabilitação.

Há quem argumente que essa atitude deva ser condenada, pois, supostamente, interfere no processo de seleção natural. Entretanto, o argumento é facilmente invalidado pelos fatos. Muitos animais são encaminhados ao Proamar por terem se tornado vítimas de inúmeras formas de ação humana sobre os ecossistemas, como derramamento de petróleo, pesca irregular e diversos tipos de poluição. “Cada espécie afetada in-

dica uma forma diferente de desequilíbrio”, diz o biólogo Ricardo Krul, coordenador do projeto. “Entre os animais atendidos estão espécies que atraem o interesse do público, muitas das quais correm risco de extinção”, afirma o biólogo. “Isso contribui para uma boa interação entre a comunidade que encaminha os animais ao Proamar e os pesquisadores do projeto.”

Pingüins feridos e contaminados por petróleo; tartarugas-marinhas que ingeriram lixo ou sofreram mutilações resultantes da captura acidental em redes de pesca; lobos-marinhos feridos nos olhos e nas nadadeiras, também devido à atividade pesqueira, são apenas alguns dos muitos casos testemunhados pela equipe do Proamar.



Falta de peixes

As aves marinhas constituem um caso peculiar. Diferentemente dos demais animais, em geral elas enfrentam o problema da desnutrição. Sabe-se que, nos últimos anos, a indústria da pesca tem atuado em nosso litoral de modo excessivamente predatório. Exímias pescadoras, essas aves estão tendo sérias dificuldades para encontrar o que comer. Dados apontam que algumas espécies chegam a ter 90% de sua alimentação baseada em restos pesqueiros, muitas vezes deteriorados e impróprios para consumo. Assim, as aves acabam intoxicadas, desnutridas ou morrem. Também em razão da pesca predatória, pescadores nativos vêem-se obrigados a diversificar suas atividades. A pesca já não garante o sustento de suas famílias.

Outro fator de desequilíbrio, já há muito tempo em pauta, são os derramamentos de petróleo. Ao contrário do que se imagina, não são casos isolados, como eventuais vazamentos ou acidentes com embarcações. “O problema é muito mais abrangente”, diz Krul. Segundo ele, diariamente nossos mares recebem doses de petróleo e seus derivados, devido às contínuas trocas de óleo realizadas nas embarcações ou à lavagem dos tanques de navios petroleiros. “Centenas de litros do combustível são diariamente liberadas em nosso litoral”, afirma. Assim contaminadas, nossas águas afetam diretamente a vida marinha e as espécies que por ali passam durante as migrações sazonais.

Há também problemas de menores proporções, mas nem por isso menos nocivos. Em geral estão vinculados ao descaso com o lixo doméstico e industrial, especialmente o plástico. Já consagrado vilão, ele também tem exercido notável impacto sobre o equilíbrio do ecossistema, entrando muitas vezes no cardápio de inúmeras espécies que vivem no litoral ou o visitam todos os anos.



Tartaruga-marinha (A) e albatroz (B) saudáveis, prontos para retornar à natureza

Atualmente, o Proamar atende três lobos-marinhos, três pingüins, dois atobás e uma tartaruga. O projeto, cuja estrutura física é viabilizada pelo CEM, não tem apoio financeiro de outras entidades. Há um convênio com o Ibama, mas a parceria se limita a formalidades burocráticas, uma vez que a instituição nunca destinou recursos financeiros ao projeto, que é totalmente conduzido por voluntários. Os estudantes de oceanografia do CEM também dão sua contribuição. O projeto tem também o apoio de pescadores locais, que eventualmente doam peixes para alimentar os animais em reabilitação.

Desde que iniciou suas atividades, o Proamar já devolveu, com saúde, centenas de animais ao ambiente natural. Embora não haja meios de se acompanhar a trajetória e o sucesso desses animais depois de soltos, pesquisadores e voluntários têm certeza de que realizaram um bom trabalho.

Henrique Kugler

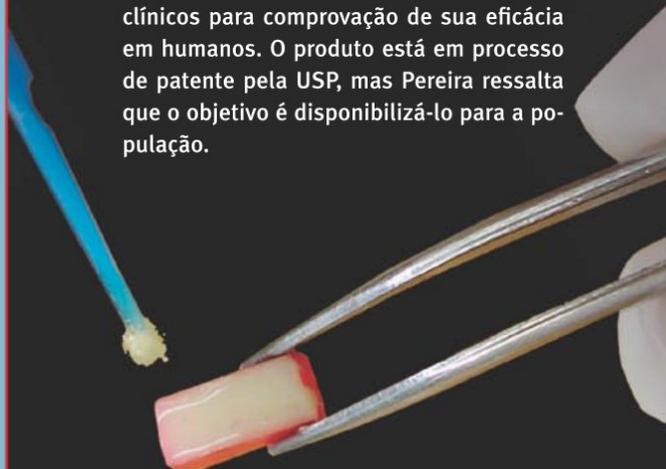
Especial para *Ciência Hoje*/PR

açúcar contra cáries e outras infecções

Um verniz dentário que libera xilitol pode ser a nova arma contra cáries e infecções de vias aéreas superiores. Pesquisadores da Faculdade de Odontologia de Bauru, da Universidade de São Paulo (FOB/USP), criaram o produto a partir do xilitol, um tipo de açúcar encontrado em algumas frutas, como morango e amora, e que impede o crescimento de bactérias da cavidade bucal. “O xilitol, por ser um açúcar não-fermentável, não consegue ser metabolizado pelas bactérias, prejudicando seu crescimento e sua virulência”, explica a fonoaudióloga Agnes de Fátima Faustino Pereira, autora de uma tese de mestrado sobre as propriedades do açúcar em relação a ouvidos e dentes.

A substância já é usada em chicletes anticáries. No entanto, para fazer efeito, devem ser mascarados cinco chicletes por dia durante 15 minutos, o que inviabiliza sua utilização terapêutica. Pereira afirma que no verniz dentário, ao contrário das gomas de mascar, o xilitol é liberado aos poucos e sua ação antibacteriana consegue ser mantida. “O verniz com 10% de xilitol foi o que liberou, nos testes em laboratório, maiores concentrações do açúcar em períodos de tempo mais longos (por até 72 horas após sua aplicação).”

Segundo a fonoaudióloga, o uso do xilitol como alternativa de prevenção contra bactérias causadoras de cárie dentária e de infecções respiratórias possibilitará a redução de gastos do governo com tratamentos dentários e antibióticos. Antes de ser comercializado, o verniz deve passar por estudos clínicos para comprovação de sua eficácia em humanos. O produto está em processo de patente pela USP, mas Pereira ressalta que o objetivo é disponibilizá-lo para a população.



Resgate de pingüins em Santos

As instituições que recuperam os pingüins-de-magalhães (*Spheniscus magellanicus*) que chegam doentes e fracas às praias de São Paulo exibem bons resultados nos últimos anos, e a exposição dos animais recuperados permite realizar um importante trabalho de educação ambiental, visando reduzir a poluição no mar e proteger esses animais de acidentes de pesca. No entanto, o grande número de pingüins abrigados hoje em algumas instituições, como o Aquário Municipal de Santos, trouxe uma nova preocupação: o destino dos animais já reabilitados, já que sua reintrodução no ambiente natural pode trazer outros problemas.

O pingüim-de-magalhães tem cerca de 70 cm de comprimento e pesa entre 4 e 5 kg. Machos e fêmeas são muito semelhantes, no tamanho e na plumagem. Os animais adultos têm costas e asas negras e a área frontal branca, enquanto os

filhotes são mais claros, variando do branco ao cinza escuro. A espécie habita zonas costeiras do Chile e da Argentina, incluindo as ilhas Malvinas, onde se reproduz. Todos os anos esses pingüins deslocam-se até o Brasil (ou até o Peru, no caso das populações do oceano Pacífico), acompanhando a migração de um dos peixes que consomem, a anchoita (*Engraulis anchoita*). No Brasil, podem chegar até a baía da Guanabara, no Rio de Janeiro, e raramente ao Espírito Santo e à Bahia.

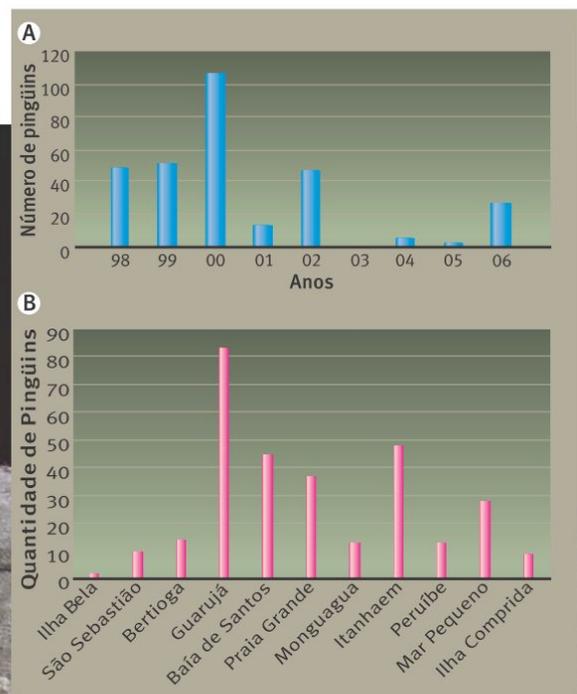
Durante esse deslocamento, muitos pingüins apresentam problemas de saúde, naturais ou provocados pela poluição crônica dos mares ou pela atividade pesqueira, e são carregados pelas correntes marítimas para praias brasileiras. Várias instituições, no Sul e no Sudeste, acolhem e tentam

reabilitar os indivíduos 'naufregados'. Animais que cruzam linhas de transporte de petróleo, por exemplo, podem ingerir o produto ou ter a plumagem impregnada.

Estudo realizado no litoral do Rio Grande do Sul, publicado em 2002 na revista *Ornitologia Neotropical* pela zoóloga Maria Virginia Petry e outros, constatou o efeito de atividades humanas na avifauna marinha. Das 7.690 carcaças de aves mortas que recolheram no trecho de litoral entre a praia de Pinhal e o Parque Nacional do Lago do Peixe, cerca de 80% eram de pingüins-de-magalhães. A análise dos corpos revelou manchas de óleo na plumagem (61,5%) e cortes por objetos pontiagudos ou marcas de atividade pesqueira (38,5%). Além disso, havia indícios, no estômago de cerca de 80% dos animais,

O único pingüim-de-magalhães nascido em cativeiro no Brasil – apelidado de 'Fraldinha', é mantido no Aquário Municipal de Santos

Pingüins recebidos pelo Aquário de Santos entre 1998 e 2006 (A) e chegada de pingüins-de-magalhães a cidades do litoral de São Paulo, no mesmo período (B)



FOTOS DE ALINE MEDEIROS

da ingestão de materiais sintéticos (ver 'Plástico na dieta da vida marinha', em *CH* n° 320).

Reabilitação e cativeiro

Os animais que chegam vivos às praias da Baixada Santista (SP) apresentam, em geral, falhas na plumagem, desidratação, temperatura inferior à normal para esses animais (hipotermia), alta infestação por parasitas e às vezes problemas respiratórios. Os pingüins surgem entre maio e setembro, com o pico entre julho e setembro, e são, na grande maioria, animais jovens. Entre 1998 a 2006 – principalmente em 2000 (ver gráfico) – chegaram à região cerca de 300 pingüins, a maior parte no Guarujá (27,5%).

Os pingüins vivos recolhidos pela polícia ambiental e por pescadores e turistas são encaminhados aos Aquários de Santos e do Guarujá. Algumas pessoas colocam essas aves no gelo ou em um lugar refrigerado, mas isso pode apressar sua morte, porque em geral estão com hipotermia. Eles devem ser postos em caixas de papelão e encaminhados a uma instituição capacitada para a reabilitação – o que nem sempre é possível, em função das condições de saúde do animal. No Aquário de Santos, os pingüins recuperados ficam em cativeiro, o que permite realizar pesquisas visando à sua conservação, e são expostos ao público. São promovidas atividades de educação ambiental, que conscientizam o público para os riscos da poluição do mar e da pesca acidental em redes ou por anzóis. Além dos pingüins, vários outros animais, como albatrozes, tartarugas e golfinhos (ver 'Ajuda para albatrozes', em *CH* n° 227), também são mortos pelo lixo lançado pelos humanos e pela captura acidental.

O recinto que abriga os pingüins no Aquário de Santos tem uma área seca com variados tipos de piso e tocas semelhantes às que



encontram na natureza. As piscinas têm filtros e profundidade adequada, e a temperatura de todo o recinto é mantida em torno de 17°C, mas há um solário com temperatura ambiente. Os pingüins-de-magalhães, ao contrário do que muitas pessoas pensam, não vêm da Antártida, e sim do sul da América do Sul, onde as temperaturas são superiores às polares. Os animais são alimentados duas vezes por dia, e recebem estímulos diversificados (variações em alimentos e tratamentos) para minimizar o estresse do cativeiro.

Conservação e destino

Com a chegada, todos os anos, de novos pingüins, a densidade de animais na maioria dos aquários de São Paulo está perto do limite máximo. Em breve eles não comportarão novos animais, o que já é motivo de preocupação. Em algumas outras instituições do país muitos pingüins reabilitados são soltos, mas a reintrodução de qualquer espécie animal não é algo simples de se realizar. O contato dos espécimes que chegam às praias com outros animais pode disseminar doenças no ambiente natural. Além disso, eles podem apresentar desvios em seu comportamento, devido ao contato com humanos.

Os pingüins tratados no Aquário de Santos são animais que provavelmente não sobreviveriam na natureza. Muitos não foram bem-sucedidos em sua migração por ter problemas graves de saúde, o que tornaria muito baixo o sucesso da reintrodução. As chances de sobrevivência são maiores para animais debilitados em decorrência de atividades humanas, mas é difícil distinguir entre os dois casos. Além disso, soltar os animais sem acompanhamento para verificar a taxa de sobrevivência e o impacto na população natural (estudos complexos e caros) torna essa solução questionável. Uma solução imediata para a superlotação dos aquários seria o envio de exemplares para zoológicos afastados do litoral e interessados em expor a espécie, mas isso depende da construção de instalações adequadas para os pingüins-de-magalhães.

O recinto onde os pingüins são expostos, no Aquário de Santos, reproduz o ambiente de origem dos animais, com tocas e locais com alturas e tipos de pisos diferentes

Aline Maria Zigiotto de Medeiros

Campus Experimental do Litoral Paulista (Unidade São Vicente), Universidade Estadual Paulista

Gelson Genaro

Programa de Pós-graduação em Comportamento e Biologia Animal, Universidade Federal de Juiz de Fora (MG)

Esperança nas aldeias xacriabás

Figura 1. Crianças xacriabás fazem penitência para pedir água aos céus

Pouca gente sabe, mas a cerca de mil quilômetros da capital mineira vive um povo indígena que já foi dono de milhões de hectares no norte de Minas Gerais. Eram os legítimos donos das terras hoje transformadas em unidades de conservação – como o Parque Nacional das Cavernas do Peruaçu (vide as pinturas rupestres que lá estão para provar que já havia ocupantes desde a pré-história), cidades, como Januária e Itacarambi, e muitas, muitas fazendas de gado e capim às margens do rio São Francisco.

Reduzidos a menos de oito mil almas, os índios da etnia Xacriabá conquistaram há 20 anos o direito à demarcação definitiva de suas terras. Não foi fácil, tratando-se de uma terra disputada também por posseiros e grileiros. Finalmente o naco de terra Xacriabá firmou-se em cerca de 50 mil hectares, ou seja, menos de um terço do que historicamente teriam direito. Com um detalhe: aos índios coube a gleba mais seca, mais desprovi-

Figura 2. Manoel Bras faz parte de uma das 21 famílias que, com o auxílio de uma fundação suíça, ergueram cisternas para enfrentar a seca



FOTOS DE JAMIE ELSISKY

da de nascentes. Como a região está na transição do cerrado para a caatinga, o calor é intenso. A seca dura até oito meses e a água é um bem mais precioso que a própria comida.

Na seca deste ano – a maior em três décadas – a situação chegou ao ponto de as crianças xacriabás saírem pelas estradas da aldeia, fazendo penitência infantil, clamando chuva aos céus (figura 1).

Longe do fenótipo do que se convencionou como o típico índio (cocar, pinturas corporais e feições asiáticas), os xacriabás são um povo indígena reconhecido oficialmente pela Fundação Nacional do Índio (Funai), que trabalha a terra, estuda, cria gado, coleta plantas medicinais, faz remédios, dança o *Toré* e, agora, aprendeu a cercar as parcas nascentes de suas terras para evitar o pisoteio do gado que pasta livre pela reserva.

No processo do cercamento, tiveram de aprender a pedir dinheiro para sanar o problema ambiental. A assessoria de alguns antropólogos, como a de Mônica Nogueira, do Instituto de Ciências Sociais da Universidade de Brasília, foi fundamental na formulação de um projeto para atender a uma chamada de financiamento do Fundo Nacional do Meio Ambiente, de onde saíram os primeiros recursos. A ajuda extra veio do Instituto Sociedade População e



IAIÁ

Natureza, que decidiu apoiar a causa por meio do Programa de Pequenos Projetos Sociais (PPP-ECOS), com recursos do Fundo Mundial para o Meio Ambiente das Nações Unidas (GEF/ONU).

Juntando um pouco daqui, um pouco dali, conseguiram cercar as nascentes. O gado agora bebe água mais embaixo e não polui os olhos d'água. Como o desmatamento havia levado a vegetação que ajudava a sustentar as nascentes no passado, trataram de reflorestar. Um viveiro de mudas nativas está implantado e o jovem Silvano de Souza Oliveira, de 17 anos, é o guardião das mudas. Pega água de regador e molha uma a uma as arvorezinhas nativas. Este ano, foram 3 mil mudas espalhadas por toda a reserva. Silvano domina todo o processo. Desde a coleta da semente, a semeadura, o desenvolvimento das espécies, o transporte e o plantio. Ele faz tudo isso nos intervalos da escola da aldeia, onde cursa o primeiro ano do ensino médio. A saga das nascentes xacriabás está agora registrada em livro. Escrito e ilustrado pelas crianças da reserva, a publicação dá uma aula para o Brasil que insiste em desmatar.

Cisternas

As aldeias xacriabás passaram a receber nos últimos anos os encanamentos que levam água dos córregos para algumas casas. Mas só algumas dispõem do 'luxo' urbano e, mesmo assim, a água pode chegar a cada três, quatro ou até cinco dias. Não resolve. Uma solução tem sido contruir cisternas para a coleta de água das chuvas (figura 2). Elas começaram a aparecer a partir de projetos do governo e da sociedade civil. Mas como o número das cisternas é insuficiente, muita gente continua a viver na penúria da falta d'água. Cacimbas, muitas vezes, são a única fonte de água para quem vive longe das parcas nascentes. Poços arte-

Os xacriabás também estão indo fundo na busca de sua identidade perdida. Séculos de miscigenação fizeram os índios se mesclarem a negros remanescentes de quilombos e brancos pobres que migraram de regiões nordestinas ainda mais secas e miseráveis. "A mistura com os não-índios foi uma estratégia de sobrevivência, caso contrário eles não teriam conseguido chegar à situação atual e estariam completamente dizimados", explica a antropóloga Mônica Nogueira. Nessa mistura, diz ela, a cultura dos Xacriabá, povo do tronco linguístico Macro-Jê, se diluiu e perdeu muito de sua força original. É em busca dessa força que eles caminham agora.

E a força vem com os mitos que voltam a rondar as aldeias. Um deles, o da onça Iaiá Cabocla. Um ser que transita entre o mundo espiritual e o material e que ajuda a proteger os xacriabás. Iaiá Cabocla também é guardiã das matas e dos bichos e não gosta que os índios duvidem do seu poder. "Ela pode adoecer uma pessoa que desdenha ou duvida de sua força", explica Célia Nunes Corrêa, 18 anos, uma das jovens empenhadas no resgate da cultura de sua gente.

Junto com outros jovens e sob os auspícios dos velhos pajés, ela está retomando os cantos sagrados e o *Toré*, uma dança mágica comum a vários grupos do tronco Macro-Jê. Da língua dos xacriabás, pouca coisa restou. São cerca de 200 palavras. Os fragmentos linguísticos, porém, revelam grande poética.

sianos têm sido um paliativo, mas para um lençol freático frágil, a medida pode ser um tiro no pé. Dos índios.

Recentemente, 21 das famílias mais pobres da aldeia Riachão receberam como doação as cisternas da Fundação Georg Fischer, que, da Suíça, ouviu o clamor dessa gente e enviou os donativos para as obras. As cisternas, que mais parecem naves espaciais pousadas no meio do sertão, são erguidas com a mão-de-obra indígena. Eles foram capacitados e já sabem o que fazer. Só precisam de alguns sacos de cimento, ferro e ferra-

"Wiktú Kurinān Ynthe Dekrān", como explica Célia Corrêa, quer dizer: "Vem aqui, criança, e dá bons frutos." Soa como um pedido às novas gerações. É como quem diz: frutifica, meu povo. E os jovens estão dando uma contribuição para o renascimento xacriabá. Edgar Nunes, de 17 anos, é um exímio desenhista (figura 3). Tem talento inato e suas temáticas são inspiradas na paisagem das aldeias, nos temas indígenas, na fauna e na imagem que os xacriabás começam a fazer de si mesmos com todo esse movimento de volta às origens. É um guerreiro cujas armas são os rudes lápis de cor que usa para compor belas estampas. A estética dos Xacriabá ajuda a trazer de volta a ética de um povo que reinventa a si próprio.

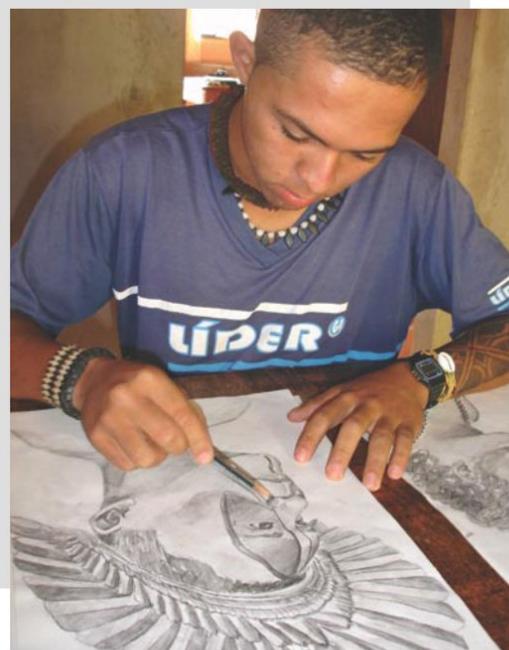


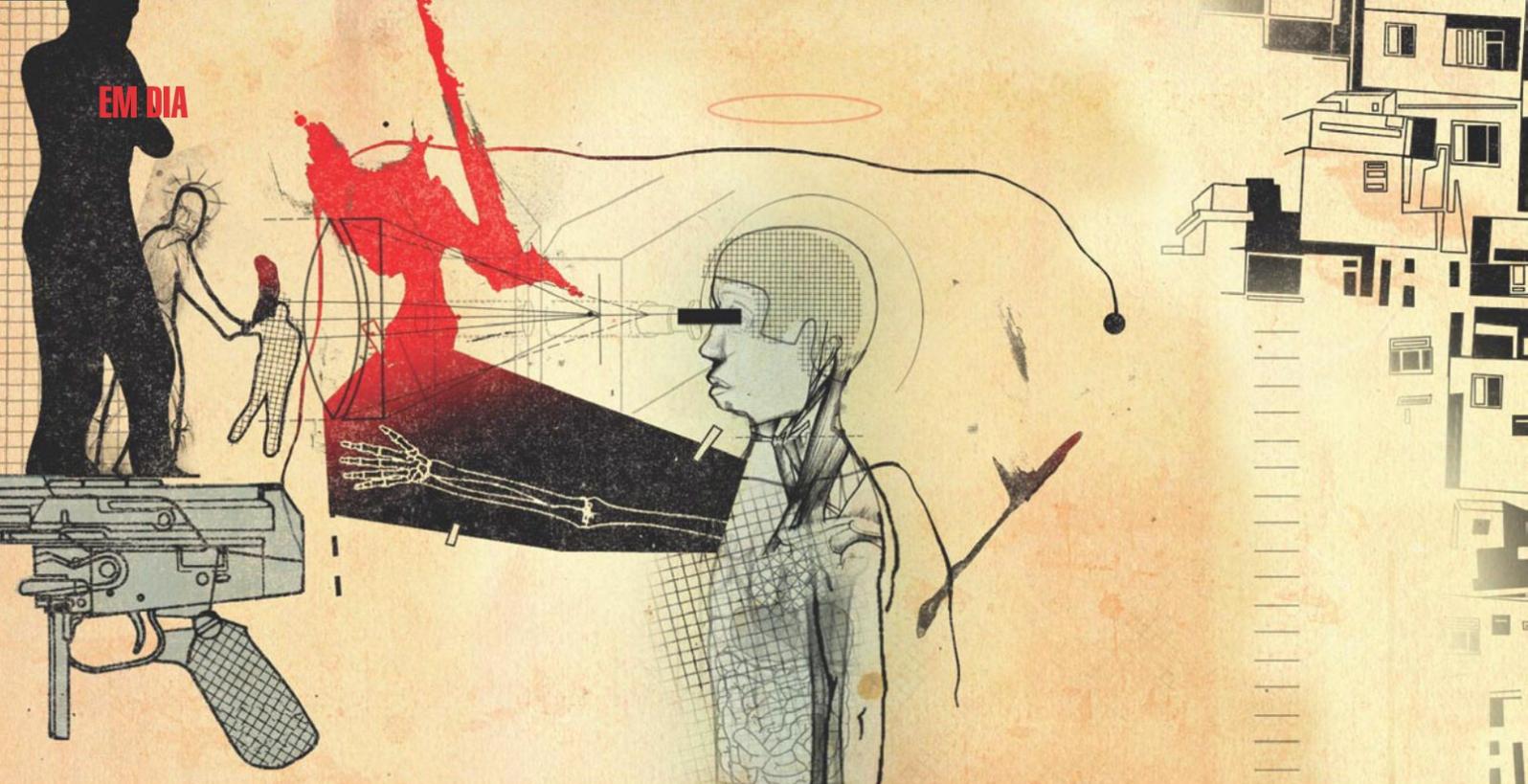
Figura 3. Edgar Nunes procura inspiração na imagem que os xacriabás começam a fazer de si mesmos

mentas para cavar a terra. Já se esboça nas aldeias um movimento dos sem-cisterna. Justíssimo.

A solução garante água por até seis meses para cada casa que tem a cisterna devidamente instalada. Em cada uma, cabem 16 mil litros de água, que, usados com parcimônia para alimentação e banhos, podem amenizar os 40 graus de temperatura que normalmente fazem na região.

Jaime Gesisky

Especial para *Ciência Hoje/DF*



SOCIOLOGIA Especialistas discutem as organizações criminosas e suas relações sociais e políticas

Crime na academia

“**B**andido é bandido, polícia é polícia.” A famosa frase de Lúcio Flavio Villar Lório, chefe de uma quadrilha de assaltantes de bancos desmantelada no início dos anos 70, foi dita como forma de estabelecer uma diferenciação entre policiais e bandidos, uma vez que a confusão desses papéis já começava a se tornar evidente naquele momento. Um estudo mais aprofundado sobre o crime organizado e suas conseqüências para a sociedade brasileira e para a vida do regime democrático foi tema do Seminário Internacional sobre Crime Organizado, realizado entre 26 e 18 de novembro, pelo Núcleo de Estudos e Violência (NEV) da Universidade de São Paulo (USP).

O evento contou com a participação de vários especialistas brasileiros e estrangeiros, que abordaram o crime sob diversos aspectos. Para o sociólogo Sérgio

Adorno, coordenador do NEV e organizador do evento, um dos papéis da academia é interrogar as evidências e identificar qual é a natureza dos problemas. Um entendimento científico, em sua opinião, requer compreender essas situações e ter um olhar efetivo para essas formas díspares e multifacetadas do crime.

A idéia do encontro surgiu depois dos ataques do Primeiro Comando da Capital (PCC), em São Paulo, em maio de 2006, e teve como objetivo discutir a conjuntura atual do crime organizado e elaborar respostas que contribuam para o debate e para a formulação de políticas públicas nacionais, capazes de combater o crime, respeitando os direitos humanos. Adorno ressaltou que o conhecimento sobre o crime organizado no Brasil é ainda escasso, a despeito do avanço inegável de estudos acadêmicos que vêm sen-

do realizados há mais de duas décadas.

Na mesa-redonda *O que é crime organizado?*, o cientista político Guaracy Mingardi, assessor de gabinete do procurador-geral do Ministério Público do Estado de São Paulo, apontou as formas de utilizar a inteligência criminal (ou ainda inteligência policial) e a confusão existente entre inteligência e investigação. Para ele, a inteligência não teve sucesso nos ataques do PCC em razão da falta de estrutura nas análises das informações.

“O crime organizado busca confronto com o Estado quando ele está desprotegido”, ressaltou Mingardi, lembrando que as organizações criminosas são muito mais complexas do que aquela que o Estado imagina que combate. “Não se trata de uma guerra combatendo um inimigo identificável, mas de repressão às ativida-

des criminosas.” Segundo o cientista político, essas organizações têm lideranças fluidas, que são muito adaptáveis e estão de tal forma relacionadas com o aparelho de Estado que se torna difícil mirar um sem acertar o outro.

O pesquisador definiu as várias modalidades de crime, diferenciando as organizações criminosas das quadrilhas de ladrões, das gangues e dos criminosos que atuam sozinhos. “Nem tudo o que a imprensa chama de crime organizado é tão organizado assim. Mesmo o tráfico de drogas, muitas vezes, é extremamente desorganizado, especialmente no varejo.”

Mingardi definiu as cinco características para identificar uma organização criminosa: hierarquia, previsão de lucros, divisão de trabalho, planejamento empresarial e simbiose com o Estado. Para o cientista político, essas características, que também são encontradas nas empresas modernas e foram adaptadas pelo crime organizado, não são atividades que fazem parte, por exemplo, das quadrilhas comuns, cuja liderança é mais fluida e muitas vezes baseada na capacidade que o líder tem de se impor fisicamente.

A questão mais polêmica, segundo o cientista político, é a do vínculo do crime organizado com os órgãos do Estado. Ele disse que, em todas as organizações estudadas, aparece sempre uma ligação com a máquina do Estado. “Um ponto de tráfico que atende sua clientela anos a fio no mesmo local tem necessidade constante de algum tipo de proteção”, observou.

Experiência internacional

A ameaça à democracia pelo crime organizado, envolvendo o Estado e o regime político, foi o assunto que permeou as apresentações dos especialistas internacionais. Ao longo do debate, foram apontados diversos fatores que contribuem para isso, como a importância de

O CRIME NA FRANÇA

Em 1993, um grupo de pesquisadores franceses iniciou um levantamento de dados para entender como o crime se organizava no país. As buscas foram realizadas nos arquivos nacionais da Polícia e do Judiciário, mas as informações disponíveis não foram suficientes e, ainda assim, o crime apresentou-se muito mais organizado do que eles imaginavam.

Foi por meio do trabalho de pesquisa em campo que os estudiosos perceberam que seria possível conseguir informações um pouco mais confiáveis do que aquelas que obtinham oficialmente. “A pesquisa nessa área é muito difícil, pois o pesquisador precisa ganhar a confiança do bandido, por exemplo, não revelando nenhuma das informações recebidas e, ainda, avaliar se o dado fornecido é realmente verdadeiro”, observou o economista francês Michael Schiray, atualmente professor da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).

Schiray explicou que, na França, o crime organizado se caracteriza pela flexibilidade: os grupos são formados por pessoas conhecidas que se associam conforme a necessidade. Não existe uma estrutura piramidal permanente; a hierarquia só funciona quando eles se juntam. Mesmo em grupos, os membros são muito independentes, não se submetendo ao comando de alguém superior. Atuam em diversas atividades, como tráfico de drogas, prostituição, assalto a bancos e caça-níqueis, e mudam de uma atividade para outra em função de benefícios e oportunidades. “Alguns têm mais prestígio e autoridade que outros, mas os que estão embaixo da estrutura não são dependentes dos que têm um cargo superior”, explicou o estudioso.

De acordo com o economista, existem várias iniciativas de cooperação entre o Brasil e a França nessa área. Uma delas foi um projeto desenvolvido pela Unesco, Globalização, drogas e criminalização, com a coordenação de Christian Geffray, Guilhem Fabre e do próprio Michael Schiray, que teve duração de seis anos e contou com a participação de pesquisadores brasileiros e franceses, em sua maioria, além de chineses, indianos e mexicanos. “Foi uma concentração de força realmente importante”, avaliou o professor.

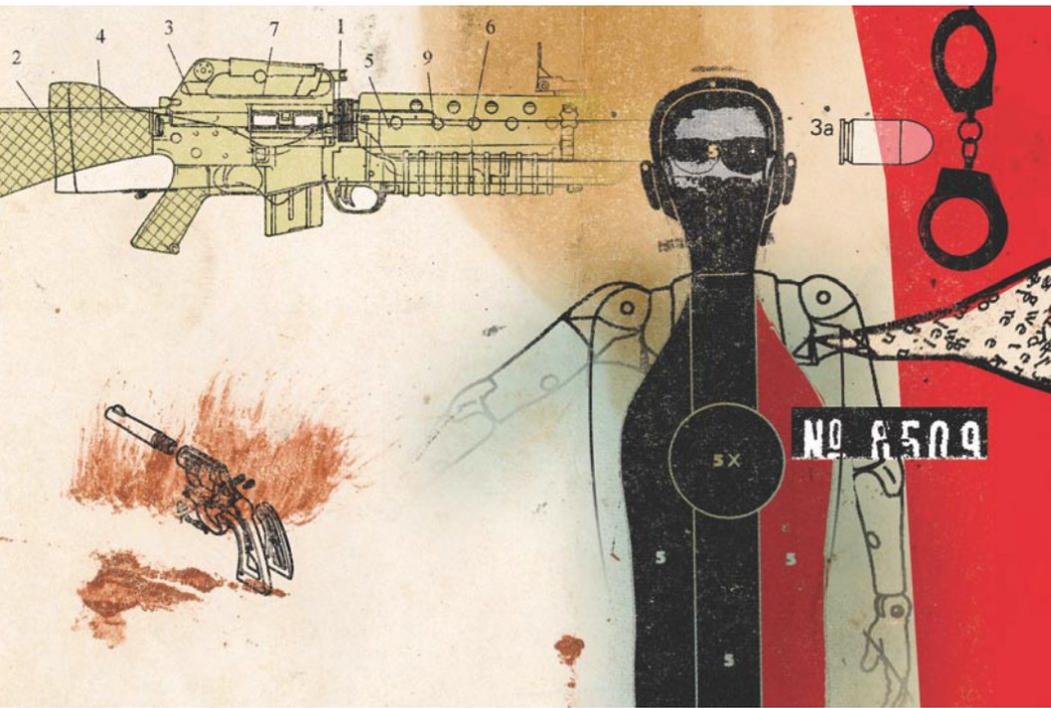
políticas públicas nessa área, a participação das autoridades e dos agentes públicos no crime e a militarização da polícia – e, no caso específico da América Latina, os vínculos que a polícia tem com as forças armadas.

Jay Albanese, do Departamento de Justiça Criminal da Universidade Commonwealth da Virgínia, nos Estados Unidos, contou que, em seu país, procuram compreender o crime organizado com uma visão de mercado. Segundo ele, é mais fácil classificar grupos do que indivíduos. “Se você avaliar o mercado de alto risco, é lá que os criminosos estarão”, sugeriu. De acordo com sua análise, as atividades são divididas em três grupos: serviços ilícitos (como

crédito, sexo e jogo), bens ilícitos (como drogas, propriedade fraudada e pirataria) e negócios ilícitos (como extorsão, lavagem de dinheiro, fraude e contrabando).

As avaliações são feitas a partir de alguns indicadores baseados nos níveis de risco, que estão relacionados às atividades e não ao comportamento individual. Atuando no Departamento de Justiça Norte-americano, Albanese disse que atualmente o crime organizado – que movimentava hoje bilhões de dólares – não é uma ameaça à democracia do país: “Houve fortalecimento da polícia e diminuição da corrupção no governo.”

Para a estudiosa de organizações de crime transnacionais e ▶



corrupção Louise Shelley, da Escola de Políticas Públicas da Universidade George Mason, os Estados Unidos são a capital do mundo em lavagem de dinheiro. “Fazemos esforços, mas não acho que temos uma estratégia nacional”, disse, acrescentando que ainda existe lavagem de dinheiro nos bancos não oficiais, principalmente na Ásia e no Oriente, e que o novo destino desse dinheiro é também o mercado imobiliário.

“Estudar o crime organizado é diferente de estudar outros crimes”, ponderou Shelley, que busca entender como a cultura e a história moldam o crime. Para ela, como o crime organizado está em harmonia com a globalização e faz uso de atividades transnacionais, é importante que as pesquisas nessa área sejam integradas com as de outros países.

De acordo com sua análise comparativa, no Brasil o crime organizado deve ser estudado na favela. Já nos Estados Unidos, Europa e Japão, o estudo deve abranger não só as cidades mas também as regiões de fronteira. Da mesma forma, Shelley lembrou que a questão da violência não é a mes-

ma em todas as sociedades: “No Brasil e na Rússia, por exemplo, o nível de violência é muito alto. Na China, o crime organizado não é tão violento, convergindo para a construção do capital econômico. Na Itália, o alvo são juízes e promotores, enquanto no México há execução de famílias inteiras.”

“Países da América Central, como El Salvador, Honduras e Guatemala, entraram no mercado ilícito e foram contaminando outras regiões próximas”, destacou Adriana Beltran, associada pela Guatemala no Escritório em Washington para Assuntos Latino-americanos (WOLA), organização que defende os direitos humanos e promove o diálogo entre atores governamentais e não-governamentais na América Latina e Caribe. Segundo ela, a violência teve um aumento expressivo na região e o tráfico de drogas passou a ser uma das principais atividades ilícitas do local. Beltran apontou a presença muito fraca do Estado como a principal causa desse quadro. “O crime organizado é constituído de redes que surgiram da polícia e das forças de segurança. Essas redes criminosas

são formadas por pessoas da inteligência militar que conseguem se infiltrar no Estado, e assim fomentar ainda mais a corrupção na área, favorecendo esse tipo de atividade.”

Sem compreender o fenômeno

O tema das organizações criminosas entrou para a academia e vem sendo abordado nos principais fóruns de discussão, como nos encontros da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Ciências (Anpocs), da Sociedade Brasileira de Sociologia (SBS), da Associação Brasileira de Antropologia (ABA) e da Associação Brasileira de Ciência Política (ABCP), entre outros. Também está sendo tratado por vários pesquisadores que estudam as relações do tráfico: desde os mais preocupados com a caracterização da violência e das políticas públicas de segurança até aqueles que abordam problemas ligados à ocupação do espaço urbano e às políticas de justiça social.

Segundo Sérgio Adorno, a academia pode contribuir realizando pesquisas de médio e longo prazos, de forma a que os resultados ajudem a desmistificar as idéias correntes e permitam caracterizar adequadamente os contextos e cenários que mais favorecem a emergência de atividades ilegais vinculadas ao crime organizado – conceito, aliás, que, a seu ver, é inadequado. O sociólogo destacou ainda que essas ações devem colaborar para formular políticas públicas de segurança e justiça voltadas prioritariamente para a proteção da vida e dos direitos de cidadania, como, por exemplo, o direito à vida e às liberdades civis e públicas.

A participação internacional no debate mostrou que, atualmente, há no exterior centros de pesquisas que são referências no tratamento das questões propostas pelo crime organizado, em

suas diversas modalidades de ação. “Aprender com essa experiência acumulada é fundamental, sem, contudo, perder de vista as singularidades sociais próprias de uma sociedade como a brasileira”, afirmou Adorno.

Com relação à compreensão do termo ‘crime organizado’, assunto tratado muitas vezes pelos especialistas reunidos no evento, foi destacado que não existe consenso. O conceito tem sido utilizado pela sociedade para se referir às atividades mais distintas, desde o varejo das drogas, que envolve os traficantes e os consumidores, até as atividades mais complexas, que movimentam grandes somas monetárias, como lavagem de dinheiro, tráfico de órgãos e de seres humanos.

Também foram citados no encontro os métodos e as fontes de dados usados para a pesquisa na área. As discussões apontaram problemas, inclusive epistemológicos, de confiabilidade das fontes de informação. Um dos exemplos citados foi o de como fazer ‘dialogar’ as informações extraídas da imprensa com aquelas contidas nos relatórios técnicos, nas comissões parlamentares de inquérito e nas entrevistas realizadas com os atores envolvidos.

Para Adorno, os resultados desse primeiro encontro devem ser ainda objeto de reflexão, a partir de uma avaliação dos objetivos, das metas propostas e do que foi alcançado com base nas exposições e nos debates. Os próximos dois seminários ocorrerão na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), em 2008, que abordará a economia subterrânea e o crime organizado, e na Universidade Estadual Paulista (Unesp), em 2009, que tratará do consumo de drogas e de produtos ilícitos, com foco na participação de adolescentes e adultos jovens.

Maristela Garmes

Especial para *Ciência Hoje*/SP

MUSEOLOGIA

REABERTO MUSEU DE ARQUEOLOGIA

Após mais de dois anos fechado para obras de restauração e revitalização, o Museu de Arqueologia e Etnologia (MAE) da Universidade Federal do Paraná (UFPR) reabriu suas portas no final de outubro. Primeiro museu universitário paranaense, o MAE é hoje uma importante referência cultural e turística para o estado, especialmente para Paranaguá, cidade histórica do litoral paranaense onde está localizado. Construído no século 18, o edifício que abriga o museu estava fechado em razão de problemas estruturais. A construção, que antes pertenceu ao Colégio Jesuíta do Paraná, foi tombada em 1937 pelo Patrimônio Histórico e Artístico Nacional e está sob a guarda da UFPR desde 1957.

Como museu universitário, o MAE produz e dissemina ciência por meio de ensino, pesquisa e extensão nas áreas de arqueologia e antropologia. Além da reforma do prédio, o projeto de revitalização envolve a restauração do acervo, que tem cerca de 60 mil peças e reúne coleções arqueológicas e de cultura popular, registros de imagem, textos e sons de diversos grupos étnicos paranaenses.

Segundo a diretora do MAE, Ana Luisa Sallas, o projeto de revitalização completa do museu deverá estar concluído em junho de 2009.

FOTOS ANA LUISA F. SALLAS

O Museu de Arqueologia e Etnologia de Paranaguá ocupa um edifício do século 18 (ao lado e abaixo) e reúne cerca de 60 mil peças que contam a história e registram a cultura paranaense



Algo além do número de espécies

Aliny Patrícia Flauzino Pires,
Adriano Caliman Ferreira da Silva e Vinícius Fortes Farjalla

Departamento de Ecologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro



Figura 1. Boardwalk, também conhecida como composição em vermelho, amarelo e azul, pintada em 1921 por Piet Mondrian

A principal característica do planeta Terra é a existência de vida e, sem dúvida, a característica mais intrigante da vida é a variedade de seres vivos. Essa diversidade biológica – ou biodiversidade – é definida como o conjunto de diferenças genéticas, taxonômicas e ecológicas entre os seres vivos. A biodiversidade intriga os cientistas há muito tempo e, mais recentemente, tornou-se também alvo da curiosidade pública. Entretanto, se nos perguntarmos a respeito do nosso atual conhecimento sobre as causas e conseqüências da biodiversidade no nosso planeta, veremos que existem duas respostas aparentemente paradoxais.

Podemos afirmar que conhecemos muito pouco da biodiversidade da Terra, já que estimativas atuais prevêm que o número de espécies conhecidas provavelmente não chega a 1% do total existente. Por outro lado, certamente conhecemos o bastante para afirmar que a sociedade humana depende diretamente de serviços ecológicos, como fertilidade do solo, purificação da água, qualidade do ar e outros, os quais são mantidos pela biodiversidade dos ecossistemas. Isso nos leva a concluir que a redução da biodiversidade tem implicações imediatas sobre a nossa sociedade.

Atualmente a Terra atravessa seu sexto e maior evento de extinção em massa, mas este, ao contrário dos anteriores, é causado unicamente pela ação destrutiva da humanidade sobre os ecossistemas. Atividades como fragmentação e destruição de habitats, introdução de espécies exóticas, contaminação ambiental por substâncias tóxicas, caça predatória, tráfico de animais silvestres e

outras vêm impiedosamente exaurindo a biosfera. Com base nisso, cientistas de todo o mundo buscam avaliar como e por que a alarmante perda de espécies presenciada atualmente põe em risco o equilíbrio dos ecossistemas e, em conseqüência, o bem-estar da sociedade.

Menos ou mais espécies?

Muitas pessoas, sobretudo as que vivem em áreas rurais, já ouviram falar em rotação de culturas (método que consiste em alternar espécies vegetais na mesma área agrícola para otimizar a capacidade produtiva do solo) sem desconfiar que esse processo se baseia em mecanismos hoje usados para explicar os efeitos da biodiversidade no funcionamento dos ecossistemas. Ou seja, para esclarecer por que um ambiente com um número maior de espécies pode ser mais produtivo que um com quantidade menor. O naturalista inglês Charles Darwin (1809-1882) já havia vislumbrado essa questão em seu livro *A origem das espécies*. Nele, Darwin revela ter observado, em seus experimentos, que gramíneas cresciam mais em canteiros que continham um número maior de espécies de plantas.

A diversidade de espécies pode ter dois efeitos principais sobre o funcionamento e o equilíbrio dos ecossistemas. O primeiro, conhecido como 'efeito de complementari-

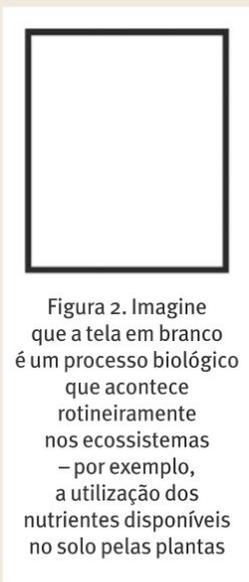


Figura 2. Imagine que a tela em branco é um processo biológico que acontece rotineiramente nos ecossistemas – por exemplo, a utilização dos nutrientes disponíveis no solo pelas plantas

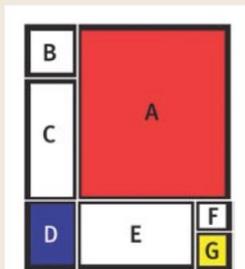


Figura 3. Imagine que cada componente na tela seja uma espécie de planta e a área de cada um representa a capacidade de absorção de nutrientes do solo pela planta – portanto, as figuras maiores seriam plantas mais eficazes na absorção de nutrientes

dade', pode ser identificado a partir de dois mecanismos. O mais importante e mais observado nos estudos é o de 'diferenciação de nicho'. De modo simplificado, nicho é o conjunto de condições do ambiente no qual uma espécie pode sobreviver e se reproduzir. Portanto, cada espécie ocuparia um espaço (um nicho) no ambiente e teria um papel na manutenção dos processos ecossistêmicos. Por isso, a presença de maior número de espécies potencializaria o uso dos recursos disponíveis em um ambiente, à medida que ocupassem os 'espaços vagos' existentes. Já o mecanismo de 'facilitação' estabelece que a presença de uma espécie pode prover recursos ou gerar condições favoráveis para outra, sem prejuízo para a primeira. Assim, a segunda poderia usar recursos que, antes da chegada da espécie facilitadora, não estavam acessíveis. A ação isolada ou conjunta desses mecanismos faz com que comunidades mais ricas em espécies sejam mais eficientes no uso da totalidade de recursos, o que pode resultar no aumento da eficiência também dos processos e serviços de um ecossistema.

O segundo efeito da diversidade sobre os ecossistemas é o 'efeito de seleção'. Esse efeito ocorre porque, se o número de espécies cresce em um ambiente, também aumenta a probabilidade de que exista uma espécie com habilidade superior às demais, e a presença de espécies mais hábeis maximiza uma determinada função do ecossistema. Embora esse efeito se baseie em um princípio matemático, tem conseqüências ecológicas relevantes.

Arte abstrata e natureza

Para ilustrar os principais mecanismos de atuação da biodiversidade sobre o funcionamento dos ecossistemas, podemos usar a arte do pintor holandês Piet Mondrian (1872-1944), que criou o neoplasticismo no século passado. A idéia central desse movimento artístico era a de promover uma limpeza espacial na pintura, a partir de elementos mínimos e cores básicas. Mondrian pretendia reduzir a variedade e multiplicidade da natureza a uma configuração plástica abstrata, e podemos aproveitar uma de suas telas – *Boardwalk*, uma composição em vermelho, amarelo e azul, de 1921 (figura 1) – para explicar os efeitos da biodiversidade nos ecossistemas.

Imagine que uma tela em branco (figura 2) representa um processo biológico que ocorre rotineiramente nos ecossistemas – por exemplo, a utilização dos nutrientes disponíveis no ambiente pelas plantas. Agora imagine que, na pintura de Mondrian, cada componente geométrico (figura 3) é uma espécie de planta e que o tamanho do espaço que ocupa indica sua capacidade de absorção de nutrientes (ou seja, figuras maiores seriam plantas mais eficazes nesse processo). A partir dessa situação inicial, é possível

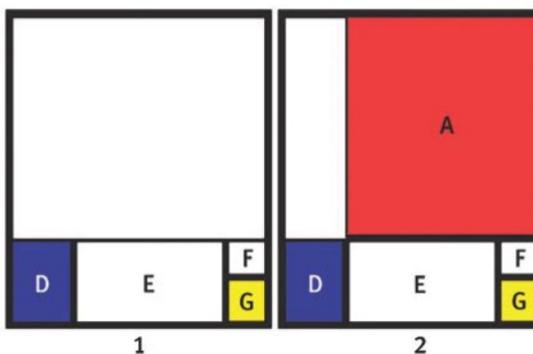


Figura 4. No mecanismo de diferenciação de nicho, a adição da espécie A, ausente em um primeiro momento, implica uma ocupação mais ampla do ambiente, ou seja, uma maior absorção dos nutrientes disponíveis no solo

compreender os principais mecanismos de atuação da biodiversidade.

O efeito de complementaridade, como já foi dito, inclui dois mecanismos principais.

No mecanismo de diferenciação de nicho, o aumento do número de espécies no ecossistema levaria a um melhor uso dos recursos disponíveis, já que elas têm habilidades distintas na absorção de nutrientes. No exemplo ilustrado pela tela de Mondrian (figura 4), a adição da espécie A, ausente em um primeiro momento, implica uma ocupação maior do ambiente, ou seja, uma maior absorção dos nutrientes. No caso do mecanismo de facilitação, o uso dos recursos por uma comunidade com duas espécies, A e G (figura 5), tem um limite, mas a presença de mais uma espécie, E, gera – juntamente com a espécie A – condições favoráveis à ampliação da absorção de recursos pela espécie G (o aumento da área amarela). Com isso, aumenta o uso dos nutrientes pelo conjunto da comunidade.

No caso do efeito de seleção, podemos, em nosso exemplo, imaginar um ambiente inicial com duas espécies (F e G) de baixa capacidade de absorção de nutrientes, o que implica utilização reduzida dos

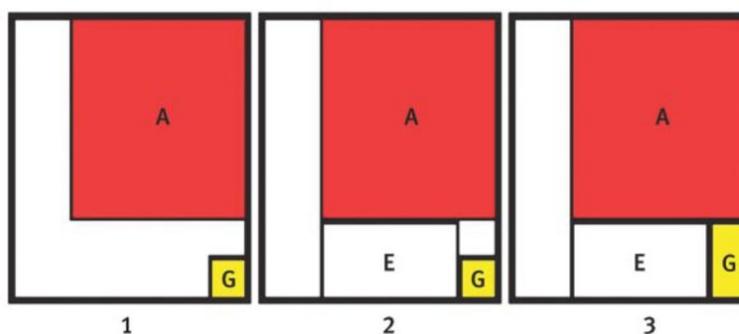


Figura 5. No mecanismo de facilitação, o uso dos nutrientes é limitado se a comunidade só tem duas espécies, A e G, mas a adição da espécie E gera, juntamente com A, condições favoráveis à maior absorção de nutrientes por G (como mostra a área amarela ampliada) e, em conseqüência, pelo conjunto da comunidade

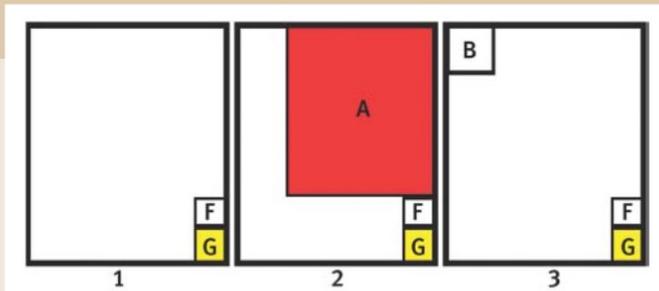


Figura 6. No efeito de seleção, a utilização dos recursos do solo é reduzida em um ambiente inicial com duas espécies (F e G) com baixa capacidade de absorção de nutrientes, mas à medida que cresce o número de espécies aumenta a probabilidade da presença de alguma que tenha alta capacidade de absorção de nutrientes (A, em vermelho). Podem surgir espécies (como B) com capacidade semelhante à das que já existiam ali, mas à medida que cresce o número destas aumenta a chance de que apareça uma mais eficiente em relação às demais, melhorando o funcionamento do ecossistema como um todo

recursos do solo (figura 6). Entretanto, assim como em um jogo de tentativa e erro, à medida que o número de espécies cresce, aumenta a probabilidade da presença de alguma espécie com alta capacidade de uso dos recursos (como A, em vermelho). Pode ocorrer de uma terceira espécie ter habilidade semelhante à das demais (B), mas a probabilidade da presença de uma espécie que seja mais eficiente em relação às demais aumenta à medida que cresce o número de espécies no ambiente, e isso determina que ecossistemas com maior número de espécies sejam mais eficientes em suas funções ecológicas.

Apesar do caráter matemático e de certa forma complexo do neoplasticismo, a natureza é muito mais diversa em suas formas e nos padrões de ocupação pelas espécies. Em nosso exemplo, não consideramos a sobreposição de nicho entre as espécies – a possibilidade de figuras geométricas distintas dividirem uma fração do mesmo espaço na tela, embora na natureza isso seja bastante comum. A existência dessa redundância funcional entre as espécies, em ecossistemas mais ricos, reduz a probabilidade de que a perda de uma delas afete de modo drástico o uso dos recursos pela comunidade, o que manteria os processos e serviços dos ecossistemas relativamente inalterados.

Na biosfera, cada componente desempenha papel fundamental. Os roedores, por exemplo, contribuem, por meio da dispersão de sementes, para a manutenção de florestas inteiras. Já os microrganismos processam a matéria orgânica morta, em

diversos ambientes, disponibilizando os nutrientes ali contidos para as comunidades. Nas restingas, o vegetal *Clusia hilariana* é fundamental para o estabelecimento de outras espécies nesses ambientes (figura 7).

Para os neoplasticistas, a arte abstrata não se opõe à natureza. Piet Mondrian dizia que “a beleza universal não surge do caráter particular da forma, mas sim do ritmo dinâmico das relações mútuas das formas”. Exatamente como ocorre na interação entre as espécies e destas com o ambiente.

Manter serviços ecológicos

Os estudos sobre efeitos e mecanismos da diversidade biológica consideraram essa

diversidade como sendo o número de espécies presentes no ambiente (ou seja, sua riqueza). Entretanto, os próprios mecanismos revelam que diferenças funcionais entre as espécies seriam mais relevantes que o número de espécies por si. O termo ‘grupo funcional’ diferencia as espécies quanto a seu efeito sobre determinada função do ecossistema. Assim, espécies que têm nichos similares se enquadram no mesmo grupo funcional. Se, em um dado ambiente, 10 espécies desempenham funções similares, a perda de algumas supostamente não seria tão prejudicial ao funcionamento do ecossistema. Já em um ambiente também com 10 espécies, mas de diferentes grupos funcionais, a perda de qualquer delas – como acontece em uma máquina quando perde engrenagens – afetaria a eficiência do ecossistema.

Esses resultados decorrem, em geral, de estudos com comunidades vegetais terrestres. Entre os principais grupos de pesquisa desse tema, destaca-se o do ecólogo norte-americano David Tilman, que há mais de 20 anos avalia o efeito da diversidade de plantas em vários processos ambientais. Seus resultados têm se repetido em estudos de outros pesquisadores ao redor do mundo, em uma ampla variedade de ecossistemas e comunidades, demonstrando que o papel essencial da biodiversidade no funcionamento dos ecossistemas é provavelmente uma propriedade que evoluiu em conjunto com a formação dos diferentes tipos de ecossistemas na biosfera.

A preservação das espécies, além do aspecto ético, é fundamental para manter a capacidade de os ecossistemas proverem serviços ecológicos imprescindíveis à humanidade. O Brasil, como um país com elevada diversidade, tem muito a contribuir no conhecimento dessa questão, fortalecendo e subsidiando a argumentação a favor de políticas de conservação que garantam a soberania e os serviços ecológicos de nossos ecossistemas. ■



Figura 7. No Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba (RJ), a espécie *Clusia hilariana* gera uma vegetação disposta em moitas, criando condições que permitem o estabelecimento de outras espécies vegetais ao seu redor

Antonio M. Solé-Cava

Departamento de Genética,
Universidade Federal do Rio de Janeiro



Código de barras de DNA: o rabo que abana o cachorro

No artigo ‘Código de barras de DNA: aderir ou não?’, publicado em *Ciência Hoje* nº 237, o biólogo Paulo B. Chaves defende a adesão de pesquisadores brasileiros ao programa que permitiria, por meio da tecnologia dos chamados códigos de barras de DNA, a identificação rápida, automática e precisa de todos os organismos da Terra. No mesmo texto, defende ainda o financiamento de pesquisas nessa linha no Brasil. Embora atraente, a idéia apresenta deficiências científicas que levaram muitos pesquisadores a criticá-la. Apresento brevemente aqui as limitações científicas e filosóficas desse programa, para que os leitores de *Ciência Hoje* possam avaliar melhor o tema, a partir da leitura crítica dos dois artigos.

Em 250 anos de pesquisas, os taxonomistas só conseguiram descrever cerca de 15% da diversidade animal e vegetal do planeta. A partir da Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (Rio-92), essa constatação ficou conhecida como ‘impedimento taxonômico’. Com a enorme taxa atual de extinção de espécies, é provável que muitas desapareçam sem terem sido conhecidas. Recentemente foi proposto que o seqüenciamento de um fragmento de um gene mitocondrial poderia resolver o problema do impedimento taxonômico. As seqüências desse gene funcionariam de modo similar aos códigos de barras de supermercado, possibilitando – por meio do ambicioso programa que ficou conhecido como Consórcio Barcodes of Life (CBoL) – que as espécies terrestres fossem rapidamente identificadas.

O emprego da genética na identificação de espécies e na formulação de hipóteses filogenéticas é um ramo da ciência conhecido como sistemática molecular, que há décadas ajuda a resolver problemas taxonômicos. Assim, a sistemática molecular é parte da taxonomia. A proposta original

dos códigos de barras de DNA, tal qual formulada pelo entomólogo canadense Paul Hebert em 2003, é bem diferente. Na proposta do CBoL, as seqüências de DNA, em vez de servir de complemento para o trabalho do taxonomista (como no caso da sistemática molecular), passariam a ser a fonte principal (ou única) de informação para identificação e definição de espécies. O título escolhido para este artigo reflete o que considero uma inversão de valores na proposta dos códigos de barras em relação à taxonomia.

Antes dos trabalhos de evolucionistas como Charles Darwin (1809-1882), pensava-se que as espécies fossem idéias e que sua variabilidade resultava de distorções dessa idéia. Com a proposta da teoria da evolução, os biólogos passaram a ver a variabilidade não como desvios da idéia, mas como a realidade. O antigo conceito de espécie foi então substituído por algo mais complexo, que levava em conta um contínuo evolutivo em que populações se diferenciavam ao longo do tempo até se tornar espécies novas. Por conta dessa complexidade, surgiram vários conceitos de espécie e nasceu ▶

a ciência que estuda a especiação. Hoje há mais de 20 conceitos de espécie, e todos reconhecem a dificuldade na discriminação entre o que seja variação intra- ou interespecífica.

Os proponentes do programa dos códigos de barras de DNA evitaram tal discussão e adotaram a atitude pragmática e irreal de atribuir um valor arbitrário de percentagem de diferenciação na seqüência de um fragmento de um gene como ponto de corte entre o que são espécies ou populações. Com base em comparações de seqüências do gene que codifica uma das subunidades da enzima citocromo oxidase de várias espécies, o CBoL estabeleceu que esse valor seria de 2,7% a 3%. Na prática, isso significa que, se a seqüência de DNA de um espécime diferir menos que 2,7% da seqüência de uma das espécies já conhecidas, ele será identificado como pertencente àquela espécie. Se for diferente de todas as espécies do banco de dados em um percentual superior a 2,7%, será considerado espécie nova para o banco de dados. Caso todas as espécies conhecidas daquele grupo estejam representadas no banco de dados, será então considerado uma espécie nova para a ciência. Esse é um procedimento simples e necessário para a automatização na identificação de espécies prevista no

programa do CBoL. Mas testes objetivos demonstraram que é impossível estabelecer um valor que não cause divisões ou agrupamentos excessivos das espécies, o que resulta em um percentual de erros da ordem de 30% na atribuição de espécies.

Se os taxonomistas tradicionais estivessem prontos a fazer o mesmo sacrifício conceitual dos proponentes do código de barras de DNA, há muito teriam resolvido o problema do impedimento taxonômico. Bastava aceitar algum valor padrão de divergência morfológica e passar a chamar de 'espécies' os grupos de indivíduos cuja divergência em relação a outros grupos ficasse acima desse valor. No entanto ninguém ousou formular uma proposta tão drástica, por ter consciência de quão equivocada ela seria cientificamente. Algumas abordagens foram sugeridas para evitar a delimitação de um valor arbitrário de corte nos códigos de barras, mas também elas são limitadas pelo uso de apenas um marcador e pela dificuldade de lidar com a variabilidade intra-específica.

Projetos grandiosos geralmente demandam muito dinheiro. Para obtê-lo, às vezes os proponentes abandonam o rigor científico e exageram nas promessas. O projeto do CBoL não é diferente. O

que lhe deu projeção na mídia e garantiu financiamento foram promessas mirabolantes feitas em linguagem inteligível. Segundo seus autores, o seqüenciamento de DNA conseguiria, em 20 anos, realizar o que os taxonomistas haviam sido incapazes de fazer em 250 anos: identificar toda a biodiversidade da Terra. O custo previsto para a tarefa (US\$ 1 bilhão) seria irrisório se comparado, por exemplo, com o dinheiro necessário para pagar o enorme contingente de taxonomistas que precisariam ser contratados para fazer identificações de modo convencional.

À primeira vista, a idéia parece plausível. Afinal, estamos acostumados a ver a tecnologia acelerar muitas tarefas humanas. O problema é que o impedimento taxonômico não resulta da falta de tecnologias, mas da complexidade da natureza, da falta de recursos para remunerar taxonomistas e da grande variabilidade dentro das espécies. Nesse caso, os atalhos tecnológicos e conceituais, além de não resolverem o problema do desconhecimento sobre as espécies, desviam recursos valiosos de áreas onde seriam mais bem aplicados.

Um argumento usado a favor dos códigos de barras tem sido a economia de recursos, já que identificar 10 milhões de espécies com US\$ 1 bilhão não seria tão caro (cerca de US\$ 100 por espécie). Mas o custo anunciado é claramente uma subestimativa. Se observarmos os financiamentos sobre projetos de códigos de barras em diversos países, veremos que já foram alocados cerca de US\$ 100 milhões para programas que se comprometem a apresentar códigos de barras de menos de 90 mil espécies. Ou seja, com cerca de 10% do orçamento inicialmente previsto, pretende-se seqüenciar menos de 1% das espécies. Isso é particularmente alarmante se considerarmos que

Os proponentes do programa dos códigos de barras de DNA [...] adotaram a atitude pragmática e irreal de atribuir um valor arbitrário de percentagem de diferenciação na seqüência de um fragmento de um gene como ponto de corte entre o que são espécies ou populações

as espécies em análise no momento são, em sua maioria, justamente as já conhecidas.

De fato, a descrição convencional da biodiversidade do planeta é lenta, devido à complexidade do tema e à falta de estímulo ao trabalho de sistematas. Mas a solução proposta por Hebert joga fora o bebê junto com a água da banheira, ao sugerir que os códigos de barras serão “uma solução parcial ao número decrescente de taxonomistas morfológicos, permitindo a cristalização de seu conhecimento antes que eles saiam de cena”. Pensar que é possível cristalizar o conhecimento é ignorar a dinâmica de construção do saber científico. Além disso, parece incongruente crer que cristalizar o pouco que se sabe seja o caminho para superar o impedimento taxonômico. Um programa que apresenta solução rápida e grosseira para esse impedimento poderia reduzir ainda mais o estímulo ao trabalho taxonômico de qualidade. Ao competir com projetos de taxonomia convencional, um programa tecnicamente simples, com facilidade para obter financiamento e publicar seus resultados, seduziria muitos jovens cientistas. Conseqüentemente, estes não seriam treinados pelos bons taxonomistas atuais, que, ao “sair de cena”, não teriam tido chance de formar novos taxonomistas. O Brasil é um dos países com a melhor base de taxonomistas do mundo. Portanto, faz mais sentido apoiá-los do que se aventurar em programas de alta visibilidade e baixa consistência acadêmica.

O impedimento taxonômico é um fato. A perda da diversidade no planeta também. Portanto, é urgente conhecer nossa biodiversidade mais rapidamente. O desenvolvimento da sistemática molecular decerto auxiliará nessa tarefa. Mas deve ser usado só em casos específicos, de difícil solu-

O Brasil é um dos países com a melhor base de taxonomistas do mundo. Portanto, faz mais sentido apoiá-los do que se aventurar em programas de alta visibilidade e baixa consistência acadêmica

ção por outras vias. Na descoberta e descrição da biodiversidade, existem aplicações mais baratas e eficientes para ajudar a superar o impedimento taxonômico. Com US\$ 1 bilhão seria possível formar, com qualidade, uma nova geração de taxonomistas, aproveitando-se a base de conhecimento atual de bons zoólogos e botânicos de vários pontos do planeta. Os novos taxonomistas não seriam apenas ‘identificadores’ de novas espécies; seriam fundamentais para a compreensão da ecologia, biologia e fisiologia dos organismos.

Com parte desse recurso seria possível digitalizar toda a literatura taxonômica antiga de difícil acesso e disponibilizá-la na internet. A medida ajudaria sobretudo cientistas de países pobres, que têm dificuldade de consultar as grandes obras taxonômicas do século 19, e reduziria o tempo necessário para a busca de uma espécie ou publicação. Ao mesmo tempo não seria necessário adquirir um número elevado de seqüenciadores de DNA, equipamentos caros produzidos por grandes corporações de nações industrializadas. Em um país com megadiversidade como o Brasil, o que faz mais sentido: comprar novos seqüenciadores ou investir na formação de bons taxonomistas? Trabalho há mais de 20 anos com sistemática molecular e sei de sua utilidade para abordar problemas taxonômicos. No entanto, sem uma base em ta-

xonomia que permita a formulação de perguntas certas e interpretação de resultados, os trabalhos em sistemática molecular seriam vazios. Teríamos um grande número de seqüências e continuaríamos ignorantes a respeito de nossa biodiversidade.

Sem dúvida interessa saber quantas espécies diferentes de insetos há em um alqueire de floresta na Amazônia, por exemplo. Mas a informação obtida a partir de 640 nucleotídeos (menos de 0,0000001% de seu genoma) não permite saber o que elas fazem, suas relações com outras espécies ou seu papel no ecossistema. A informação sobre a existência dessas espécies é útil, mas o dinheiro necessário para obtê-la seria mais bem aplicado em estudos sistemáticos ou ecológicos convencionais. Estes, quando necessário, seriam complementados pela sistemática molecular.

A única coisa realmente original no programa dos códigos de barras é a proposta de identificar toda a vida do planeta rápida e automaticamente. Mas a novidade, por mais atraente que seja para nosso espírito de ficção científica, não se sustenta nem filosófica nem cientificamente no momento. Para sintetizar o que o programa representa para a taxonomia, nada melhor que uma frase do escritor inglês Samuel Johnson (1709-1784): “Prezado autor: seu texto tem coisas boas e originais. No entanto, o que é original não é bom, e o que é bom não é original.” ■



ECOLOGIA Estudo detalha predomínio de árvores exóticas na cidade do Rio de Janeiro

Paisagem urbana alienígena

Os problemas associados à introdução de espécies em ambientes onde antes não existiam constituem hoje uma questão importante na área da conservação da biodiversidade. Em vários países, os efeitos negativos de espécies invasoras e a preocupação com a preservação da fauna e da flora nativas têm levado a extensos programas de controle e erradicação de animais e plantas trazidos de outras áreas. O legado histórico do uso de plantas exóticas no paisagismo urbano do Rio de Janeiro é um exemplo do que ocorre em muitos outros locais. Por **Adilson Roque dos Santos**, **Helena de Godoy Bergallo** e **Carlos Frederico Duarte da Rocha**, do *Departamento de Biologia Animal e Vegetal da Universidade do Estado do Rio de Janeiro*.

A amendoeira (*Terminalia catappa*), árvore proveniente da Ásia, é a espécie exótica mais abundante nas ruas e praças da cidade do Rio de Janeiro

Um dos temas de grande relevância na área da conservação, em áreas urbanas e áreas naturais, é o conhecimento sobre as espécies exóticas e seus efeitos nos ambientes em que são introduzidas. Muitas espécies exibem rápida proliferação em um novo local, competindo com as nativas e tornando-se uma séria ameaça ao equilíbrio ambiental. Algumas espécies exóticas têm grande capacidade de invasão e de colonização de novos ambientes devido a características biológicas e ecológicas que ampliam sua tolerância em relação à maioria dos fatores ambientais. Podem, portanto, adaptar-se mais facilmente e obter sucesso reprodutivo.

Assim, podemos dizer que as espécies invasoras são relativamente generalistas em vários aspectos de suas necessidades ecológicas. Essa é uma das razões de seu

sucesso na colonização e proliferação em novos ambientes, nos quais entram naturalmente ou para onde são transportadas, por acidente ou de modo proposital. As espécies invasoras tendem a desequilibrar o sistema, afetando a flora e a fauna locais – em geral ocorre redução das populações das espécies nativas, com risco, muitas vezes, de extinção.

A invasão e ocupação de diferentes áreas por espécies exóticas acentuou-se nos últimos 500 anos e hoje é um grave problema global de conservação. A expansão e os deslocamentos da população humana levaram a uma maciça introdução de espécies em áreas onde não existiam, em um processo de globalização da flora e da fauna, sem que fossem avaliadas as consequências. Nas últimas décadas, governos de várias nações desenvolvidas têm investido em pesquisas e proposto formas

de controlar, manejar ou até erradicar espécies exóticas, para preservar a biodiversidade local. Essa preocupação gerou um documento internacional, *Estratégia global sobre espécies exóticas invasoras*, elaborado pelo Programa Global de Espécies Invasoras, uma iniciativa da comunidade científica internacional, e publicado em 2001. O documento recomenda várias medidas de controle de espécies exóticas.

Nas ruas do Rio de Janeiro

Esse sério problema também está presente no Brasil (ver 'O mundo invadido: consequências atuais das invasões biológicas', em *CH* nº 238). A cidade do Rio de Janeiro, onde árvores e arbustos exóticos têm sido usados desde o século 19 no paisagismo urbano, é um exemplo. A tradição paisagística brasileira nasceu no início daquele século com duas principais influências, a francesa e a inglesa, que forneceram as metodologias, os materiais e as espécies utilizados na composição de nossos jardins. O principal nome associado a essa época é o do paisagista francês Auguste Glaziou (1833-1906), responsável por muitos projetos de jardins públicos no Brasil, onde chegou em 1858, contratado pelo imperador Pedro II. São de sua autoria, por exemplo, os projetos originais do Campo de Santana e dos jardins da Quinta da Boa Vista, ambos na cidade do Rio de Janeiro.

Nas décadas seguintes, a introdução de vegetação exótica continuou. Apenas em meados do século 20 esse quadro foi alterado, principalmente graças ao arquiteto e paisagista Roberto Burle Marx (1909-1994), que inaugurou uma cultura paisagística que pode ser considerada brasileira. O uso de espécies exóticas, porém, ainda era grande, e estas tornaram-se comuns na paisagem urbana do Rio de Janeiro. Embora isso possa ser constatado visualmente, não existiam dados concretos sobre a presença de árvores e arbustos exóticos na cidade.

Assim, iniciamos em 2001 um estudo sobre ocorrência, frequência e distribuição relativa de espécies exóticas e nativas na urbanização do município do Rio de Janeiro. O objetivo era conhecer a situação atual e avaliar perspectivas futuras de conservação dos recursos naturais brasileiros por meio da valorização de espécies nativas no paisagismo. O estudo foi desenvolvido na zona urbana e tomou como referência territorial o mapa oficial do município (que inclui os limites do município, as regiões administrativas e os bairros), usado pela prefeitura.

Foram realizadas amostragens nas 34 regiões administrativas, incluindo um percentual representativo dos logradouros existentes em cada uma. No total, foram amostrados 1.701 logradouros (em 159 bairros), nos quais o levantamento das espécies usadas no paisagismo incluiu três seções de rua (em ambos os lados) com 100 m de extensão. Foram registradas as espécies arbustivas e arbóreas, o número de indivíduos de cada

NATIVA OU EXÓTICA?

Os conceitos de espécie nativa ou exótica são usados em geral como sinônimos de 'nacional' e 'estrangeira', o que não faz muito sentido, já que as espécies não se distribuem de acordo com as divisões político-geográficas humanas. Em alguns casos, esse conceito é estendido para unidades geográficas ainda maiores, considerando-se exóticas as espécies vindas de outros continentes. A maioria das espécies é de ocorrência restrita a determinados biomas, e há variados biomas em cada continente – às vezes em apenas um país (no Brasil, são exemplos de biomas, entre outros, a caatinga, o cerrado, a mata atlântica). Em termos ecológicos, portanto, o significado conceitual mais apropriado é o que considera nativa uma espécie de ocorrência natural em determinado bioma ou em determinada região de um bioma e exótica a que vem de outro bioma. Assim, uma espécie que só ocorre na floresta amazônica, ou na caatinga, ou mesmo na mata atlântica do Nordeste, é exótica se for encontrada no Rio de Janeiro.

espécie e sua categoria (nativa ou exótica). O caráter nativo ou exótico das espécies foi determinado com base nas informações de livros sobre árvores brasileiras de três autores, Harri Lorenzi, Paulo Ernani R. Carvalho e Jorge P. Carauta, e foram consideradas nativas apenas as que ocorrem originalmente na mata atlântica do estado do Rio de Janeiro (ver 'Nativa ou exótica?').

O levantamento identificou 20 espécies de plantas nativas e 40 de exóticas. Das exóticas, seis ocorrem no Brasil, mas não no estado. Foram registrados 3.323 indivíduos, sendo 2.816 (84,7%) de plantas exóticas e apenas 507 (15,3%) de nativas. As árvores predominantes na paisagem urbana municipal são exóticas: a amendoeira (*Terminalia catappa*), com 30% do total de indivíduos, seguida pelo oiti (*Licania tomentosa*), com 13,2% desse total. Entre as nativas, as mais comuns são o ipê-rosa (*Tabebuia impetiginosa*), com 6,5% dos indivíduos, e a sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides*), com 1,5%. Mais da metade das árvores nativas na paisagem urbana do Rio de Janeiro pertencem a essas duas espécies (42,4% para o ipê-rosa e 10,1% para a sibipiruna).

Entre as 20 espécies nativas estão ainda, por exemplo, os ipês amarelo, roxo e branco (do gênero *Tabebuia*), a aroeira (*Schinus terebinthifolius*), o pau-ferro e o pau-brasil (ambos do gênero *Caesalpinia*). Entre as 40 exóticas, outras espécies registradas foram a cássia (*Senna siamea*), o flamboyant (*Delonix regia*), vários tipos de figueiras (do gênero *Ficus*), além de árvores frutíferas, como mangueira (*Mangifera indica*), jaqueira (*Artocarpus heterophyllus*) e tamarindo (*Tamarindus indica*).

O número de diferentes espécies arbóreas por região administrativa variou de zero a 22 (média de 11,2), e em nenhuma delas houve predomínio das nativas. Já o

Proporção de espécies da flora nativa e exótica utilizadas no paisagismo urbano no município do Rio de Janeiro



número total de indivíduos de espécies nativas por região administrativa (0 a 74, com média de 15,4) também foi muito inferior ao de exóticas (0 a 505, com média de 84,8).

Assim, tanto no conjunto da paisagem urbana quanto em cada região administrativa, as espécies exóticas predominam. Outro dado interessante é que não há um padrão geral de arborização: não foi encontrada uma tendência a repetir a predominância de uma ou de poucas espécies em diferentes regiões administrativas. Provavelmente isso decorreu de fatores como a) variação de prioridades ao longo de sucessivas administrações municipais, tanto no que se refere às espécies escolhidas quanto às regiões em que foram aplicados mais recursos; b) variação na característica de cada bairro; e c) ausência de metodologia que inclua a identificação científica de espécies nativas apropriadas para o paisagismo. A Diretoria de Planejamento e Projetos da Fundação Parques e Jardins do município do Rio de Janeiro, porém, vem manifestando há alguns anos preocupação com o tema, inclusive plantando espécies da flora nativa. Esse passo importante contribui para reverter o domínio de espécies exóticas no município.

Um retorno gradual

Quais as implicações ecológicas desse percentual baixo de espécies vegetais nativas no paisagismo da cidade? Em primeiro lugar, muitas espécies brasileiras, seja da fauna (as de polinizadores, dispersores de sementes e herbívoros, por exemplo) ou da flora (as epífitas, por exemplo), que vivem nos ambientes ainda florestados em torno da zona urbana, não conseguem se associar às espécies exóticas com o mesmo grau de sucesso que mostram em relação às nativas. Isso reduz bastante a possibilidade de manutenção de uma maior biodiversidade na paisagem urbana. A cidade poderia, com mais

árvores nativas nas ruas, abrigar uma quantidade de organismos da mata atlântica muito maior que a atual.

Espécies nativas, como o ipê-amarelo (*Tabebuia chrysotricha*, em primeiro plano), e exóticas, como a mão-de-vaca (*Bauhinia blackana*), convivem na paisagem urbana do Rio de Janeiro, onde as plantas vindas de outros biomas dominam amplamente

Um exemplo recente é o que vem ocorrendo no Parque Nacional da Tijuca, uma das principais áreas de mata atlântica restantes no município. Ali, a exótica jaqueira (*Artocarpus heterophyllus*), originária da Índia, se propaga tão agressivamente que impede o crescimento de muitas plantas nativas. Se nada fosse feito, em poucas décadas a floresta do parque se tornaria uma grande plantação de jaqueiras, perdendo-se espécies nativas da flora e, em consequência, da fauna – e a função de um Parque Nacional é justamente preservá-las. Percebendo o problema, a direção do parque iniciou um plano de manejo visando em parte controlar a propagação das jaqueiras e em parte substituí-las por espécies nativas, entre elas o palmitreiro (*Euterpe edulis*).

Em casos como esse, em que a exótica é tão agressivamente invasiva que se expande sobre a área ocupada pelas nativas e prejudica ou impede o crescimento destas, tendendo a transformar a floresta em uma mata de apenas uma espécie, é fundamental realizar um controle emergencial e de substituição. Afinal, não se pode permitir a perda da maior floresta urbana do mundo, um considerável manancial de biodiversidade. Além disso, a ação também protege elementos da fauna.

A questão da invasão biológica tem provocado, em diferentes países, debates e questionamentos entre as autoridades e a população leiga, principalmente porque esta não está suficientemente esclarecida a respeito do significado ecológico das espécies exóticas, nem sobre como deve ser um plano de manejo para controle e substituição de plantas exóticas por nativas. No Rio de Janeiro, por exemplo, vêm ocorrendo manifestações de preocupação, tanto da imprensa quanto da população, quanto à erradicação de árvores exóticas. A preocupação é compreensível, mas a questão não provocaria tanta polêmica se fossem divulgadas informações científicas sobre os efeitos negativos das espécies exóticas e sobre os programas de substituição.

É importante ressaltar, por exemplo, que esses programas prevêm o controle e a substituição das árvores exóticas, e não a simples derrubada, como em geral é interpretado. A erradicação dessas árvores deve seguir um plano gradual e de longo prazo, em que elas sejam substituídas por espécies nativas à medida que envelhecem e morrem. Trazer de volta às ruas da cidade árvores que cresceram naturalmente na área, antes da urbanização, significa acima de tudo proporcionar o retorno de parte da teia ecológica entre plantas e animais nativos quebrada pela introdução de espécies exóticas. Com esse resgate, ganham as nossas matas e mesmo os nossos ambientes urbanos, que voltariam a ter condições de manter uma parte de nossa rica biodiversidade. O resultado, no longo prazo, será uma melhor qualidade ambiental na paisagem urbana, o que terá efeitos positivos para a fauna e a flora nativa e também para a população humana. ■



BOTÂNICA Secas e cheias no local levaram plantas aquáticas a criar estratégias de sobrevivência

Nem tudo são flores no Pantanal

Maior zona úmida continental do planeta, o Pantanal Mato-grossense está sujeito a um regime de cheias e estiagens ao longo do ano. A planície pantaneira, embora um dos principais centros de diversidade de plantas aquáticas do Brasil, não é um mar de rosas para essas plantas, que tiveram de desenvolver mecanismos para enfrentar os estressantes períodos de seca e inundação, como mudanças de forma, sincronização de seu ciclo de vida com o ciclo das águas e desenvolvimento de diferentes meios de propagação.

Por **Ana Carolina Neves**, do Programa de Ecologia e Conservação da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, e **Flavio Antonio Maës dos Santos**, do Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas.

Com uma área de aproximadamente 150 mil km², o Pantanal Mato-grossense é uma planície de inundação periódica, e seus ciclos anuais e plurianuais de secas e cheias são o mais importante fenômeno hídrico da região. Tais fenômenos se devem ao padrão das chuvas, que se concentram no verão, e à dificuldade de escoamento da água dos rios em razão do discreto gradiente topográfico da planície pantaneira, que apresenta declive de 3 cm a 5 cm por km, no sentido leste-oeste, e de 1 cm a 30 cm por km, no sentido norte-sul. Em fevereiro e março o Pantanal é inundado por águas provenientes dos rios do sul, como o Miranda, Aquidauana, Negro e Taquari. Em abril e maio, a cheia é causada por águas do alto rio Paraguai e seus afluentes. Esse ciclo torna o Pantanal um sistema absolutamente singular, a cujas alterações os seres vivos tiveram de se adaptar.

Para as plantas aquáticas, o Pantanal oferece grande diversidade de habitats, como rios, brejos, campos inundáveis, canais, lagoas de meandro, lagoas permanentes e temporárias, vazantes e corpos d'água artificiais. Tudo isso, somado às variações anuais de níveis d'água, temperatura e umidade do ar, faz do Pantanal um dos principais centros de diversidade de macrófitas aquáticas no Brasil, onde crescem plantas com diferentes formas de vida: submersas ou flutuantes, livres ou enraizadas no fundo dos corpos d'água, emergentes (enraizadas, parcialmente submersas e parcialmente fora d'água), anfíbias (que



A planta aquática chapéu-de-couro-folha-fina (*Echinodorus paniculatus*) pode atingir 1,8 m de altura e tem forma de roseta. Seu pecíolo ('cabinho' das folhas) é mais comprido que a própria folha

vivem em áreas alagadas e secas) e epífitas (que crescem sobre outras plantas aquáticas).

Apesar disso, o Pantanal não é um ambiente tranquilo para essas plantas, que sofrem restrições drásticas impostas pelo ciclo de cheias e secas. As espécies submersas e flutuantes fixas, por exemplo, morrem na seca ou enfrentam esse período adormecidas, na forma de órgãos subterrâneos. Outras, antes de morrer, investem na formação de sementes, que ▶

irão germinar com as chuvas do ano seguinte. As espécies flutuantes livres, que se movem na superfície da água, competem com plantas que se aglomeram em áreas remanescentes dos espelhos d'água, na seca, e morrem depois de produzir sementes ou esporos resistentes à desidratação. O que acontece com as plantas emergentes, que, enraizadas, não podem se mover em busca de condições de sobrevivência adequadas? Toleram o estresse imposto pelo regime de cheias e secas? Seu ciclo de vida se ajusta ao pulso das inundações? Foi o que tentamos entender durante a realização de nossa dissertação, observando as respostas de uma espécie emergente ao ciclo das águas no Pantanal.

Chapéu-de-couro

A planta estudada, conhecida como chapéu-de-couro-folha-fina (*Echinodorus paniculatus*), é uma espécie muito usada em piscicultura ornamental. Embora seja uma planta aquática comum nas sub-regiões pantaneiras de Miranda e Abobral, onde trabalhamos, pode estar extinta em São Paulo, já que as últimas coletas feitas no estado datam do início do século 20.

Várias características da espécie ajudam a compreender as reações da vegetação aquática do Pantanal ao regime de cheias e secas. *E. paniculatus* ocorre em áreas sujeitas a estiagens e inundações, pode mudar de forma nas duas condições e emprega diferentes meios de propagação para enfrentar variações ambientais. Pode reproduzir-se sexuadamente, por meio de sementes, e propagar-se assexuadamente, por brotamento de um caule subterrâneo (rizoma) ou por brotamento em estruturas reprodutivas como inflorescências e infrutescências. Essa última estratégia denomina-se pseudoviviparidade.

População de chapéu-de-couro em solo úmido, ao redor de um corpo d'água temporário



Sincronia com o ciclo das águas

As cheias criam restrições ao desenvolvimento das plantas aquáticas não tão óbvias quanto as impostas pela seca. A inundação interfere na absorção de nutrientes, reduz a quantidade de oxigênio disponível e afeta a taxa de fotossíntese devido à menor luminosidade (causada pela diminuição da transparência da água), ao acúmulo de detritos sobre as folhas e ao sombreamento criado pelas espécies vegetais que crescem ao redor. Para escapar ao estresse causado tanto pela inundação quanto pela seca – e também para aproveitar as vantagens de cada uma dessas fases –, o chapéu-de-couro sofre alterações de forma.

Uma das adaptações da planta para viver em ambiente aquático é a presença de aerênquima em seu pecíolo ('cabinho' da folha, geralmente mais comprido que a lâmina foliar na espécie). O aerênquima é um tecido esponjoso cujas cavidades ficam cheias de ar; além de permitir o aumento das trocas gasosas em órgãos submersos, torna-os leves e flutuantes. Na cheia, isso possibilita que os pecíolos, que se alongam até a linha d'água, permaneçam erguidos e mantenham as folhas emersas, fazendo fotossíntese. As plantas menores, cujas folhas não conseguem emergir, perdem as partes vegetativas e resistem à inundação como rizomas, ou morrem, se são jovens e não têm caule subterrâneo desenvolvido.

O formato das folhas varia em uma mesma planta, caso elas estejam emersas ou submersas. Dentro d'água, as folhas, em forma de fita, não apresentam distinção entre pecíolo e lâmina foliar. Fora d'água, são bem distintas e têm forma oval ou de ponta de lança. Além disso, em locais muito úmidos as folhas são maiores. Mas, à medida que o nível da água vai baixando, os longos e frágeis pecíolos, sem possibilidade de flutuar, se dobram e apodrecem, sendo substituídos por outros novos e mais curtos.

Quando o solo fica totalmente seco, folhas e pecíolos morrem, formando uma roseta de matéria orgânica seca ao redor da planta. Esta permanece viva na forma de um rizoma, latente sob a terra. Nessa época parece que o chapéu-de-couro some do Pantanal, até rebrotar no ano seguinte, em condições favoráveis. Se, por um lado, o ciclo de vida de uma roseta dura enquanto houver água em quantidade suficiente (de quatro a nove meses), os rizomas, por sua vez, têm vida longa. Como resultado, as rosetas apresentam formas diferentes em ambiente seco e em local inundado.

Estratégias variadas

No ciclo das águas, tem-se um curto período de condições amenas, durante o qual surgem novas rosetas. O chapéu-de-couro adaptou-se a essa restrição, reproduzindo-se nas épocas favoráveis e empre-

E. paniculatus se propaga de três formas. Na sexuada, produzem-se inflorescências que são polinizadas por insetos (A) e geram frutos (B) cujas sementes dão origem a novos indivíduos. Novas mudas podem brotar nos rizomas (C) e nos cachos de flores ou frutos (D)



gando diferentes formas de propagação.

Como falta d'água é um fator que restringe o crescimento na espécie, as inflorescências surgem nas primeiras chuvas, que se estendem de outubro a abril. Quando fecundadas, produzem sementes, que germinam no solo úmido ou sob poucos centímetros de água, condição que vigora por cerca de três meses, entre o auge da cheia e da seca seguinte. Provavelmente poucas sementes conseguem se estabelecer nesses curtos intervalos. Mas são importantes estruturas de resistência, que podem se dispersar por locais favoráveis ou permanecer adormecidas, até que surjam condições adequadas para germinar.

No entanto, o chapéu-de-couro não depende só de flores para se reproduzir. Formas assexuadas de propagação são, aliás, as que mais parecem contribuir para o acréscimo de rosetas. Em ambiente sujeito a variações cíclicas, onde as plantas têm que aproveitar curtos períodos favoráveis para se estabelecer, a propagação clonal é freqüente, já que os brotamentos não passam por dormência nem por diversos estágios embrionários, como o de sementes. Surgem como miniaturas de adultos e crescem rapidamente. Das formas assexuadas de propagação, o brotamento de rizomas é a mais bem-sucedida entre as plantas emergentes, ocorrendo em praticamente todos os ambientes aquáticos. Por serem órgãos subterrâneos, os rizomas estão protegidos contra queimadas, seca, herbivoria e danos mecânicos.

Na cheia, surgem brotos pseudovivíparos nas inflorescências submersas. Nessa forma de propagação, os brotos são grandes e têm raízes bem desenvolvidas quando a inflorescência apodrece e se rompe, liberando plantinhas. Graças à capacidade de flutuar, elas podem se dispersar impulsionadas pelo vento, indo se estabelecer em algum ponto quando o nível da água baixar. Mas, ao contrário das sementes, os brotos desidratam-se rapidamente após retirados da água.

Ameaças

A conservação da biodiversidade no Pantanal depende da compreensão do ciclo das águas e das respostas dos organismos às variações ambientais. O estudo do chapéu-de-couro revela os artifícios da planta para sobreviver em ambiente sujeito a variações anuais. Mas outros seres que ali vivem (plantas, animais ou microrganismos) também empregam diferentes estratégias para se adequar às variações anuais do hábitat.

Um triste exemplo de desrespeito a essa peculiaridade se deu na região do baixo rio Taquari (MS). Em uma área de 5 mil km² (3,3% do Pantanal), o ciclo de cheias e secas foi desfeito pelo desmatamento, sobretudo no planalto, onde nasce a maioria dos rios pantaneiros. Devido ao assoreamento do rio Taquari, a região se transformou em área de alagamento permanente, forçando a migração de populações humanas. Houve também alterações na cadeia alimentar de animais aquáticos e semi-aquáticos, e conseqüências negativas na oferta de pescado, na criação de gado e nas culturas de subsistência. Esse é considerado, portanto, o mais grave problema ambiental e socioeconômico da região.

Outras ameaças rondam o Pantanal, na forma de uma hidrovía no rio Paraguai, de um pólo industrial em Corumbá e de usinas de cana-de-açúcar no planalto que circunda a planície de inundação. Qualquer empreendimento que comprometa o ciclo de cheias e secas põe em risco o Pantanal e sua singular biodiversidade. ■

Uma lente para olhar o Brasil

D. Pedro II

José Murilo de Carvalho

São Paulo, Companhia das Letras, 296 p., R\$ 37

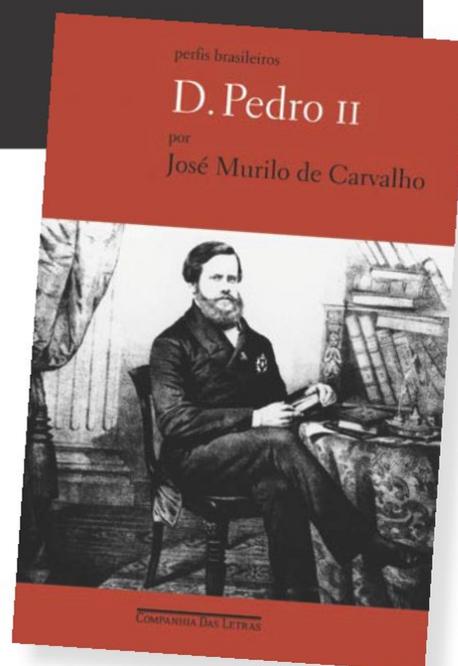
Ao longo do ano de 2007, que precede o da comemoração do bicentenário do traslado da Corte portuguesa ao Brasil, o movimento editorial em torno desse e de temas afins conheceu notável incremento. A viagem, a biografia de personagens envolvidos na saga transcontinental, a evolução política que se seguiu à fixação dos reis e de seus funcionários no Rio de Janeiro vêm despertando a curiosidade do grande público, que, desse modo, entra em contato com questões relativas ao século 19 e à construção do Estado imperial brasileiro, veios permanentes da pesquisa acadêmica nas últimas décadas. Assim, a despeito de sua heterogênea qualidade, as publicações motivadas pela efeméride têm, indistintamente, o mérito de ampliar a visibilidade pública do debate sobre a nossa formação nacional, passo necessário do processo de democratização política em curso no país.

A recente publicação do livro *D. Pedro II*, de autoria de José Murilo de Carvalho, deve ser saudada como parte desse movimento de renovação da inteligência brasileira sobre o país. Não sendo fruto da competição de editoras em torno de 1808, já que integra a coleção *Perfis brasileiros*, da Companhia

das Letras, concebida com outra destinação, seu lançamento, porém, coincidiu com o momento de preparação dos festejos luso-brasileiros, adensando a oferta de títulos de aproximado teor. Tal fato pode ter favorecido a extraordinária recepção que o livro tem merecido, embora seu autor seja dos poucos historiadores com público cativo, independentemente

de contextos mais ou menos propícios à valorização da história. De qualquer modo, nessa reaparição de José Murilo de Carvalho, mesmo leitores adventícios são bem acolhidos, pois é inegável o compromisso do autor com a prática da divulgação científica, com a perspectiva de democratização do acesso aos resultados de uma longa e criteriosa pesquisa acadêmica, conduzida no curso das últimas três décadas, sobre a evolução política brasileira no século 19.

D. Pedro II é, portanto, uma biografia e bem mais. Como biografia, gênero que foi imensamente refrescado pelo tratamento multidisciplinar que conheceu a partir da década de 1980, é um panorama completo da vida do imperador, com detalhes preciosos sobre



a sua formação intelectual, suas inclinações políticas e sentimentais, sua divisão existencial entre o estadista e o cidadão comum, desobrigado de outros afazeres que não o seu próprio cultivo científico e literário. A biografia é, pois, a porta de entrada para o contato com um personagem singularmente mergulhado em seu tempo, que viveu o permanente desafio de superar a timidez inata e afirmar suas convicções intelectuais e políticas em prol do Brasil. Nessa dimensão, o leitor trará contato com extratos de documentos, algo do extenso material iconográfico relativo à trajetória do imperador, além de uma cuidadosa reunião de indicações bibliográficas comentadas, elementos que, juntos, revelam o esmero com que o livro foi produzido.

Mas *D. Pedro II* é mais do que uma biografia. E é essa face menos visível à leitura desavisada que revela o propósito de José Murilo de Carvalho em refletir sobre a nossa atualidade, chamando a atenção para as promessas que, após mais de um século, a República brasileira ainda não realizou. Assim, a discreta empatia com que o autor expõe a trajetória do biografado não deve ser confundida com uma defesa do regime político e de suas instituições, das quais a escravidão será sempre a pior e mais terrível marca. É, antes, um notável artifício expositivo que, ao ressaltar o que havia de republicano em D. Pedro II, sua probidade, sua austeridade, sua dedicação em servir ao Brasil e em proteger as leis e o bem público, extrai, do passado, um eficiente parâmetro para a avaliação do presente.

Em suma, com *D. Pedro II*, José Murilo de Carvalho não reedita os caminhos convencionais da biografia histórica, pois não descreve, simplesmente, as venturas e desventuras de um personagem fundador. Mais do que isso, o livro é uma lente com que o autor observa e registra o estado atual da nação, constituindo-se em poderosa aposta intelectual e política na possibilidade de que o Brasil dignifique a idéia de *res publica*. Pois não há nada na tradição brasileira que a incompatibilize com esse anelo. Nem mesmo a memória de um imperador.

Maria Alice Rezende de Carvalho
 Instituto Universitário
 de Pesquisas do
 Rio de Janeiro (*Iuperj*),
 Universidade Candido Mendes

A ciência ri – O melhor de Sidney Harris

Sidney Harris

São Paulo, editora Unesp, 256 p., R\$ 38

O lado engraçado da ciência é retratado pelo cartunista Sidney Harris desde a década de 1970, quando começou a publicar seus trabalhos em revistas como a *Discover*, *American Scientist*, *Science* e *Chronicle of Higher Education*. Desde então, seus cartuns alcançaram grande reconhecimento do público e da comunidade científica, a ponto de o bioquímico russo Isaac Asimov, ao ser perguntado sobre o que existe de engraçado na ciência, responder: “O que há é Sidney Harris!” Porém, mais do que extrair o bom humor da ciência, Harris levanta reflexões a respeito de certas posturas dos cientistas, de seus métodos de trabalho, de suas discussões teóricas, entre outras. Seus trabalhos de maior sucesso foram reunidos em uma coletânea, *A ciência ri*, na qual o cartunista representa cientistas de diversas áreas, como a física, a química, a biologia, a psicologia, nas mais variadas e inusitadas situações. A *Ciência Hoje* publicou entrevista com o cartunista em setembro de 1997.



Quanto preciso pesar para ser à prova de uma bala perdida? – E outras perguntas inusitadas respondidas na revista *New Scientist*

Mick O'Hare (org.)

Rio de Janeiro, Record, 288 p., R\$ 40

O que aconteceria à Terra se alienígenas roubassem a Lua? Por que o pólo Sul é mais frio que o pólo Norte? O que preciso fazer para me tornar um fóssil? Essas e outras questões inusitadas dos leitores, com respostas dadas pelos mesmos, têm sido publicadas desde 1994 pela coluna ‘The last word’ (A última palavra) na revista semanal inglesa de divulgação científica *New Scientist*. Conforme aponta o organizador do livro, Mick O'Hare, a especificidade da coluna é a sua dedicação exclusiva a “indagações triviais”, surgidas no dia-a-dia. Para desenvolver a coletânea, foram escolhidas algumas perguntas, divididas em capítulos temáticos, como: corpo humano, plantas, animais, ciência doméstica, universo, planeta Terra, clima e transportes.

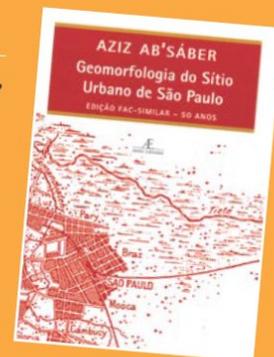


Geomorfologia do sítio urbano de São Paulo

Aziz Ab' Sáber

São Paulo, Ateliê editorial, 360 p., R\$ 43

Comemorando mais de 50 anos de sua publicação original, um dos estudos geográficos mais importantes sobre a capital paulista é relançado em edição fac-similar. Trata-se da tese de doutorado de Aziz Ab' Sáber, defendida em 1956 na Universidade de São Paulo, em que o renomado geógrafo faz uma minuciosa análise dos relevos e das diversas composições dos solos da cidade. Por meio de fotografias, cartografias geomorfológicas e mapeamentos, Aziz contempla paisagens urbanas conhecidas, como o espigão da Paulista e o pico do Jaraguá. Hoje considerado um clássico, o livro permanece atual, ao reunir aspectos sociais e urbanísticos à geografia, mostrando os efeitos das ações da sociedade sobre os espaços da metrópole.



O reconhecimento da esquistossomose mansoni

Em agosto de 1908, o médico baiano Manuel Augusto Pirajá da Silva (1873-1961) publicou na revista *Brazil Médico* um artigo em que relatava a identificação dos primeiros casos de esquistossomose mansoni no país. Tinha então 35 anos e era assistente da cadeira de clínica médica da Faculdade de Medicina da Bahia. No trabalho, intitulado 'Contribuição para o estudo da Schistosomiase na Bahia', ele revela que, quatro anos antes, encontrara ovos de parasitos nas fezes de pacientes, mas não sabia do que se tratava. Pouco depois, com base no artigo em que o médico inglês Louis Sambon (1863-1931) descreveu uma nova espécie de *Schistosoma* (que chamou de *mansoni*), concluiu que o que tinha visto eram ovos desse verme. Assim, ajudaria a solucionar uma pendência que havia anos incitava os ânimos de parasitologistas europeus.

A descrição da segunda espécie de *Schistosoma* que parasita o homem provocou um acirrado debate entre duas escolas de parasitologia, a alemã e a inglesa. A primeira era representada por Arthur Looss (1861-1923), professor da Escola de Medicina do Cairo. Famoso por suas descobertas, entre elas a descrição do ciclo evolutivo do parasita *Ancylostoma duodenale*, Looss não aceitou a segunda espécie, sustentando que existia apenas o *S. haematobium*. Já Sambon, baseando-se na sugestão (ou intuição) do médico tropicalista escocês Patrick Manson (1844-1922), defendia a existência de duas espécies.

Em 1902, Manson encontrou ovos com espícula lateral nas fezes de um paciente que havia morado nas ilhas do Caribe. Com base nesse achado e levando em conta o local onde o paciente tinha vivido, aventou a hipótese de que aqueles ovos seriam de um novo parasito. A partir da descrição de um único indivíduo macho, Sambon propôs então a criação da nova espécie, denominada *mansoni* em homenagem ao mestre escocês.

O *Schistosoma haematobium* tinha sido descrito pela primeira vez no Egito pelo parasitologista alemão Theodor Bilharz (1825-1862), em 1851, com o nome de *Distomum haematobium*. Apresenta ovos com espícula terminal que se alojam principalmente na urina, mas também nas fezes do hospedeiro. Esse achado ficou esquecido por décadas, até ser redescoberto pelo médico italiano Prospero Sonsino (1835-1901).

FONTE: BRAZIL MÉDICO, 1908

HÁ 100 ANOS

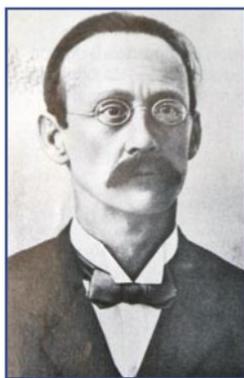


Pirajá da Silva à época da descoberta do *Schistosoma mansoni* no Brasil, e as folhas de rosto do seu revolucionário artigo, publicado na revista *Brazil Médico* e nos *Archives de Parasitologie*, de Paris

A MICOSE DE LUTZ

Em 2008 comemora-se o centenário da publicação, na prestigiosa revista *Brazil Médico*, do artigo ‘Uma mycose pseudococcidica localizada na boca e observada no Brasil’ – Contribuição ao conhecimento das hyphoblastomycoses americanas, em que o cientista Adolfo Lutz (1855-1940), considerado o fundador da medicina tropical e da zoologia médica no Brasil, relatou os primeiros casos de uma doença hoje conhecida como paracoccidioidomicose (PCM). Os pacientes, oriundos da zona rural, estavam internados na Santa Casa de São Paulo com lesões na boca, acometimento de gânglios linfáticos e desnutrição grave. Durante anos, essa micose adquirida pela inalação de células do fungo *Paracoccidioides brasiliensis* teve vários nomes, entre eles, doença de Lutz-Splendore-Almeida e blastomicose sul-americana. A partir da década de 1970, recebeu a denominação atual, pois foram descritos casos em vários países latino-americanos.

P. brasiliensis nutre-se de matéria orgânica em decomposição. Seu hábitat provável é o solo de certas áreas rurais da América Latina, já tendo sido isolado de amostras de solo e vísceras de tatu. No contato com a terra, muitas pessoas podem inalar as formas infectantes do fungo (conídios),



Adolfo Lutz (1855-1940)

mas só algumas terão a doença. Estima-se que de dois a três indivíduos por 100 mil habitantes adoeçam anualmente na América Latina.

A PCM pode se manifestar de forma aguda (com quadro clínico abrupto e grave, acometendo em geral crianças e adolescentes, com febre e aumento do fígado, do baço e dos gânglios linfáticos) ou crônica (com emagrecimento gradual, feridas na boca e pele, problemas respiratórios e aumento dos gânglios). Em ambas, quaisquer órgãos podem ser acometidos, até vísceras abdominais, glândulas adrenais, olhos, ossos etc.

Até os anos 40, quando as sulfas se revelaram eficazes no tratamento da PCM, os doentes eram condenados a uma morte sofrida, como acontecia, até os anos 90, com portadores do HIV, o vírus responsável pela Aids. Hoje, existe um arsenal terapêutico para combater a PCM, sendo o itraconazol e a anfotericina B as drogas mais eficazes.

Como outras doenças fúngicas, a PCM ainda é negligenciada pelos órgãos de saúde pública, por não ser considerada moléstia contagiosa ou



Microscopia eletrônica de varredura da fase leveduriforme do fungo

por não ser de notificação compulsória, como Aids, hepatite, malária e dengue. Isso faz com que ela seja pouco lembrada como diagnóstico diferencial entre os múltiplos males que afetam trabalhadores rurais na América Latina. Portanto, o centenário de sua descoberta deve ser comemorado e amplamente divulgado.

Quantas pessoas não foram salvas graças ao trabalho pioneiro de Lutz, que revelou ao mundo um obscuro fungo capaz de infectar o organismo humano? Nos últimos 100 anos, muitos pesquisadores dedicaram-se ao estudo da PCM. No Brasil, os médicos Carlos da Silva Lacaz (1915-2002) e Alberto Thomaz Londero (1921-2003) contribuíram de modo extraordinário para o conhecimento científico atual da doença. Durante o 10º Congresso Internacional de Paracoccidioidomicose (www.pcm2008.org), a ser realizado em agosto de 2008 em Medellín (Colômbia), a importante contribuição de Lutz para a medicina será merecidamente lembrada.

Flavio de Queiroz Telles

Serviço de Infectologia do Hospital de Clínicas, Universidade Federal do Paraná

Nos idos de 1860 tentou-se, pela primeira vez, identificar a esquistossomose no Brasil, quando o médico português de ascendência alemã Otto Wücherer (1820-1873) examinou, também na Bahia, a pedido do médico alemão Wilhelm Griesinger (1817-1868), dezenas de amostras de urina que apresentavam grau variável de sangue (hematúria). Apesar de sua meticulosa investigação, o parasita não foi detectado. Wücherer, Griesinger e Bilharz foram contemporâneos na escola de medicina de Tübingen, na Alemanha, e se tornaram grandes amigos. Vale

lembrar que a escola alemã teve forte influência na medicina brasileira entre a segunda metade do século 19 e as primeiras décadas do século 20, sendo Adolfo Lutz, herdeiro do legado de Otto Wücherer, um de nossos maiores germanistas (ver ‘A micose de Lutz’).

Duas espécies

Após necropsiar três pacientes, Pirajá da Silva encontrou vários esquistossomos machos e fêmeas. Uma foto publicada em seu trabalho mostra clara- ▶

Vermes adultos, macho e fêmea, acoplados (A), e ovo (B) de *Schistosoma mansoni*

mente um ovo com espícula lateral no útero da fêmea. Por mais que procurasse, nunca encontrou ovos com espícula terminal no Brasil. A minuciosa descrição que fez dos vermes e a publicação de seu trabalho no Brasil em 1908 – e no ano seguinte na França e na Inglaterra – contribuíram decisivamente para esclarecer que de fato havia duas espécies diferentes de *Schistosoma*.

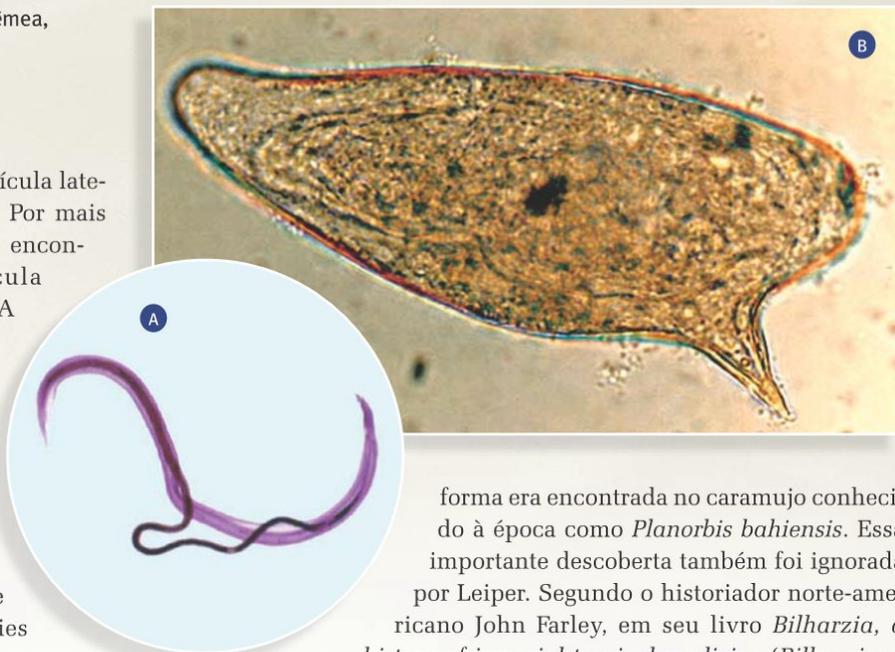
Após essas publicações, Looss passou a aceitar as duas espécies, encerrando-se assim o conflito entre alemães e ingleses. Se, por um lado, o respeitado professor alemão reconheceu a descoberta de Pirajá da Silva – assim como os maiores cientistas franceses da época que trabalhavam na área, como Emile Brumpt (1877-1951) e Raphaël Blanchard (1857-1919) –, os ingleses, por outro, menosprezaram as contribuições do eminente cientista brasileiro.

Injustiça reparada

Aluno e grande admirador de Pirajá da Silva, o médico e historiador baiano Edgard de Cerqueira Falcão (1904-?) deu inestimável contribuição para a história da esquistossomose. Por ocasião do cinquentenário da descoberta da doença no Brasil, em 1957, Falcão publicou, com dedicação e esforço pessoal, quatro obras que resgatam os trabalhos de Pirajá da Silva e reúnem a rica correspondência que este manteve com grandes autoridades científicas da época, como os escoceses Patrick Manson e Robert Thompson Leiper (1881-1969).

A partir de 1908, Leiper passou a receber os trabalhos de Pirajá da Silva, além de exemplares de vermes por ele coletados. Mas jamais atendeu ao pedido do pesquisador brasileiro de enviar exemplares encontrados no Egito, onde trabalhava. Em 1915, Leiper publicou trabalhos completos esclarecendo o ciclo evolutivo das novas espécies (*Schistosoma haematobium* e *S. mansoni*) sem valorizar – e até omitindo – o trabalho original publicado no Brasil em 1908.

A Pirajá da Silva coube também a descrição do estágio larvar da esquistossomose mansoni, a cercária, que ele denominou *Cercaria blanchardi*. A



forma era encontrada no caramujo conhecido à época como *Planorbis bahiensis*. Essa importante descoberta também foi ignorada por Leiper. Segundo o historiador norte-americano John Farley, em seu livro *Bilharzia, a history of imperial tropical medicine (Bilharziose, uma história da medicina tropical na época do império)*, publicado em 1991 pela Universidade de Cambridge, Leiper destruiu toda a sua correspondência para evitar que mais tarde ela pudesse ser consultada e criticada. Felizmente, Falcão publicou as dezenas de cartas que ele e Pirajá receberam de Leiper, o que permitiu tornar pública a conduta antiética do escocês. Como era de imaginar, a atitude de Falcão foi duramente condenada por Leiper.

Esse comportamento talvez se explique pela posição imperialista dos médicos ingleses em uma época em que as contribuições do Terceiro Mundo não podiam ser levadas a sério. Hoje, no entanto, não se tem dúvida de que a contribuição de Pirajá da Silva foi fundamental para o reconhecimento da espécie *Schistosoma mansoni*. Segundo Falcão, Pirajá “conseguiu evidenciar o que Manson entrevira, Sambon tentava estabelecer e Looss negava a pé firme”.

Para comemorar o centenário da descoberta da esquistossomose no Brasil estão sendo preparadas homenagens a Pirajá da Silva. Recentemente o Ministério da Saúde nomeou uma comissão, com representantes de várias instituições de ensino e pesquisa do país, encarregada de fazer com que essa grande contribuição brasileira para a ciência seja dignamente lembrada. O ponto alto das comemorações deverá ser a sessão solene que ocorrerá durante o 12º Simpósio Internacional de Esquistossomose, a realizar-se na capital baiana em agosto de 2008.

Naftale Katz

Centro de Pesquisas René Rachou (Belo Horizonte),
Fundação Oswaldo Cruz



Proteção ao recife

Gostaria de fazer um comentário sobre a matéria "Aquário natural ameaçado" (CH 243). Uma sugestão, para ajudar na preservação dos recifes, seria só permitir a visitação com o uso de coletes, máscara e pés-de-pato, como em Bonito (MS). A fiscalização ficaria a cargo da prefeitura, do Ibama ou de algum outro órgão.

Rogério Pinheiro da Costa
Rio de Janeiro, RJ

Urânio empobrecido

Os artesãos do início da era cristã usavam minerais de urânio (geralmente óxidos) com cores vivas, que vão do vermelho ao amarelo limão. Há várias ocorrências desses minerais (uraninita, autunita) nas rochas pegmatíticas do Nordeste brasileiro e não do metal urânio, como afirma a matéria. O metal urânio foi isolado 19 séculos mais tarde. O urânio não é o elemento mais denso que ocorre na natureza, como a matéria diz. Embora seja muito mais denso que o chumbo, o urânio tem densidade infe-

rior ao tungstênio, ao ouro e à platina. Embora a abundância de um elemento dependa da referência, na crosta continental, o urânio é mais abundante que o tungstênio (W) e que o mercúrio (Hg), mas é menos abundante que o chumbo (Pb).

Ailton Salviano
Natal, RN

✉ *O leitor está correto.*

Nas cartas da CH nº 243, em resposta a outro leitor, já havíamos publicado que existem seis elementos mais densos que o urânio.

Por ordem de densidade, são rênio (o mais denso), ósmio, irídio, platina, tungstênio e ouro.

Leitora assídua

Queridos amigos da CH. É com imenso prazer que escrevo para dizer-lhes que eu amo esta revista. Não sou assinante, mas compro a revista todo mês nas bancas e livrarias, e fico triste quando perco algum número. Conheci a revista

no ano passado, quando fazia o curso pré-vestibular na associação pré-UFMG, em Belo Horizonte. Eles usam e recomendam a CH para os estudantes. De lá para cá, venho acompanhando a revista, que tem matérias maravilhosas, as quais contribuem muito para os meus conhecimentos em relação à ciência. Quero muito fazer o curso de ciências biológicas, e tenho tentado conseguir uma bolsa de estudos, pois não posso pagar um curso superior. Quem sabe, um dia, publico um artigo na CH! Parabenizo pelo imenso sucesso de vocês. Um grandioso abraço da leitora número um da CH.

Ivani Silva Andrade
Vitória, ES

Revista dinâmica

Gosto muito dessa revista. Na minha opinião, é a melhor revista do país. Gosto da revista porque ela aborda os assuntos de forma precisa e dinâmica.

Aloncio Maia
Por correio eletrônico

Útil para pesquisa

Como leitora da CH, vejo relevância em todos os artigos, mas tenho grande tendência a voltar-me mais para as reportagens de cunho educativo, visto que sou educadora. Parabenizo toda a equipe da revista, pois a mesma tem sido deveras útil para o nosso trabalho de pesquisa no Núcleo do Projeto C.I.E.N.C.I.A. (Centro de Investigações e Estudos Neofilosóficos de Ciências Avançadas), da Escola e Centro de Estudos Ananda, de Salvador.

Carina Sales
Salvador, BA

Correção

- Na entrevista "Grande ressonância", de Kurt Wüthrich, a redação cometeu um erro na resposta (p. 12) em que o entrevistado diz que "as maiores estruturas que podem ser resolvidas por ressonância magnética nuclear têm por volta de 30 mil quilodáltons". O correto é 30 quilodáltons. Na frase seguinte, o correto é 25 quilodáltons.

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

CORREIO ELETRÔNICO:
cienciahoje@cienciahoje.org.br

CARTAS À REDAÇÃO

Moedas

Marco Moriconi

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



Agora, depois das festas de fim de ano, junte as moedinhas que sobraram (procure entre as almofadas do sofá, embaixo de móveis, dentro de caixinhas...) e prepare-se para um joguinho muito simpático que aprendi recentemente, folheando *Puzzles: a connoisseur's collection*, de Peter Winkler (AK Peters, 2003). O livro, aliás, é uma jóia, cheio de problemas interessantes. O jogo é apresentado logo no início, por ter as características básicas de um bom problema: é fácil de explicar, parece difícil de resolver, mas pode ser resolvido de maneira muito simples. Vamos então a ele.

Junte um punhado de moedas de valores diferentes. Por exemplo, 1, 5, 10, 25, 50 centavos e R\$ 1 (que, para nós, terá valor 100). Coloque um número

par delas em uma linha, em uma ordem qualquer. Agora, os jogadores alternam suas jogadas (uma jogada consiste em pegar uma das moedas de uma das extremidades). Por exemplo, se as moedas em linha formam 5, 1, 25, 10, 50, 1, 100, 25, então o primeiro jogador pode pegar a moeda de 5 centavos ou a de 25 centavos.

Quem será que tem vantagem nesse jogo? O primeiro ou o segundo jogador? Para decidir que jogador está em situação melhor, devemos fazer o seguinte. Faça alternadamente uma marquinha nas moedas enfileiradas. Assim, a primeira moeda da esquerda para a direita terá um 'x'; a segunda ficará sem marca; a terceira terá um 'x' e assim por diante. Como o número de moedas é par, se a primeira tiver um 'x', então a última não terá marca.

Note agora que temos duas opções: i) ou o conjunto de moedas com 'x' tem o mesmo valor que aquele sem marca; ii) ou um deles vale mais que o outro.

Como isso pode nos ajudar a resolver nosso problema?

Bem, se o primeiro jogador pegar a moeda com 'x', então as duas extremidades terão moedas sem marca; se ele pegar a moeda sem marca, as duas extremidades ficarão com 'x'. No primeiro caso, o segundo jogador é forçado a pegar uma moeda sem marca, deixando uma extremidade com 'x' e outra sem marca. No segundo caso, o segundo jogador deve pegar uma moeda com 'x', deixando as extremidades com marca e sem marca.

Portanto, o primeiro jogador pode pegar todas as moedas com 'x' ou todas sem marca, dependendo de qual conjunto lhe for mais favorável.

Isso mostra que o primeiro jogador tem sempre vantagem sobre o segundo. Por exemplo, se as moedas forem 5, 10, 1, 25, 100, 5, 1, 50, um conjunto soma $5 + 1 + 100 + 1 = 107$; o outro, $10 + 25 + 5 + 50 = 90$. Assim, o primeiro jogador pode garantir as moedas 5, 1, 100 e 1, ganhando o jogo.

Conclusão: quem começa o jogo está em vantagem. Será que é sempre assim? E no caso em que o número de moedas for ímpar? Curioso? Então, tente o desafio deste mês!

SOLUÇÃO DO DESAFIO PASSADO

Se um evento tem probabilidade p de acontecer, ele tem, portanto, probabilidade $1-p$ de não acontecer. Assim, a probabilidade de a mágica dar errado duas vezes seguidas é $(1-p) \times (1-p) = (1-p)^2$, e a probabilidade de dar certo pelo menos uma vez em duas tentativas é $1-(1-p)^2$. Para o caso de 40 cartas, $p = 0,89$, e a probabilidade de a mágica funcionar pelo menos uma vez em duas tentativas é $0,98$. Ou seja, é muito azar de sua parte se não der certo em duas tentativas seguidas.

DESAFIO

E se o número de moedas foi ímpar, o que muda? Nesse caso, será que o primeiro jogador sempre tem vantagem? Pense em exemplos em que a vantagem pode ser do segundo jogador.

