ciênciahole

REVISTA DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA DA SBPC

225





S B P C

> VOL. 38 ABRIL 2006 R\$ 8,90

BELO MONTE

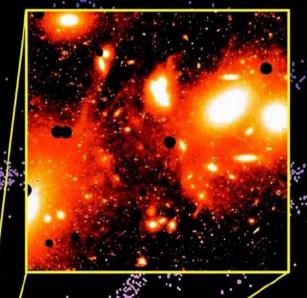
Complexo de usinas hidrelétricas gera polêmica

MEDICINA

Células nervosas são reprogramadas com fins terapêuticos

MATEMÁTICA

Ensino no país está à beiga do abismo



SUPERAGLOMERADOS DE GALÁXIAS

Os esqueletos do universo



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

sabilidade a publicação das revistas Ciência Hoje e Ciência Hoje das Crianças, CH on-line (internet), Ciência Hoje na Escola (volu-mes temáticos). Mantém intercâmbio com a revista Ciencia Hoy mes tematicos), martem intercambio com a revista *Liencia Hoy* (Corrientes 2835, Cuerpo A, 50 A, 1193, Buenos Aires, Argentina, tels.: 005411. 4961-1824/4962-1330) e conta com o apoio do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF/CNPq), do Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC/CNPq) e da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFR)). **ISSN**: 0101-8515

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/UFRI) Superintendente Executiva • Elisabete Pinto Guedes Superintendente Financeira • Lindalva Gurfield

Superintendente de Projetos Estratégicos • Fernando Szklo

CIÊNCIA HOIE . SBPC

CLENCIA HOJE • SBPC Editores Científicos • Ciências Humanas - Maria Alice Rezende de Carvaho (IUPERI) • Ciências Ambientais - Ricardo Iglesias Rios (Instituto de Biologia/UFR)) • Ciências Econômicas - Carlos Medeiros (Instituto de Economia/UFR)) • Ciências Exatas - Ivan S. Oliveira (Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas) • Ciências Biológicas -Débora Foguel (Instituto de Bioquímica Médica/UFR))

Editora Executiva • Alicia Ivanissevich; Editor de Texto • Ricardo Menandro; **Setor Internacional •** Cássio Leite Vieira; **Repórteres •** Thaís Fernandes (coordenação), Fred Furtado e Marcelo Garcia; **Revisoras •** Elisa Sankuevitz e Maria Zilma Barbosa; **Secretária •** Theresa Coelho; **Colaboraram neste número •** Cássio Leite Vieira (reportagem e edição de texto) e Gabriela Diniz e Lia Brum

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; (E-mail: ampersand@amperdesign.com.br)

SÃO PAULO • Correspondente • Vera Rita da Costa (E-mail: verarita @cienciahoje.org.br). End.: Antiga Reitoria da USP, Av. Prof. Luciano Gualberto, 374. Travessa J, sala 232. Cidade Universitária, CEP 05508-900. São Paulo, SP. Tel.: (0xx11) 3814-6656 e Telefax:

(0XXII) 3091-4192 SUL • Curitiba • Correspondente • Roberto Barros de Carvalho (E-mail: chsul@ufpr.br). End.: Universidade Federal do Paraná, Departamento de Comunicação Social, Rua Bom Jesus, 650, Juvevê. CEP 80035-010, Curitiba, PR. Tel.: (0XX41) 3313-2038. Apoio: Universidade Federal do Paraná

REPRESENTAÇÕES

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

(oxxy1) 247-2033. Fax: (oxxy1) 235-5592

COMERCIAL E PROJETOS EDUCACIONAIS • Superintendente
• Ricardo Madeira; • Publicidade • Sandra Soares; Projetos educacionais • Tatiana Marques, End.: Rua Berta, 60 - Vila Mariana, CEP 04120-040, São Paulo, SP. Telefax: (oxx11) 5083-5025 E-mail: cienciasp@cienciahoje.org,br. Circulação e assinatura • Gerente • Gláucía Viola. Telefax: (oxx21) 2109-8959.

E-mail: glaucia@cienciahoje.org,br

REPRESENTANTES COMERCIAIS

REPRESENTANTES COMERCIAIS
BRASÍLIA • Joaquim Barroncas — Tels.: (0xx61) 226-1824/
9972-0741. Fax: (0xx61) 226-1824
PRODUÇÃO • Maria Elisa C. Santos; Irani Fuentes de Araújo
RECURSOS HUMANOS • Luiz Tito de Santana
EXPEDIÇÃO • Gerente • Adalgisa Bahri
IMPRESSÃO • Minister Express Editora de Impressos Ltda.
DISTRIBUIÇÃO • Fernando Chinaglia Distribuidora S/A

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 E-mail: cienciahoje@cienciahoje.org.br



A Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, voltada para a promoção do desenvolvimento de també e tecnológico no país. Sede nacional: Rua Maria Antônia, 294, 4º anda; CEP 01222-010, São Paulo, SP. Tel.: (0XX11)

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







ATENDIMENTO AO ASSINANTE E NÚMEROS AVULSOS

08007278999

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

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

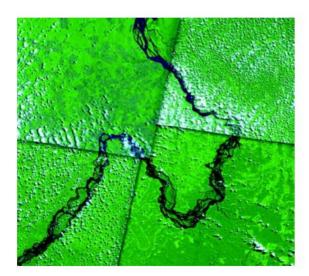
PARA ANUNCIAR

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

32 Superaglomerados de galáxias: os esqueletos do universo

Ainda em formação, os superaglomerados de galáxias podem revelar detalhes sobre o que aconteceu instantes depois da grande explosão que deu origem ao universo, o Big Bang.

Por Marcio Antonio Geimba Maia



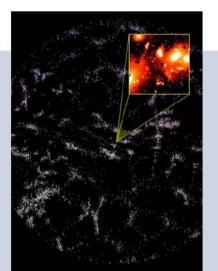
20 Belo Monte: energia e polêmica na Amazônia

A construção do complexo hidrelétrico de Belo Monte, no rio Xingu (AM), pela Eletronorte vem gerando polêmica sobre a viabilidade e a necessidade real de tamanho empreendimento.

Por Neidja Cristine Silvestre Leitão

e Wilson Cabral Sousa Júnior





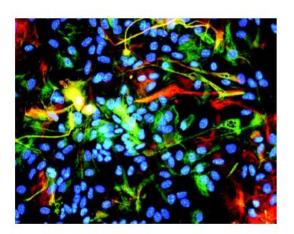
Capa: Mapa dos superaglomerados de galáxias identificados no universo. No detalhe, o aglomerado de Virgo. NASA

26 Reprogramação celular: novas alternativas para terapia com células-tronco

A combinação de técnicas de biologia molecular com reações imunocitoquímicas está permitindo gerar novas opções de tratamento com células-tronco.

Por José Garcia Abreu

e Carla Loureiro Almeida



4 O que fazer para acabar com mandruvás (lagartas) antes que elas acabem com os coqueiros?

4 Por que em algumas noites a Lua aparece no céu grande e colorida e depois fica pequena e branca?

5 Os organismos conhecidos como cogumelos chineses (tibicos) têm eficiência científica comprovada?

ENTREVISTA

Suely Druck

6 O ensino da matemática tem solução?

Pesquisadora alerta para a necessidade de investir na educação

MUNDO DE CIÊNCIA

12 Mantos de gelo e o nível dos mares

Como a cobertura de gelo responde às mudanças climáticas?

A PROPÓSITO

19 Mais uma guerra para os Estados Unidos

Obesidade atinge níveis alarmantes na população norte-americana

EM DIA

42 Zoeira em Curitiba

Capital ecológica apresenta nível preocupante de poluição sonora

44 Transmissão barata e eficiente

Criado filme supercondutor para componentes eletrônicos

46 Urina pré-histórica

Descoberta indica que dinossauros secretavam líquido

48 Alimentação ecologicamente correta

Resíduos são aproveitados na confecção de aperitivos nutritivos

49 O resgate de Darwin

Conferência discute a teoria da evolução em diversas áreas

53 Um veneno como remédio

Toxinas da taturana podem ser empregadas com fins terapêuticos

56 Salvem nossas aves

Estudo mapeia áreas cruciais para proteção da avifauna brasileira

OPINIÃO

60 A polêmica das hidrelétricas do rio Xingu

Energia de Belo Monte será usada por indústrias de alumínio

64 Espaço cósmico e desenvolvimento nacional

Acesso a benefícios oriundos de atividades espaciais ainda é limitado

ENSAIO

66 Mosquitos-borboletas

Sabetinos podem ser vetores de vírus transmitidos por artrópodes

PRIMEIRA LINHA

68 Os cupins 'kamikazes'

Operários podem 'explodir' para tentar conter inimigos

71 Túneis para animais silvestres

Passagens sob rodovia ajudam a preservar espécies

RESENHA

74 O espaço, a fronteira final...

Resenha do livro Rumo ao infinito, de Salvador Nogueira

MEMÓRIA

76 Obra-prima renascentista

Há 450 anos, era publicada De Re Metallica, de Georgius Agricola

CART

QUAL O PROBLEMA?

80 De volta ao tabuleiro

Arte e sorte para trabalhar com diferentes configurações



Por que em algumas noites a Lua aparece no céu grande e colorida e depois fica pequena e branca?

JOÃO VIEIRA, RIO DE JANEIRO/RJ

Essa pergunta pode ser dividida em duas. Os motivos de a Lua estar 'colorida' ou branca no céu e de parecer ser maior ou menor são diferentes. Mas, realmente, a Lua, logo após nascer ou um pouco antes de se pôr, aparece no céu grande e avermelhada e quando está mais alta, menor e esbranquiçada.

Vamos responder primeiro o porquê de ela ter uma coloração avermelhada. Quando observamos um astro no horizonte — não apenas a Lua—, a luz que nos chega dele atravessa uma massa de ar da atmosfera bem maior do que quando ele está alto no céu, sendo, por isso, mais absorvida. Essa absorção é menos intensa para a cor vermelha, deixando a Lua ou qualquer outro astro com essa coloração. Esse efeito é acentuado pela poluição, pois mais partículas de poeira e gás estão no ar, aumentando a absorção.

Tenho alguns pés de coqueiro em meu jardim e constatei neles a presença de mandruvás.

O que faço para acabar com essas lagartas antes que elas acabem com meus coqueiros?

RONALDO VIRGÍNIO DOS SANTOS, POR E-MAIL

O inseto a que o leitor se refere são lagartas das espécies Brassolis astyra e Brassolis sophorae, as quais são muito semelhantes entre si nos aspectos morfológicos e comportamentais. As lagartas-do-coqueiro ou lagartasda-palmeira, como são conhecidas, atacam as folhas dessas árvores e consomem todo o limbo (porção laminar das folhas) deixando apenas a raque (eixo central das folhas). Como consequência, há retardo no crescimento, redução na produção de frutos, podendo causar a morte da planta, em caso de infestação severa e continuada. Os adultos são borboletas grandes (8 cm a 10 cm de envergadura), de coloração marrom-escura com uma faixa amarelo-alaranjada nas asas. As fêmeas põem os ovos em grupos de 100 a 150 na página inferior das folhas, dos quais eclodem lagartas marrom-escuras com listras claras e cabeça grande marrom-avermelhada. As lagartas são gregárias e constroem um ninho grande (40 cm x 10 cm) nas folhas, onde permanecem durante o dia, saindo à noite para se alimentar. As lagartas dessas duas espécies não são urticantes, isto é, não queimam ou produzem ardência em contato com a pele. O estágio larval pode durar até 150 dias, e as lagartas desenvolvidas atingem em média 8 cm de comprimento. Finalmente abandonam a planta para empupar, forman-

> do pupas ou crisálidas amarelas com marcas escuras, que se fixam em galhos de árvores, paredes e muros. Após aproximadamente 20 dias, emergem os adultos, que recomeçarão o ciclo.

Indivíduo adulto da borboleta Brassolis sophorae





Folha de coqueiro atacada por lagartas

A medida de controle mais simples se faz mecanicamente: localizando-se e cortando-se o galho onde está o ninho, durante o dia, quando as lagartas estão agregadas, destruindo-o com fogo ou esmagamento. Devese também eliminar as pupas que se fixam nas paredes. Não se recomenda controle químico, mas controle biológico com inseticidas à base de fungos entomopatogênicos (que atacam insetos) e da bactéria *Bacillus thuringiensis* (Dipel PM é uma das marcas comerciais). Eventuais usuários devem consultar as lojas especializadas para obter as recomendações dos produtos e dosagens, e seguir rigorosamente as instruções recebidas.

Sonia Maria Noemberg Lazzari

Departamento de Zoologia, Pós-graduação em Entomologia, Universidade Federal do Paraná



Conforme a Lua se eleva, a absorção é menor, e, com isso, a vemos mais branca.

Agora vamos para a segunda parte desta pergunta. A idéia de que a Lua é maior quando está próxima do horizonte é bastante antiga. Chineses e gregos já mencionavam esse fato mais de três séculos antes de Cristo. E não é só a Lua: qualquer objeto extenso no céu e perto do horizonte, como uma constelação, também parece maior. Apesar de muitos perceberem esse efeito, a Lua não fica maior no horizonte! O que acontece é uma ilusão de óptica! Qualquer um pode comprovar isso fotografando a Lua quando ela está no

horizonte e quando ela está alta, e comparando os tamanhos. Na verdade, no horizonte ela fica menor, pois está mais afastada, porém nada que conseguíssemos perceber a olho nu. O que é mais incrível é que, no meio científico, ainda não há um consenso sobre o que causa essa ilusão.

Uma explicação bem aceita fala da questão da referência. Ao observarmos a Lua no horizonte, geralmente a comparamos com objetos familiares, como casas, árvores e montanhas, o que dá a impressão de ela ser maior do que quando a observamos bem alta e sozinha no céu. O problema dessa explicação é que a ilusão permanece mesmo quando vemos a Lua no ho-

rizonte sem nenhuma referência, como no oceano, o que prova que ela não está completa. Outras hipóteses consideram a ilusão uma questão fisiológica e tentam explicar por que nosso cérebro se comporta desse jeito. Quais os motivos dessa percepção enganosa? O mistério persistirá até compreendermos melhor como o nosso cérebro funciona e como se desenvolve a nossa percepção óptica.

Wailã de Souza Cruz

Fundação Planetário da Cidade do Rio de Janeiro



Os organismos conhecidos como cogumelos chineses (tibicos) têm eficiência científica comprovada?

CAMILA SANCHES DO NASCIMENTO, POR E-MAIL

O grupo dos cogumelos chineses tem sido largamente estudado nos últimos anos, no intuito de se isolar princípios ativos desses organismos, cujo emprego é reconhecido na literatura médica oriental. Nesse sentido, já foram avaliadas algumas propriedades antitumorais de carboidratos de cadeia longa presentes em Hohenbuehelia serotina (Huangmo), Ganoderma tsugae (Songshan Lingzhi) e G. lucidum (Reishi), de associações de carboidratos e proteínas em Pleurotus sajor-caju (Fr.) Sings (Feng Wei Gu ou Houbitake), de glicoproteínas em Pleurotus citrinopileatus (Yuhuangmo) e de substâncias isoladas em Lentinula edodes (Shiitake). Nesses trabalhos, buscou-se desafiar a fração ativa isolada dos organismos contra células neoplásicas cultivadas em laboratório ou tumores induzidos em camundongos e ratos, não havendo ainda eficiência científica comprovada do uso em humanos na literatura ocidental.

Um cogumelo brasileiro bastante conhecido e polêmico, algumas vezes

confundido com os chineses, é o cogumelo-do-sol ou Himematsutake (Agaricus blazei), exportado ao Japão desde a década de 1970, após evidências de suas propriedades imunoterápicas e antitumorais, menos pronunciadas do que o apetite despertado em sua comercialização. Outra observação deve ser levada em conta para que não se confundam os cogumelos chineses, organismos visíveis a olho nu, e que se reproduzem por pequenos filamentos, com associações de bactérias e fungos invisíveis, como quefir, kumish, kombucha e cogumelo tibetano, que também possuem atividades antibiótica, cicatricional e antitumoral, todas respaldadas pela literatura internacional.



José Mauricio Schneedorf

Laboratório de Fitofármacos, Universidade de Alfenas (MG)



NRTAS À REDAÇÃO

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

E-MAIL:

cienciahoje@cienciahoje.org.br

O ENSINO DA MATEMÁTICA TEM SOLUÇÃO?



DIVULGAÇÃO

Suely Druck

O Brasil é conhecido por ter o melhor do Primeiro Mundo e o pior do Quarto Mundo. A matemática é certamente um caso emblemático dessa disparidade. No quesito pesquisa, o país é Primeiríssimo Mundo. Pesquisadores brasileiros ganham prêmios internacionais de prestígio, estudantes voltam com medalhas (várias de ouro) de olimpíadas no exterior. Recentemente, o Brasil passou para o segundo grupo de excelência (IV) da União Internacional de Matemática, ficando atrás apenas de alguns países desenvolvidos e com longa tradição científica. É o melhor dos mundos até se incluir a expressão 'ensino fundamental e médio'. Aí, nosso desempenho só pode ser adjetivado com o superlativo péssimo. Na última versão de um teste internacional, alunos brasileiros de escolas públicas amargaram um infame último lugar (43 países participaram). A primeira reação governamental a esse quadro, no entanto, produziu um bálsamo em números: cerca de 10 milhões de jovens se inscreveram na 1ª Olimpíada Brasileira de Matemática das Escolas Públicas. Os resultados mostram que nossos talentos continuam na rede pública. Para discutir essa disparidade, Ciência Hoje entrevistou a matemática Suely Druck, da Universidade Federal Fluminense e presidente da Sociedade Brasileira de Matemática (SBM) entre 2001 e 2005 (atualmente vice-presidente). Segundo Druck, há solução para o problema do ensino da matemática no Brasil. O lado ruim é que a solução não virá em curto prazo.

Cássio Leite Vieira Ciência Hoje/RJ

No Brasil, a pesquisa em matemática é de Primeiríssimo Mundo. O país faz bonito em olimpíadas internacionais, sempre voltando com medalhas, muitas de ouro. Recentemente, um colega seu aqui do Instituto de Matemática Pura e Aplicada [IMPA, no Rio de Janeiro], Marcelo Viana, recebeu a primeira versão do prêmio Srinivasa Ramanujan [indiano, 1887-1920, considerado um prodígio matemático], concedido pelo Centro Internacional de Física Teórica. Sem dúvida, algo de que o país deve se orgulhar. Mas nosso ensino nessa área é desastroso. No último SAEB [Sistema Nacional de Avaliação da Educação Básica], de 2003, só 3% dos alunos obtiveram índices considerados desejáveis. No PISA [sigla, em inglês, para Programa Internacional para a Avaliação de Estudantes], nossos alunos de escolas públicas ficaram em último lugar. Sem dúvida, a mais contundente prova da incompetência de nosso ensino público da matemática. Como se explica essa tremenda disparidade?

Primeiramente, essa disparidade entre ensino e pesquisa no Brasil, principalmente quando se fala em ensino de escolas públicas, existe em diversas áreas. Na matemática, chama a atenção, porque nossa pesquisa na área tem excelente reputação internacional. Tive a honra, quando fui presidente da SBM, de ver o

Brasil ser promovido pela União Internacional de Matemática ao segundo grupo de excelência. Com isso, estamos atrás apenas de alguns países do Primeiro Mundo. Alguns de nossos grupos de pesquisa estão entre os três melhores do mundo. Isso se deve a um rigor muito grande que os matemáticos tiveram para desenvolver pesqui-

sa no Brasil, ao bom gosto e a muita dedicação. Somos uma comunidade muito pequena, talvez uma das menores da área científica no país, mas, em pouco tempo, trabalhamos muito bem. Os primeiros doutores em matemática começaram a chegar ao Brasil por volta da década de 1970. Assim, em 40 anos, fizemos um trabalho excelente em pesquisa. Mas, em séculos do ensino de matemática, temos esses dados que você acabou de citar. Como presidente da SBM até outubro do ano passado, lidava com a área de ensino e pesquisa. E o contraste é realmente doloroso. O requisito para ser gestor de pesquisa é rigoroso. Em geral, são pessoas com alta qualificação. O mesmo não acontece na área do ensino. A educação no Brasil é tratada como assunto de todos e não por pessoas que entendem do assunto...

O que a senhora quer dizer com isso?

Lembro-me de que fiquei chocada quando se discu-

tiu a continuidade ou não do Provão [avaliação governamental dos cursos universitários]. Foram chamados setores da sociedade que nada tinham a ver com a educação. Sou usuária de eletricidade e, acredito, das mais qualificadas, pela cultura científica que tenho, mas nenhum ministro de Energia jamais me chamou para opinar. A CUT [Central Única dos Trabalhadores] não me chama para opinar sobre questões sindicais. Eles estão certos, apesar de a política energética e os acordos trabalhistas me afetarem. Aquilo me deu um retrato bem claro de como a educação do país é tratada: qualquer um pode opinar, não interessa qual seja sua competência.

Em artigo recente para a Folha de S. Paulo, a senhora falou, aparentemente em tom pejorativo, sobre a contextualização. Por quê?

A contextualização é uma ferramenta extremamente importante no ensino da matemática, sobretudo para motivar crianças. As provas da 1ª Olimpíada Brasileira de Matemática das Escolas Públicas, em cuja preparação tive grande participação e influência, são bastante contextualizadas. Mas são bem contextualizadas e não burramente contextualizadas. Fui, sim, pejorativa naquele artigo. Sempre cito um caso que escutei de uma professora que teve que dar 'contexto matemático' ao poema *Vida*, da

Aquilo me deu um retrato bem claro de como a educação do país é tratada: qualquer um pode opinar, não interessa qual seja sua competência

Madre Teresa de Calcutá. Outros foram obrigados a fazer 'matemática junina', seja lá o que isso for. Para contextualizar, é preciso conhecer, para poder identificar naquele contexto algo interessante da matemática. A maioria de nossos professores – a SBM percorreu quase o país inteiro conversando com eles – tem pouca cultura científica para identificar essas situações. Sou contra apenas a contextualização pobre e burra. Além disso, há no Brasil certos modismos pedagógicos, e a matemática é a mais sensível a isso entre as ciências...

A senhora poderia exemplificar um desses modismos?

Recentemente, escrevi um artigo para o Jornal da Ciência sobre isso. Em certas regiões do país, alguns professores de escolas públicas estavam proibidos, por exemplo, de ensinar o teorema de Pitágoras. A justificativa mostra a tragédia: o teorema foi consi-

ENTREVISTA

derado muito velho, pois tem 2 mil anos, talvez. Isso mostra que pessoas que ignoram a matemática como ciência definem conteúdos que tanto nossas crianças têm que aprender quanto nossos professores têm que ensinar. Hoje, cada escola pode fazer seu próprio currículo, e muitas, por desconhecimento, excluem conteúdos importantes que vão prejudicar o aluno não só na formação matemática, mas também em outras disciplinas. Há escolas muito desprepa-

A questão do ensino de matemática é tão grave que paliativos não resolvem. Ou se faz algo de impacto, como a gente fez na

olimpíada, ou não há solução nem em médio prazo

radas para ter essa responsabilidade. Um aluno que não sabe o teorema de Pitágoras não vai poder aprender física. Quando era presidente da SBM, recebia mensagens eletrônicas de professores de física que diziam não poder ensinar sua disciplina porque na escola deles decidiram não ensinar trigonometria.

Com isso, a aprendizagem da matemática, que é seqüencial, fica prejudicada, não?

Sim, a matemática, diferentemente das outras ciências, acumula conhecimento, não o nega. Por exemplo, o médico que inventou a lobotomia [intervenção cirúrgica em que partes do cérebro são seccionadas] na década de 1930 ganhou o prêmio Nobel [1949] por essa descoberta. Hoje, um profissional que a empregasse seria preso. Isso mostra que a medicina evolui se desdizendo, como ocorre nas outras ciências. A matemática não. Ela só acumula conhecimento. O teorema de Pitágoras está aí há 2 mil anos e vai continuar sendo verdadeiro pela eternidade. Quando se obtém um resultado em matemática, se produz uma verdade eterna. A matemática é a única ciência que a criança tem que compreender profundamente aos seis anos. Quando você ensina a ela que, jogando água em um feijão, o pé vai crescer etc., a criança constata que aquilo ocorre, mas não entende as reações químicas do fenômeno. Na matemática, aos seis anos, a criança tem que entender o sistema decimal. Se não, ela não consegue contar. Ela também não vai aprender a multiplicar se não souber somar, não vai aprender a dividir se não souber subtrair, somar e multiplicar. A matemática é següencial, sobretudo da 1ª à 8ª série. Assim, um tópico não aprendido compromete o aprendizado dos subsequentes. Você pode fazer uma redação de português, errar alguns acentos, alguns plurais ou concordâncias verbais, mas isso não quer dizer que toda sua redação esteja perdida. Na matemática, se você errou o primeiro cálculo, provavelmente você perdeu o problema inteiro.

Pesquisas mostram que estamos criando uma geração de analfabetos matemáticos, assim como temos os chamados analfabetos funcionais

> [que, embora saibam ler e escrever, não compreendem o conteúdo do texto]. O que caracterizaria um analfabeto matemático?

Primeiramente, é preciso dizer que se ensina matemática principalmente por uma questão de cidadania e inclusão social. Dito isso, podemos definir o analfabeto numérico como a pessoa que, por exemplo, não sabe decidir formas de pagamento, que não

tem a menor noção de juros. Infelizmente, é o caso da maioria da população. O número de pessoas que não conhecem medidas simples, como metro e quilo, é também enorme. Um professor de microbiologia reclamou comigo que as crianças não conseguem entender o que é um micróbio porque elas não sabem o que é um milímetro. No mundo de hoje, em que a tecnologia está em todo lugar, no qual uma pessoa precisa comparar dados e ter um raciocínio lógico até para mexer em uma máquina simples dentro de nosso contexto, a pessoa se torna um excluído. Não sabe verificar se uma conta de luz ou de gás está correta ou fazer aquelas operações necessárias quando se vai ao supermercado. Em resumo: ela não pode se autodenominar cidadão.

E o que seria um cidadão com boa educação matemática?

A matemática dever permitir à pessoa entender o entorno em que vive, entender o noticiário nacional, olhar um gráfico e saber, por exemplo, quem está acima ou abaixo em uma eleição, otimizar o que ganha, conhecer e saber lidar com as quatro operações muito bem, saber as unidades de medida, conhecer um pouco de geometria. Enfim, deve conhecer a matemática necessária para o dia-a-dia.

Voltando ao pior do nosso Quarto Mundo. Há alguma esperança de o Brasil resolver o problema do ensino de matemática em curto prazo? Não, nem pensar.

Então, nosso ensino de matemática está fadado a patinhar nessa insuficiência por décadas?

Repito uma expressão vulgarizada: isso depende de

vontade política. A questão da educação jamais foi prioridade no país. Basta ver as condições de trabalho de nossos professores. Não estou dizendo novidade alguma. Em todos os anos do Provão, a matemática apresentou o pior resultado entre todas as áreas, um desempenho absolutamente tenebroso. A média do pessoal licenciado – que, no semestre seguinte, se tornaria professor – ficava em torno de 20 sobre 100 ou abaixo disso. Na física, em geral, era acima de 30. Uma possível leitura desses números é que 80% dos professores de matemática que estão sendo formados não estão preparados para ensinar.

Que solução se propõe para esse problema?

Primeiramente, o Brasil tinha que estancar a má formação de professores de matemática – muito do que estou dizendo se aplica a outras áreas. Porém, isso é muito difícil, pois passa por questões políticas sérias, até pela própria escolha do Conselho Nacional de Educação. Em segundo lugar, há no mercado um enorme contingente de professores mal preparados. Em geral, eles vêm de faculdades privadas de péssima qualidade e vão para o ensino público, uma vez que o particular exige mais e, portanto, absorve aqueles formados nas melhores universidades, que, em geral, são as públicas e as confessionais. Esse professor mais mal formado vai ficar 20 ou 30 anos na rede pública. Muitos já estão no mercado, e não adianta dizer a eles para voltar à universidade.

O que, então, é necessário nesse caso?

Projetos de impacto para melhorar a formação desses professores, recursos financeiros e, tão importante quanto, uma visão não assistencialista em relação aos professores, que não os enxergue como pobres coitados. Tenho todo o respeito pelos professores, não acho que sejam coitados, mas que estejam vivendo uma

profunda desvalorização. Os projetos nessa área devem ser calcados na qualidade. Como presidente da SBM, apresentei, juntamente com o professor César Camacho, atual diretor do IMPA, um projeto de grande impacto para – a gente não chama de reciclagem – aperfeiçoamento dos professores. Hoje, há uma indústria desses cursos na

rede privada. Os professores são explorados, porque pagam para ter um diplominha a mais e, com isso, melhorar o salário deles, mas não melhoram de fato a sua formação. Seria bom saber quanto o MEC [Ministério da Educação], responsável por alguns programas de reciclagem, gastou nisso até agora e qual é o retorno dessa iniciativa. A questão do ensino de matemática é tão grave que paliativos não resolvem. Ou se faz algo de impacto, como a gente fez na olimpía-

da, ou não há solução nem em médio prazo. Há, porém, bons cursos de reciclagem, que empregam novos recursos pedagógicos e que ensinam o bom uso do computador, que, em geral, é mal empregado na matemática. Mas essas experiências bem-sucedidas têm tido pouco apoio e pouca divulgação.

Por volta de 2010, vão faltar 50 mil professores de física e química no Brasil. A situação da matemática é pior: esse déficit será algo como 100 mil professores ou mais. Como resolver esse problema?

Não sei. Porém, há uma questão mais profunda embutida nela e que se expressa através das seguintes perguntas: será que os filhos da classe média, por exemplo, gostariam de ser professores? Os pais gostariam que seus filhos fossem professores de escola pública? Se o Brasil não souber responder à pergunta de o que deve ser feito para que as pessoas queiram ser professores, então acho que rumamos para o abismo tecnológico total. Muita gente quer, mas o número de professores de matemática, por exemplo, que abandona a carreira para trabalhar em banco é significativo. Não sei o que vai acontecer em 2010 se não forem tomadas medidas de grande impacto, porque temos uma população continental.

Quando a gente diz que a pesquisa em matemática no Brasil é de Primeiro Mundo, provavelmente estamos nos referindo a regiões como Sul e Sudeste. Como é a pesquisa fora delas?

Há disparidades, como em todas as áreas. A questão regional no Brasil atinge tudo: o ensino, a pesquisa, a produção, o nível de vida. Mas há instituições, como a Universidade Federal de Pernambuco, que tem um belo centro não só de matemática, mas também de física. O Ceará já tem um centro bastante bom em matemática. Mas a questão regional não está resol-

Será que os filhos da classe média, por exemplo, gostariam de ser professores? Os pais gostariam que seus filhos fossem professores de escola pública?

vida. Há dificuldades de fixar doutores nessas regiões, porque eles ficam muito isolados. É um problema a ser resolvido.

Há experiências bem-sucedidas no Brasil de ensino da matemática?

Sim. Algumas pequenas e que precisavam ser apoiadas. Na 1ª Olimpíada Brasileira de Matemática das Escolas Públicas nos saltou aos olhos, principalmente

ENTREVISTA

no ensino médio, o desempenho muito bom de algumas escolas federais. Aqui no Rio de Janeiro, o Colégio Pedro II, por exemplo, foi muito bem. Tiveram também bom desempenho colégios militares do Ceará. Isso mostra que há bons modelos, e, portanto, não é preciso inventar tanto.

Isso reforça o que já sabíamos: a rede pública é o nosso maior celeiro de talentos

80% de nossas crianças estudam nela. O talento para matemática não depende de classe social, cor ou religião, ou seja, está uniformemente distribuído na população. Tivemos crianças de lugarejos com bom desempenho. Na segunda prova, os alunos tinham de justificar os raciocínios. Portanto, havia também

um problema de português, pois eles tinham que redigir. Muitas vezes, um aluno não entendia um problema de três ou quatro linhas, porque não compreendia o enunciado. O português, então, merece a mesma atenção que a matemática está tendo no momento.

Que país é exemplo de bom ensino da matemática hoje?

A Noruega. É o melhor ensino do mundo.

Nesse quadro desastroso do ensino de matemática, tivemos um resultado fantástico: 10,5 milhões de jovens se inscreveram na 1ª Olimpíada Brasileira de Matemática das Escolas Públicas. Como foram os resultados?

A idéia era usar a olimpíada, que já se mostrou uma ferramenta importante em vários países, para causar um impacto inicial. Nossa grande preocupação era a de que os alunos gostassem das provas, que vissem nelas uma matemática inteligente, instigante, provocante, como eles não vêem na escola. Esse objetivo foi alcançado inteiramente, pois as provas foram a grande vedete desta olimpíada. As notícias são as melhores possíveis. Temos depoimentos de professores, recebemos milhares de telefonemas de pais de alunos, houve uma mobilização importante. Prova disso é termos tido 10,5 milhões de inscritos em um projeto para o qual a divulgação foi muito ruim. Imagine se tivesse sido boa. Mostramos que a matemática é interessante, inclusive para os professores, porque mandamos muito material para eles, que continuam pedindo mais, o que é um indicativo muito bom. Não estamos conseguindo dar conta da quantidade de material que está sendo solicitada. A olimpíada mexeu muito com a auto-estima da criança de escola pública e dos próprios professores, pelo fato de terem um projeto só para eles. Mostramos ao país que existe – e isso é muito importante – alguma qualidade na escola pública, que precisa ser apoiada.

Como foi a média nacional?

Foi muito baixa, o que não nos surpreendeu, pois a olimpíada não ia contradizer o SAEB e o PISA. Porém, nos surpreendeu a média muito alta dos premiados. No nível 1, das 5ª e 6ª séries, a prova valia 120, e a média foi 103, altíssima para qualquer olimpíada. Isso reforça o que já sabíamos: a rede pública é o nosso maior celeiro de talentos, pois mais de

Será possível sentir o reflexo dessa iniciativa no próximo PISA?

Não acredito, porque os resultados da educação são visíveis, no mínimo, em médio prazo.

Alguma região se destacou?

Na questão de talentos, não houve nenhum destaque. Mas as regiões mais pobres foram pior. Embora o objetivo da prova fosse testar raciocínio lógico e criatividade, havia conteúdos que obrigatoriamente tínhamos de abordar. E nessas regiões, onde o ensino é deficitário, as crianças não conhecem esses conteúdos.

Houve um caso muito divulgado na imprensa, o do aluno Paulo Santos Ramos, de Brasília, de 16 anos, cego e paraplégico, que ganhou medalha de ouro.

Que lição podemos extrair desse exemplo? Ele também está guase surdo. Depois da olimpíada, ganhou um aparelho de audição e tratamento no Hospital Sarah Kubitschek. O presidente Lula o conheceu em uma visita reservada, e nessa oportunidades eu conversei com ele. Ficou cego aos oito anos e, portanto, sabe o que perdeu. É um menino extremamente alegre, com uma personalidade especial e gosta de matemática - vale lembrar que há cegos que transformaram a matemática. A primeira pergunta que ele me fez foi "desde quando você gosta de matemática?" Ele fala de suas deficiências com desenvoltura. Disse para mim: "Vocês precisavam de um deficiente para ajudar vocês a fazer a prova, porque tive dificuldade de entender uma questão" [para a qual não havia material concreto (as questões são lidas para eles)]. No caso dele, houve a conjunção da própria personalidade do menino e do trabalho fantástico da escola. A professora dele esteve aqui [no IMPA] e emocionou a todos. A escola faz um trabalho absolutamente excepcional de inclusão com deficientes. Compraram um amplificador de som para ele ouvir as aulas. O trabalho da escola e da professora nesse caso foi um diferencial importante. 🔳

ENTREVISTA

CIÊNCIAS CLIMÁTICAS

Mantos de gelo e o nível dos mares

Três artigos científicos publicados recentemente trouxeram à tona uma questão crucial para o futuro do planeta: como os mantos de gelo respondem às mudanças climáticas, em especial àquelas decorrentes do aquecimento global? O último relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, de 2001, previa um aumento máximo de 85 cm no nível do mar até 2100. Os dados apresentados agora sugerem que essa estimativa é baixa e deve ser revisada. Os trabalhos estão em Science (17/02/06, pp. 986-990), Science Express Reports (02/03/06) e Journal of Glaciology (vol. 51, n. 175, pp. 509-527).

s três artigos tratam das variações do volume e da dinâmica (velocidade) dos dois mantos de gelo terrestre, a Antártica e a Groenlândia, cujas dimensões são dantescas: 13.6 milhões de km2 e 1,7 milhão de km2, respectivamente. Só a Groenlândia acumula 3 milhões de km3 de gelo e pode atingir até 3 km de espessura (figura 1A). Já a Antártica armazena 25 milhões de km3 (ou 90% do gelo terrestre) e chega a quase 5 km de espessura (figura 1B). Difícil de imaginar esse volume? Vai, então, uma analogia: se todos os 28 milhões de km³ dos dois mantos fossem transferidos para o Brasil, teríamos uma capa de aproximadamente 3,3 km espalhada homogeneamente sobre todo o território nacional.

Com essas dimensões, o papel desse gelo é essencial no sistema ambiental. Por exemplo, a Antártica é um dos principais controladores do clima do planeta. Se todo o gelo dos dois mantos derretesse, o nível médio dos mares (NMM) subiria cerca de 70 m. Hoje, sabemos que não há processos que permitam o derretimento total desse gelo em menos de alguns milhares de anos, mas mesmo pequenas variações (da ordem de 1%) teriam impacto tremendo nas regiões costeiras, acarretando enormes prejuízos ambientais e socioeconômicos.

Há alguns anos, foi constatada a redução das geleiras não polares (aquelas em cadeias de montanhas), bem como daquelas no sul da Groenlândia e na extremidade norte da Antártica. No norte da península antártica – indicado pela seta na figura 1B –, a plataforma de gelo Larsen perdeu mais de 12 mil km² na última década, principalmente devido à desintegração de sua parte setentrional em centenas de pedaços, em um processo que envolveu derretimento superficial, penetração de água em fraturas e separação de icebergs.

Em suma, como seria de esperar, a perda vem ocorrendo nas geleiras que estão em ambientes mais quentes e em locais onde a temperatura do gelo é próxima do ponto de fusão. No entanto, a maior parte do gelo está nas partes mais frias dos mantos, e não havia estudos que mostrassem alguma mudança. Agora, os três artigos desenham um quadro mais complexo.

As geleiras ganham massa principalmente pela precipitação na forma de neve. A perda de gelo na Groenlândia ocorre tanto pelo derretimento superficial quanto pelo fluxo de gelo direto para o mar, onde ele acaba se separando pela formação de icebergs. Já na Antártica, predomina a separação de icebergs (alguns gigantescos, com mais de 50 km de comprimento) que se formam a partir de plataformas de gelo (parte flutuante do manto, que não deve ser confundida com o mar congelado que rodeia o continente).

A diferença entre o ganho e a perda é chamada 'balanço de massa'. Um balanço negativo indica que a geleira está diminuindo, e a diferença contribui para o aumento do NMM. Portanto, bastaria determinarmos esse balanço para sabermos a contribuição do gelo

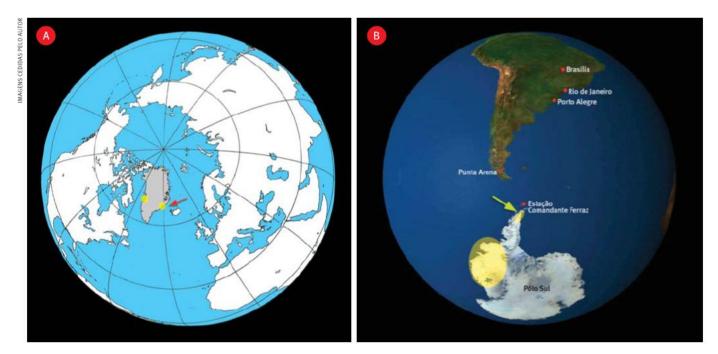


Figura 1. Em A, manto de gelo da Groenlândia (a seta aponta a região da geleira *Kangerdlugssua*). Em B, manto de gelo da Antártica (a seta indica a região da plataforma de gelo Larsen). Nas duas imagens, as áreas em amarelo mostram os locais onde foram realizados os estudos discutidos neste comentário

polar para o aumento do NMM. O problema é determinar esse balanço em áreas de dimensões continentais. Pior: sob o clima mais agressivo do planeta. Somente a partir da década passada, com o uso de radares em satélites, foi possível fazer o levantamento da superfície dos mantos de gelo com precisão suficiente para estimar essas variações (de alguns centímetros por ano).

Em artigo publicado em Science, Eric Rignot, do Instituto de Tecnologia da Califórnia, e Pannir Kanagaratnam, da Universidade do Kansas (também nos Estados Unidos), usando uma bateria de levantamentos de radar e altímetros a laser por satélite, determinaram o aumento do fluxo do gelo de algumas das geleiras que drenam o manto da Groenlândia para o mar. Esse fluxo duplicou nos últimos cinco anos, e o déficit aumentou de 50 km³ para 150 km³ por ano. Geleiras como Jakobshavn Isbrae (a mais veloz do mundo), na costa oeste, e Kangerdlugssuaq, na costa leste – seta na figura 1A –, aumentaram sua velocidade, provavelmente devido ao desaparecimento de suas partes flutuantes, que dificultavam o avanço para o mar.

O processo está ocorrendo principalmente ao sul da latitude 70°N, onde também foi detectado aumento do derretimento superficial no verão, que atingiu seu máximo desde que as medições começaram em 1979. Geralmente, no centro da ilha (ou seja, a parte mais alta), o gelo está aumentando. Mas perto da costa, menos elevada, o gelo está afinando em até 1 m por ano. Os autores concluem que, devido ao aumento dessa perda, a contribuição da Groenlândia para o aumento do nível do mar é de 0,5 mm por ano, ou seja, mais que o dobro da estimativa anterior. Os autores atribuem muitas dessas mudanças ao aquecimento da atmosfera na região.

Isabella Veligogna e John Wahr, pesquisadores da Universidade do Colorado (Estados Unidos), usaram outra técnica para determinar variações no gelo da Antártica: o levantamento de variações do campo gravitacional usando os sensores do satélite Grace (sigla, em inglês, para Recuperação da Gravidade e Experimento do Clima). Os resultados, publicados em *Science Express Reports* (www.sciencemag.org/sciencexpress/recent.dtl), mostram uma perda importante de massa (152 ± 80 km³ entre abril de 2002 e agosto do ano passado), principalmente na Antártica ocidental (figura 1B).

Grande parte dos glaciólogos acredita que essa perda se dê pelo aumento do fluxo de algumas das geleiras dessa região, em um processo similar àquele registrado no sul da Groenlândia. Já na Antártica oriental (a parte mais alta e mais fria do continente), o gelo continua a aumentar de espessura devido ao aumento da precipitação de neve.

Finalmente, cientistas da Nasa (agência espacial norte-americana) liderados por H. Jay Zwally publicaram, no *Journal of Glaciology*, os resultados do levantamento mais completo já realizado das variações

da massa nos dois mantos de gelo e as contribuições delas para o NMM. Usando dados de altímetros instalados em satélites e coletados ao longo dos últimos 10 anos, eles concluem que o gelo da Groenlândia está afinando em suas margens, mas tornando-se mais espesso em seu interior. Isso resulta em um abaixamento de 0,03 mm no NMM - e não em um aumento. Já na Antártica ocidental, a perda mais do que compensa o aumento na Antártica oriental, e esse continente contribui para um aumento de 0,08 mm por ano no NMM.

As partes mais altas e mais frias dos dois mantos de gelo (principalmente, o da Antártica oriental) continuarão a aumentar devido à elevação da precipitação. Por outro lado, os três artigos mostram claramente que a perda de massa de partes do gelo da Antártica, tanto por derretimento quanto por aumento do fluxo para o mar, é maior que o previsto anteriormente. Apesar das dúvidas sobre o comportamento do gelo da Groenlândia, segundo o trabalho da equipe da Nasa, se a presente tendência de aquecimento atmosférico for mantida, logo ficará clara a contribuição da região para o aumento do NMM.

O último relatório do IPCC (sigla, em inglês, para Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas), da Organização das Nações Unidas, publicado em 2001, previa um aumento máximo de 85 cm no nível do mar até 2100. Os dados apresentados pelos três trabalhos sugerem que essa estimativa é baixa e deve ser revisada.

Jefferson Cardia Simões

Núcleo de Pesquisas Antárticas e Climáticas, Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul MEDICINA Animais apresentaram melhora de memória e aprendizado

PROMESSA CONTRA ALZHEIMER

Uma nova droga mostrou resultados surpreendentes e promissores na reversão de sintomas cognitivos ligados à memória e ao aprendizado em quadros semelhantes à doença de Alzheimer. A doença é marcada principalmente pela perda das funções cognitivas. Sua maior incidência se dá entre idosos. Acredita-se que suas causas estejam ligadas a placas de uma proteína (beta-amilóide) que se forma fora das células cerebrais, bem como ao enovelamento de fibras de proteína de outro tipo (tau) no interior delas. Os portadores apresentam um quadro degenerativo marcado pela perda de memória e dificuldade de aprendizado.

A nova droga, batizada AF267B (sendo AF as iniciais de seu descobridor, o Abraham Fisher, do Instituto Israel de Pesquisas Biológicas), foi usada em camundongos alterados geneticamente (três genes foram 'silenciados'). Com isso, os animais criavam placas e enovelamentos protéicos, desenvolvendo assim um quadro cujos sintomas eram semelhantes aos da doença de Alzheimer.

Por oitos semanas, um grupo desses roedores tomou doses diárias da droga e outro nada recebeu. Os dois grupos foram então submetidos a testes relacionados à memória e à aprendizagem que exigem habilidades de duas áreas cerebrais afetadas pela doença: o hipocampo (no caso, achar uma plataforma submersa em um tanque de águas turvas) e a amígdala (associar uma câmara escura com um choque elétrico leve). No primeiro teste, os animais tratados se saíram bem melhor que seus companheiros sem tratamento. Porém, no segundo teste, as performances foram iguais.

A necropsia do cérebro dos animais mostrou que as placas e os enovelamentos protéicos diminuíram no hipocampo dos animais tratados. Mas na amígdala de ambos eles continuaram presentes. Outra boa notícia é que animais normais que tomaram a droga não apresentaram efeitos colaterais.

TORTILHA PERUANA • Há 4 mil anos os ancestrais dos peruanos já estavam cultivando. E, tudo indica, preparando alimentos como a tortilha, um bolo fino hoje consumido com recheio (geralmente, de carne moída) e que se tornou um dos símbolos da culinária mexicana. Essas evidências fazem recuar em cerca de mil anos a presença de milho na região. Os restos foram encontrados no chão de uma casa no sítio de Wyanuna, no vale Cotahuasi, no sul do Peru. Além do milho, havia resíduos microscópicos de batata e araruta. As ferramentas desencavadas no local apresentavam o que foi interpre-

tado como restos de milho moído, o que, segundo os autores, é uma evidência de que esse alimento era proces-

sado para a manufatura de tortilhas ou de algum tipo de pão. Como a araruta não cresce nas áreas montanhosas, onde foi feita a descoberta, os pesquisadores afirmam que a presença desse vegetal é prova do comércio com os povos das planícies. O aparecimento da agricultura foi importante para o surgimento dos Incas, que dominaram os Andes de 11 mil a.C. até a chegada dos europeus.

(Nature, 02/03/06)

Potencial admirável

A AF267B aumenta a atividade de certas proteínas que se encontram na membrana das células nervosas. Denominadas receptores M1, a função dessas proteínas é servir de 'cais' onde aporta a acetilcolina, um entre dezenas de hormônios (neurotransmissores) que banham o cérebro e ajudam a transmitir os impulsos nervosos de célula para célula.

A AF267B se liga aos receptores M1, fazendo com que a célula produza uma quantidade maior da enzima alfa-secretase, que, por sua vez, bloqueia a produção da beta-amilóide, proteína que forma as placas. Porém, a amígdala não produz muito dessa enzima, daí, suspeita-se, a pouca influência da droga nessa região, o que levou a resultados iguais nos dois grupos de animais no teste da câmara escura. Também foi sugerido que a nova droga reduza a atividade de outra enzima, a GSK3beta, o que teria como conseqüência evitar que as proteínas tau se aglomerem em novelos.

Os pesquisadores, liderados por Frank LaFerla, da Universidade da Califórnia (Estados Unidos), também testaram a ação da droga diciclomina, que bloqueia a função dos receptores M1. Observaram que tanto os animais normais quanto os alterados geneticamente passaram a demonstrar problemas de aprendizado e memória, sendo que exames mostraram aumento de placa e enovelamentos. Segundo eles, isso mostra o papel central que esses receptores desempenham no surgimento da doença.

Os autores dizem que a AF267B apresentou um potencial admirável para restaurar as funções cognitivas em certas tarefas. Mas, como convém nesse tipo de experimento, eles fazem um alerta para não levantar falsas esperanças: testes com humanos serão necessários para verificar se substâncias como a AF267B terão os mesmos efeitos que tiveram nos roedores geneticamente alterados.

Neuron, 02/02/06

SINTONIA FINA

O aspecto era de uma passeata comum, com cerca de mil pessoas marchando unidas e empunhando cartazes. Porém, as palavras de ordem eram do tipo 'Teste em animais salvam vidas', 'Apóiem a pesquisa com animais'. Alvo perfeito para os defensores do em voga 'politicamente correto', se não fosse a seriedade dos participantes, muitos deles pesquisadores de renome



da prestigiosa Universidade de Oxford (Inglaterra). A idéia, por sinal, não era de nenhum inimigo dos direitos dos animais, mas sim de uma adolescente de 16 anos, Laurie Pycroft, que se define como 'blogueira' e fã da ciência. Ela decidiu montar em Oxford, onde a marcha ocorreu no último 25 de fevereiro, o grupo Pro-test (um jogo de palavras com 'Pró-Teste' e 'Proteste'), depois que viu a passeata dos defensores dos direitos dos animais contra a iniciativa de a universidade local montar um laboratório de ciências biológicas orçado em US\$ 34 milhões (cerca de R\$ 75 milhões). Depois da marcha, Laurie diz ter recebido várias ameaças de morte pela internet, supostamente de ativistas do movimento pelo direito dos animais. Os ativistas próanimais (que usam táticas de guerrilha contra seus opositores, como sabotagem, vandalismo, bombas, incêndios, telefonemas e cartas ameaçadoras etc.) já haviam conseguido impedir a construção, dois anos atrás, de um laboratório na Universidade de Cambridge, também na Inglaterra. Um dos maiores grupos se autodenomina ALF (sigla, em inglês, para Frente de Libertação dos Animais). No mesmo dia, a quarteirões dali, eles marcharam. A polícia manteve os grupos estrategicamente separados. A ALF mantém uma revista na internet: www.directaction.info/.



CASTOR JURÁSSICO • Fósseis de um castor pré-histórico indicam que os mamíferos conquistaram a água cerca de 100 milhões de anos antes do que se imaginava. Além dessa contribuição importante para o entendimento da evolução da vida na Terra, o Castorocauda lutrasimilis, com seus 165 milhões de anos e achado na China, já abocanhou o título de maior mamífero peludo do período Jurássico e o primeiro a dominar a técnica da natação dezenas de milhões de anos antes das baleias e dos golfinhos. O animal, com cerca de 0,5 m de comprimento, tinha cauda larga e chata (como a de um castor), membros nadadores (lembrando os da lontra e provavelmente dotados de membranas), bem como pêlos e dentes de foca. Com tudo isso, mais do que merecidamente a tradução de seu nome de batismo, em latim, é algo como 'cauda de castor, semelhança com a lontra'. Pesava cerca de 0,5 kg e morava em tocas, alimentando-se de pequenos peixes e invertebrados. O C. lutrasimilis mostra que os mamíferos, mesmo durante o período de domínio dos dinossauros, que só terminou há cerca de 65 milhões de anos, já começavam a se especializar e ocupar novos nichos. (Science, 24/02/06)

CMCE

EM FOCO

'LAGOSTA' PELUDA • A vestimenta de indubitável elegância lembra uma fantasia de carnaval ou um ornamento de carro alegórico. Mas o exemplar foi achado bem longe das terras brasileiras. Estava escondido a 2,3 km abaixo da superfície do mar, a cerca de 1,5 mil km ao sul da ilha de Páscoa (Chile). Que é um crustáceo, os descobridores não duvidam. Mas... lagosta ou caranguejo? Não se sabe. Por enquanto, a criatura atende por 'lagosta peluda'. O exotismo da Kiwa hirsuta levou à criação de uma nova família, o que é raro no reino animal (por sinal, hirsútus, do latim, significa pêlos ou cabelos eriçados). A nova família foi denominada Kiwaida, de Kiwa, nome da deusa dos crustáceos, segundo a mitologia da Polinésia.

O animal, com cerca de 15 cm de comprimento, é branco e cego (tem só vestígios de membrana em vez de olhos). O manto exuberante de pêlos nas pinças contém bactérias filamentosas. Há duas hipóteses para a função desses microrganismos:



a) ajudariam a desintoxicar o ambiente de elementos tóxicos exalados pelas fossas hidrotermais, onde vive o novo crustáceo; b) serviriam de alimento para ele. Segundo um dos descobridores, Michel Segonzac, do Instituto Francês de Pesquisa para a Exploração do Mar (Ifremer), o animal foi flagrado lutando com dois caranguejos por restos de um camarão, o que levanta a suspeita de ele ser carnívoro. A expedição que levou à descoberta foi organizada por Robert Vrijenhoek, do Instituto de Pesquisas do Aquário da Baía de Monterey, na Califórnia (Estados Unidos). A imagem foi cedida com exclusividade para a *Ciência Hoje* pelo Ifremer.

IFREMER / A. FIFIS

COMPORTAMENTO ANIMAL

DANDO E PEDINDO UMA MÃOZINHA

Altruísmo é definido como a ajuda que se dá ao semelhante sem esperar nada em troca. Humanos o praticam, mas parece que chimpanzés não. Porém, surgem evidências em dois artigos de que nossos parentes mais próximos dão, sim, uma mãozinha a humanos necessitados. E podem também trabalhar em grupo entre eles, caso os dois lados acabem ganhando.

No primeiro dos artigos, os pesquisadores, liderados por Michael Tomasello, do Instituto Max Planck de Antropologia Evolucionária (Alemanha), fizeram com que o tratador dos chimpanzés (*Pan troglodytes*) deixasse cair uma caneta quando o animal estudado estava olhando. Isso foi feito com três chimpanzés jovens cujas idades variavam de três a cinco anos. Todos eles apanharam o objeto e o devolveram ao tratador. Segundo os autores, os animais souberam compreender o objetivo do tratador e foram motivados por razões altruísticas.

No entanto, bebês com cerca de 1,5 ano pareceram perceber que o auxílio era necessário em situações mais complicadas (ajudar a abrir a porta de um armário para pôr revistas dentro ou apontar a existência de uma trava da tampa que ajudaria um adulto a vasculhar objetos dentro de uma caixa). Os pequenos humanos se saíram duas vezes melhor que os primatas. Esses resultados também surpreenderam, pois se acreditava que esse tipo de comportamento só surgisse por volta dos três anos de idade entre humanos.

Um segundo artigo, na mesma edição, assinado por Alicia Melis, colega de Tomasello, mostrou que os chimpanzés, quando o assunto é comida, sabem cooperar para dividir a guloseima. No experimento, foi montada uma plataforma que entregava a comida ao animal apenas depois que este puxasse simultaneamente duas cordas. No entanto, os pesquisadores acabavam separando-as, de modo

que um só chimpanzé não poderia puxá-las sozinho. Nessa situação, o animal não se dava por vencido: ia até uma jaula vizinha e abria a tranca para deixar entrar um companheiro que o ajudasse a puxar a segunda corda. O que causou surpresa foi o fato de o animal sempre abrir a jaula do companheiro que havia se mostrado até então mais competente na tarefa.

A conclusão dos pesquisadores é que os chimpanzés são capazes de resolver problemas complicados que envolvem cooperação, mas, nesse caso específico, não se pode falar em altruísmo, pois envolve benefícios para os dois lados. Críticas aos dois experimentos: pode ser que o altruísmo se dê apenas pelo fato de o tratador ser visto como uma figura 'paternal' ou que o animal veja a situação só como um simples jogo.

Science, 02/03/06, pp. 1.297-1300 e pp. 1.301-1.303

SAL, PROTEÍNA E CANIBALISMO

Hoje, sabe-se que a praga de insetos não é mais resultado da ira dos deuses. Porém, se desconhecia a motivação que faz essas nuvens se moverem. Surge agora uma explicação bem convincente, baseada em um teste de campo de inegável criatividade. As causas parecem ser três: sal, proteína e, mais curiosamente, medo de ser devorado pelos 'companheiros' canibais que vêm atrás.

O ecólogo Stephen Simpson, da Universidade de Sídnei (Austrália), verificou que, depois de passada uma nuvem de grilos mórmons (Anabrus simplex) no oeste dos Estados Unidos, parte significativa das plantas comestíveis (do ponto de vista dos insetos) permanecia intacta. Mas o pesquisador percebeu que alimentos com alto teor de proteína, como sementes, flores, bem como fezes de mamíferos, além de trechos do solo em que havia sal devido à urina nele depositada, atiçavam o apetite dos insetos. Porém, o que mais chamou a atenção de Simpson foi ter encontrado muitos restos de grilos devorados.

Para testar suas hipóteses, inclusive a do canibalismo, ele distribuiu no campo bolotas com alto teor de proteína e outras com carboidrato, bem como chumaços de algodão com diferentes concentrações de sal di-



luído em água. A parte 'cruel' (porém, criativa) do experimento foi colar grilos vivos ao chão ou amarrálos ao solo com um fio fino, arrancando-lhes, nesse caso, uma ou ambas as patas saltatórias.

Vinda a nuvem, que chegou a 1 km de extensão, comprovaram-se as três hipóteses: a) as bolotas de proteína foram as preferidas; b) o mesmo valeu para os chumaços mais salgados; c) os grilos presos ao solo foram devorados, assim como aqueles sem as patas. Os amarrados, porém não mutilados, tiveram mais chances, pois, ao que parece, conseguiam pular de um lado para o outro, escapando dos 'companheiros' que queriam transformálos em refeição.

Os resultados de Simpson foram classificados como 'extraordinários' por outros especialistas, pois, a partir de um experimento com poucos indivíduos, foi possível determinar um comportamento coletivo e, até agora, insolúvel.

Proceedings of the National Academy of Sciences, 27/02/06

SINTONIA FINA

Demorou, mas finalmente vai se afirmar aquilo que estava entalado na garganta dos defensores de um mundo ecologicamente mais correto: só os gases do efeito estufa (aquecimento global) explicam as recentes mudanças incomuns do clima e dos ecossistemas. Segundo os especialistas, a lista de anomalias é longa: derretimento dos mantos de gelo e de geleiras nas montanhas, secas, enchentes, acidificação dos oceanos, alteração da migração de animais selvagens etc. O novo relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) deve chegar este mês aos governantes de vários países para análise. No último deles, de 2001, a afirmação era que os gases do efeito estufa (o principal deles é o gás carbônico, CO) são "provavelmente" os culpados. Agora, tudo indica, a acusação será incisiva. Além disso, a versão trará uma nova estimativa para o quanto a temperatura média do planeta deverá aumentar, caso as concentrações dos gases dobrem na atmosfera em relação aos níveis pré-industriais: de 2º a 4,5° celsius (em 2001, essa estimativa era de 1,5° celsius). Espera-se que esses níveis sejam atingidos por volta da metade deste século. É quase certo que os Estados Unidos, a Índia e a China (que formaram um bloco contra o IPCC) se oponham às conclusões do documento. Para os Estados Unidos, é possível que os níveis de CO, cheguem a quadruplicar sem consequências desastrosas para o planeta. Já o Reino Unido prometeu baixar em 20% as emissões até 2010. Muitos acham a promessa difícil de cumprir. Até 2007, quando o relatório será oficialmente publicado, muitas alterações deverão ser feitas nele. Mas o maior desafio, no momento, parece ser engajar os Estados Unidos na luta para baixar as emissões.

ZONAS DE EXTINÇÃO • Depois destes resultados, não adianta lamentar a extinção de espécies animais, principalmente a de mamíferos não aquáticos. Artigo indica, desde já, quais serão as 20 áreas do planeta onde isso poderá ocorrer. Por enquanto, esses locais estão isentos dessa temida classificação. Essas regiões vão da Groenlândia à tundra da Sibéria, passando por ilhas do Caribe e parte do sudeste da Ásia. As espécies analisadas (cerca de 1,5 mil delas) foram classificadas segundo o chamado risco latente de extinção, que é maior para animais de grande massa corporal, longo período de maturação e reprodução e que habitam pequenas áreas, por exemplo. Entre as prováveis vítimas: a rena norte-americana, o boialmiscarado, a raposa voadora de Seichelles, o lêmure marrom de Madagascar. A maioria dos animais com alto risco latente está fora das reservas atuais (cerca de 10% das terras do planeta estão sob proteção). A Nova Guiné é o país com o risco latente mais alto; Japão e Europa, com os mais baixos, em função das poucas espécies que lá sobraram. Os autores enfatizam que a chamada conservação proativa (que pode ser traduzida como 'melhor evitar do que remediar') é mais barata e mais fácil. O que surpreendeu os especialistas foi a não inclusão de áreas de alta biodiversidade, como a Amazônia e a bacia do Congo (África). Uma das justificativas foi a pouca informação disponível sobre esses locais.



CARAMUJO DE BOTAS • Tamanha sua peculiaridade que nem nome tem ainda. Mas bem que mereceria algo como 'caramujo de botinhas magnéticas'. Ele foi descoberto em fossas hidrotermais no fundo do oceano Índico ainda em 2003, mas só agora apareceu em público. Seu 'pés' são revestidos por diminutos ímãs de sulfeto de ferro, tornando-o o primeiro animal conhecido a produzir depósitos do mineral greigita. Outros animais são conhecidos por formar cristais magnéticos, mas geralmente de óxido de ferro (magnetitas), para ajudá-los a se orientar com o campo magnético terrestre. Bactérias produzem sulfeto de ferro, mas como produto final de seu metabolismo. Para os





descobridores da nova espécie, os cristais, nesse caso, não parecem servir para orientação. Foram levantadas duas hipóteses para explicar a presença do mineral: a) excreção de derivados tóxicos do enxofre exalados pelas fossas hidrotermais; b) proteção contra predadores, pois os cristais são duros. (*Earth and Planetary Science Letters*, vol. 242, p. 39, 2006)

FARMACOLOGIA

MÚSICA E ECSTASY

Pesquisadores parecem ter dado uma razão para o fato de a droga ecstasy ser muito consumida por freqüentadores de lugares que tocam música com volume intenso, como clubes noturnos e as populares festas *raves*. A intensidade sonora parece aumentar o efeito da droga no cérebro.

O ecstasy é o nome popular de uma droga descrita cientificamente pelo quase impronunciável 3,4-metilenodioximetanfetamina (ou, simplesmente, MDMA). Ela é responsável por inundar o cérebro com um neurotransmissor (substância química que ajuda a transmitir os impulsos nervosos) denominado serotonina, que causa uma sensação de bem-estar, disposição física e euforia.

Agora, Michelangelo Iannone, do Instituto de Ciências Neurológicas (Itália), e colegas testaram o efeito da música sobre a ação do ecstasy. O estudo foi com 20 ratos, e os pesquisadores empregaram o volume permitido por lei nos clubes noturnos da Itália. Os roedores tinham eletrodos implantados no cérebro para medir sua atividade cerebral. Parte dos animais foi dopada com doses baixas, quase inócuas, e outra com doses muito elevadas (comparativamente, altas até para um ser humano). Metade deles ficou em um ambiente tranqüilo, à prova de som, e a outra metade exposta a ruídos (ruído branco). Um grupo-controle tomou soro fisiológico.

O efeito da música intensa parece ter feito doses inócuas provocarem no cérebro uma atividade semelhante àquela das doses altas em certas células cerebrais. Já as doses altas sob o efeito da música fizeram com que a atividade cerebral dos ratos ficasse alterada por cinco dias. Os resultados, no entanto, não podem ser transportados para humanos, dizem os autores. Trabalhos anteriores já haviam dado indicativos de que o calor e a superlotação também podem alterar o efeito da droga.

Um especialista afirmou acreditar que, se os pesquisadores tivessem usado o ruído de forma pulsada (característica do *techno*, estilo musical mais popular nos clubes e festas), os efeitos da droga sobre a atividade cerebral seriam até mais altos. Outros estudos em animais sugerem que o ecstasy destrói as terminações nervosas e pode aumentar a susceptibilidade para a depressão e alteração do humor. Ou pior: que adolescentes que tomam a droga podem ter aumentados os riscos de sofrer algum transtorno mental quando adultos.

BMC Neuroscience, 16/02/2006

SINTONIA FINA

Até o final de fevereiro deste ano, parte do futuro da indústria farmacêutica estava nas mãos (ou melhor, nas patas) de 57 cabras. No leite desses caprinos, está o primeiro medicamento produzido em escala por animais modificados geneticamente. Mas a Agência Européia de Medicamentos, com base em razões técnicas de avaliação de riscos e benefícios, disse 'não' ao pedido de licença da indústria GTC Biotherapeutics, que testou a droga produzida no leite em 14 pacientes. A AEM não se convenceu. Isso tirou as esperanças de fazer 2006 o ano da droga produzida por animais transgênicos, o que compromete outros experimentos semelhantes com vacas e coelhos. Desde que o primeiro camundongo transgênico produziu uma droga em 1987, cerca de duas décadas se passaram sem que nenhuma delas tenha entrado no mercado. A euforia inicial dos investidores caiu verticalmente, e muitas empresas fecharam desde então. As 57 'voluntárias' (que vivem em uma fazenda cujo endereço é segredo) tiveram introduzidos em seu genoma pedacinhos de DNA alheio para produzir antitrombina (AT), um anticoagulante que, em sua versão humana, só é extraído do plasma sangüíneo. A partir de 18 meses de idade, as cabras passaram a produzir o medicamento no leite, tornando-se biorreatores vivos. Em um ano, segundo a empresa, um único animal pode produzir o equivalente a 90 mil coletas de sangue. O medicamento seria usado em pacientes que só têm uma cópia do gene que produz a AT, o que os deixa vulneráveis a coágulos sangüíneos.

Cássio Leite Vieira

Ciência Hoje/RJ

FONTES: SCIENCE, NATURE, NATURE MEDICINE, NATURE BIOTECHNOLOGY, NATURE GENETICS, NATURE IMMUNOLOGY, NATURE NEUROSCIENCE, NATURE NEWS, NATURE MATERIALS, GENE THERAPY, PHYSICS NEW UPDATE (THE AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS,) PHYSICAL REVIEW FOCUS (AMERICAN PHYSICAL SOCIETY), PHYSICS WEB SUMMARIES (INSTITUTE OF PHYSICS,) PHYSICAL REVIEW LETTERS, SCIENTIFIC AMERICAN, PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, JOURNAL OF THE AMERICAN MEDICAL ASSOCIATION, EUREKALER TEXPRESS, 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, SCIEDEV, NET.

Mais uma guerra para os Estados Unidos



Franklin Rumjanek

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

obesidade nos Estados Unidos acusa índices alarmantes. De acordo com várias fontes, existe uma cifra para a qual convergem os diferentes valores: dois terços da população estão acima do peso recomendado, sendo que um terço dos norte-americanos pode ser considerado obeso. Uma pessoa está acima do peso quando o índice de massa corporal (IMC) for superior a 25 kg/m² e é considerada obesa quando o IMC estiver acima de 30 kg/m². Essa medida é obtida dividindo-se o peso em quilos pelo quadrado da altura medida em metros.

Os obesos já são nos Estados Unidos cerca de 98 milhões, número que supera a população de muitos países. Se considerarmos que, segundo a Organização Mundial da Saúde, existem 300 milhões de obesos em todo o mundo, a fração que cabe aos

norte-americanos os coloca decididamente entre os primeiros da lista. Há exceções, naturalmente. Por exemplo, na população urbana de Samoa, 75% das pessoas são obesas. Da mesma forma, o aumento do número de obesos em uma população pode ocorrer mais rapidamente em países em desenvolvimento.

A causa da obesidade endêmica já suscitou diversos projetos de pesquisa, que atribuem ao problema uma grande gama de fatores. A constituição genética de um indivíduo responsável pelo seu metabolismo pode determinar sua susceptibilidade para ganhar peso. Há também uma sugestão recente de que a obesidade poderia ter origem viral. Os últimos dados ainda requerem confirmação, mas, admitindo-se que a hipótese infecciosa esteja correta, seria preciso explicar como os vírus contribuiriam para o aumento da massa corporal dos indivíduos infectados, e por que essa infecção aparentemente se restringe aos países mais industrializados do planeta.

Seja qual for sua causa, a obesidade propriamente dita resulta do consumo exagerado de alimentos com pouco valor nutritivo, mas com grande valor calórico (com altos níveis de carboidratos e gordura). Tal dieta, associada à falta de atividade física, inevitavelmente leva ao excesso de peso. A obesidade é assim uma condição complexa que afeta várias idades e grupos socioeconômicos. Mas é preciso considerar que, independentemente dos agentes que a causam, a condição *sine qua non* para que ela se estabeleça é o acesso da população ao alimento. E, sobretudo nos Estados Unidos, a comida está presente em excesso. Assim, entre o

Entre o obeso e o alimento deve haver uma relação de amor e ódio: por um lado, a comida é vital e traz prazer. Por outro, causa infelicidade e o alija da sociedade

> obeso e o alimento deve haver uma relação de amor e ódio: por um lado, a comida é vital e traz prazer. Por outro, causa infelicidade e o alija da sociedade.

> Seria possível perceber algum reflexo cultural desses sentimentos conflitantes? Talvez sim. Chama a atenção o fato de que com frequência na produção cultural norte-americana, sobretudo em filmes e na TV, há cenas em que alimentos são usados como munição em batalhas, ou lançados de edifícios, dentro de um contexto que pretende ser cômico e que nada tem a ver com a alimentação. Esse dispositivo ficou tão popular que parece ter se consolidado como um subgênero da comédia. Dada a sua frequência, tais momentos provavelmente revelam a ambigüidade de sentimentos aludida acima. Apesar do mau gosto e da impropriedade dessas cenas frente à subnutrição global, em seu conjunto essas são manifestações públicas que atestam claramente uma postura de desprezo e, sobretudo, de temor para com o alimento. Para vencer essa guerra, no entanto, de pouco valerá o poderio militar daquela grande nação.

POLÍTICA ENERGÉTICA

O potencial hidrelétrico vem sendo utilizado, historicamente, como fonte prioritária de energia elétrica no Brasil, por ser considerado uma alternativa limpa, renovável e barata. Hoje, no entanto, a decisão sobre a construção de uma usina hidrelétrica precisa estar fundamentada em uma estratégia energética sustentável. Nesse cenário, o governo tenta viabilizar o complexo hidrelétrico de Belo Monte, a ser implantado no rio Xingu. Segundo a empresa Centrais Elétricas do Norte do Brasil (Eletronorte), concessionária das Centrais Elétricas Brasileiras (Eletrobrás) para a Amazônia, o complexo terá capacidade total de geração de 11.181,30 megawatts (MW) e alagará uma área de apenas 440 km². Estudo recente apontou divergências quanto ao total de 'energia firme' (produção mínima garantida) que Belo Monte gerará, e uma análise do tipo custo-benefício, levando em conta essa divergência, permite levantar dúvidas quanto à viabilidade do empreendimento.

Neidja Cristine Silvestre Leitão e Wilson Cabral Sousa Júnior Instituto Tecnológico de Aeronáutica (SP) Figura 1. A 'Volta Grande' do rio Xingu apresenta pontos adequados para a construção de hidrelétricas porque há quedas d'água naturais - as áreas afetadas pelos novos reservatórios seriam os sítios Belo Monte, Bela Vista e Pimental, e a área indígena Paquiçamba não seria mais inundada Vitória do Xingu Altamira Área dos canais Sítio Pimental

Energia e polêmica na Amazônia

Belo Monte

Sítio Belo Monte

Sítio Bela Vista

Área Indígena Paquicamba no Pará, geram polêmica desde 1980, quando a Eletronorte divulgou o relatório 'Estudos Xingu', com um levantamento sobre as possibilidades de geração de energia naquele rio. Esse relatório defendia a construção no Xingu de um conjunto de aproveitamentos hidrelétricos, composto por cinco usinas, em diferentes pontos do rio: Jarina, que geraria 559 megawatts de energia (MW), Kokraimoro (1.940 MW), Ipixuna (2.312 MW), Babaquara (6.274 MW) e Kararaô (8.381 MW). No total, seriam 19.466 MW. Em uma versão posterior do projeto, a Eletrobrás elevou a potência instalada de Kararaô (que depois passaria a se chamar Belo Monte) para 11.181,30 MW.

Os projetos de aproveitamento do potencial hidrelétrico do rio Xingu,

O avanço dos estudos e a forte oposição de entidades ambientalistas, acadêmicos e populações locais fizeram a Eletronorte alterar a proposta original. Segundo a empresa, a melhor opção – levando em conta a conexão com o Sistema Interligado Nacional (a rede nacional de geração e transmissão de energia elétrica) – seria a construção do complexo hidrelétrico de Belo Monte, 50 km a leste da cidade de Altamira (PA) (figura 1). Em 2002, foi anunciada a mais recente versão dos estudos de viabilidade desse complexo. Essa versão previu uma grande redução no reservatório a ser formado pela barragem da usina, dos 1.225 km² do projeto inicial para 440 km², graças à mudança de concepção da barragem – dois pontos principais de barramento e uso de dois canais naturais para desvio de fluxo (figura 2). Além disso, a Eletronorte afirma que a energia firme (isto é, a produção de energia que pode ser mantida continuamente) será de 4.714 MW, com uma potência instalada (produção máxima possível) de 11.181,30 MW.

No estudo de viabilidade apresentado pela Eletronorte, as justificativas para a construção de Belo Monte relacionam o aumento do consumo de energia elétrica, a possibilidade de conexão dessa usina com o Sistema Interligado Nacional e a baixa densidade demográfica nas áreas a serem inundadas, o que reduziria significativamente os impactos do projeto. Segundo a empresa, tais fatores, aliados a um custo de geração – sem considerar as linhas de transmissão - de US\$ 12,40 por megawatt-hora (MWh, ou seja, geração de 1 MW mantida ao longo de uma hora) tornam o projeto atrativo. Nove municípios paraenses seriam influenciados diretamente com a implantação do complexo: Porto de Moz, Pacajá, Anapu, Senador José Porfírio, Vitória do Xingu, Altamira, Brasil Novo, Uruará e Medicilândia.

A Volta Grande do Xingu

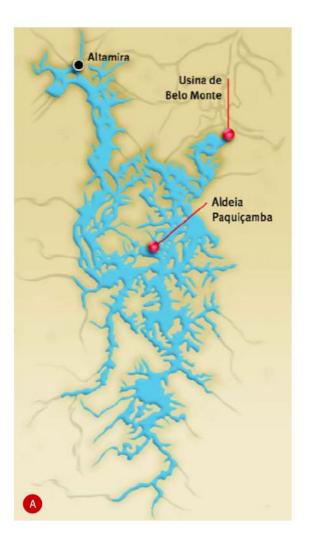
Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), cerca de 40% do potencial hidrelétrico brasileiro estimado situa-se na bacia do rio Amazonas, e estima-se que 14% do potencial amazônico esteja no rio Xingu. A construção do complexo de Belo Monte está prevista para a acentuada sinuosidade do rio Xingu, conhecida por 'Volta Grande', que forma a maior parte do contorno do município de Vitória do Xingu (PA). A crença de que esse empreendimento será apenas o primeiro pas-

Figura 2. Na primeira versão do projeto da usina hidrelétrica de Belo Monte, no rio Xingu (A), a área alagada prevista era de 1.225 km². A versão atual (B) prevê uma redução dessa área para 440 km²

so para a exploração continuada do rio Xingu e, em conseqüência, da Amazônia gera vários questionamentos quanto à sua sustentabilidade.

A navegação, seja para o transporte de passageiros ou para o escoamento da produção extrativista, é hoje essencial à população que vive em áreas próximas ao rio Xingu. A Eletronorte informa, nos estudos sobre Belo Monte, que o transporte fluvial de Altamira (principal cidade da região em que será construída a usina) para as comunidades ribeirinhas a jusante será interrompido, mas não aponta qualquer alternativa para contornar essa situação. O projeto recebe críticas de especialistas de diferentes áreas (ver 'A polêmica das hidrelétricas do rio Xingu', nesta edição).

De acordo com o engenheiro ambiental Arnaldo Müller, da Pontifícia Universidade Católica do Paraná e da organização não-governamental Instituto de Desenvolvimento Sustentável, a formação de um reservatório implica elevação do nível das águas, o que pode induzir alterações no processo natural de acumulação e descarga de aqüíferos. Tais alterações têm reflexos ecológicos e econômi-



cos, já que modificam a ocupação do solo nas áreas em que ocorrem. No caso de Belo Monte, a situação é mais crítica nas proximidades de Altamira, onde o enchimento do reservatório cobriria a ilha Arapujá, diante da cidade, e provocaria inundações em áreas ocupadas próximas aos igarapés Ambé, Panelas e Altamira. A elevação do nível freático no entorno do reservatório pode promover novas nascentes e aumentar antigos lagos próximos a este. A inundação permanente dos igarapés Altamira e Ambé, reconhecida pela Eletronorte em seus relatórios, exigirá a remoção de famílias que obtêm parte de seu sustento do uso de jazidas locais de argila para a fabricação de elementos cerâmicos.

O conhecimento prévio das várias condicionantes ambientais que compõem o projeto pode evitar, por exemplo, situações de elevações críticas do lençol freático, que ocasionam problemas de saturação, hidromorfização e contaminação de aqüíferos. Tais problemas podem dificultar ou inviabilizar a permanência da população, levando a reassentamentos.



Simulação energética

A oferta nacional de energia hidrelétrica (a produção conjunta de todas as usinas) é calculada considerando-se todo o parque elétrico brasileiro como se fosse um imenso reservatório, que recebe, armazena e descarrega água e gera energia. Para repartir essa oferta total entre as usinas do país (isoladas ou 'em cascata' no mesmo rio), o setor elétrico utiliza, como método oficial, o modelo Newave, que determina as metas de geração das usinas, de modo a atender à demanda a um custo mínimo de operação agregada. A repartição (ou 'rateio') da oferta total exige a adoção de 'regras de operação' (que definem quanta energia cada usina do sistema nacional deve gerar em um dado período) e 'regras de reservatórios' (que definem quanta água cada um deles vai reter ou liberar, para otimizar a produção das usinas de um mesmo rio). Esse rateio é feito proporcionalmente à 'energia firme' de cada usina, calculada com base em dados históricos sobre a vazão mínima registrada no rio onde será instalada e na estimativa da capacidade do reservatório formado pela barragem (que permite, até certo ponto, regularizar o fluxo de água nas turbinas). Já para o cálculo de energia firme de usinas em uma mesma bacia hidrográfica o setor elétrico utiliza o modelo MSUI (Modelo de Simulação de Usinas Individualizadas).

Segundo o engenheiro elétrico Marcelo Cicogna, da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), esse método de distribuição da geração pelas diferentes usinas em um mesmo rio está fundamentado em uma regra simples de enchimento e deplecionamento (redução do volume de água) dos reservatórios. Essa regra parte da hipótese de que todos os reservatórios em cascata no rio estejam ocupados por percentuais iguais de volume de água ao mesmo tempo. Devido a esse sincronismo, ela é chamada de 'regra paralela'. Ainda segundo Cicogna, o sincronismo dos reservatórios (enchimento ou deplecionamento) é a principal limitação da regra utilizada pelo MSUI, uma vez que impõe o deplecionamento simultâneo de todas as usinas do sistema.

Um modelo de simulação mais versátil, denominado Hydrosim LP, foi desenvolvido por um grupo de pesquisadores liderado pelo engenheiro Secundino Soares Filho na Unicamp. Esse novo simulador baseia a regra operativa em um modelo mais próximo da realidade de operação dos reservatórios, uma vez que não exige o deplecionamento simultâneo – "paralelo" – na definição do período crítico. Os resultados devem ser, em princípio, próximos daqueles obtidos através do MSUI, mas

com certeza não serão idênticos, dada a diferença entre as regras de operação.

Em sua tese de doutorado, em 2003, Cicogna apresentou duas simulações feitas no Hydrosim para a usina hidrelétrica de Belo Monte. Nessas simulações, ele utilizou a regra conhecida, no Hydrosim, como 'regra paralelo puro', que também prevê enchimento e deplecionamento sincronizados para os reservatórios, como no MSUI. A simulação feita para o conjunto de usinas projetadas inicialmente para o rio Xingu (Jarina, Kokraimoro, Ipixuna, Babaguara, Kararaô) apontou que a meta de cerca de 11 mil MW de energia firme seria atingida - isso porque a construção de usinas em cascata, no mesmo rio, pode levar a um aumento da geração média daquelas situadas a jusante, na sequência, já que a vazão do rio torna-se mais regular. Entretanto, para a construção isolada de Belo Monte, o resultado foi um valor de energia firme de apenas 1.172 MW, muito inferior à previsão oficial (de 4.714 MW).

Como explicar essa diferença de valores? A resposta certamente está na grande variação das vazões naturais do rio, aliadas à falta da regularização que seria promovida por reservatórios anteriores a Belo Monte (a montante). Assim, para gerar mais do que 1.172 MW de energia firme, esse complexo dependeria da implantação de novos empreendimentos hidrelétricos naquele rio.

Valoração ambiental

A análise do sistema energético brasileiro é feita com o auxílio de modelos que colaboram na tomada de decisão. Um desses modelos é a 'análise custo-benefício', aplicada ao caso de Belo Monte pela engenheira Neidja Leitão (co-autora deste artigo), em sua tese de mestrado, em 2005. Essa análise teve como objetivo avaliar os custos e benefícios, em bases monetárias, dos impactos ocasionados pela construção da usina em questão. Como ferramenta para essa avaliação foi utilizado o 'valor presente líquido', que representa o ganho líquido (receitas menos despesas, em valores de hoje) previsto para um projeto durante determinado tempo (para isso, rendimentos e custos futuros são 'acertados' para valores atuais através da aplicação de uma taxa de desconto). O 'valor presente líquido' pode indicar se um empreendimento é viável (quando seu resultado é maior que zero), se o investimento naquele projeto é indiferente (quando o valor obtido é igual a zero) ou, finalmente, se é um projeto inviável (valor menor que zero).

Embora haja algumas restrições a essa metodologia, optou-se por realizar o cálculo desse modo, tendo em vista a sua utilização pelos empreendedores do setor elétrico e a comparação de resultados obtidos para diferentes cenários. Ressalte-se, porém, que as taxas de desconto utilizadas para análises desse tipo supervalorizam o tempo presente em detrimento do futuro. Em última análise, supervalorizam a liquidação imediata dos recursos naturais, ao invés de sua preservação.

Foram montados dois cenários para a avaliação do valor presente líquido do projeto, o primeiro com a energia firme anunciada pelo empreendedor (4.714 MW) e o segundo com aquela obtida pelo Hydrosim (1.172 MW). No desenvolvimento da análise, o prazo de vida útil adotado foi de 50 anos e a taxa de desconto de 12% ao ano, como informado pela Eletronorte em seus relatórios de viabilidade. Para ambas as situações avaliadas, os custos considerados foram os de construção, operação e manutenção. A esse custo, evidentemente,

foram somados os investimentos referentes à implantação das linhas de transmissão (que, embora constem do relatório de viabilidade, não foram considerados para a definição do valor de US\$ 12,40 por MW divulgado como atrativo) (figura 3).

| CUSTOS DO COMPLEXO HIDRELÉTRICO DE BELO MONTE | | |
|---|----------|--------------|
| COMPLEXO BELO MONTE | VALOR | UNIDADE |
| Estrutura | 4.037,90 | Milhões US\$ |
| Operação e manutenção | 291,20 | Milhões US\$ |
| Custo total | 4.329,10 | Milhões US\$ |
| Custos de geração | 12,40 | US\$/MWh |
| LINHAS DE TRANSMISSÃO | VALOR | UNIDADE |
| Estrutura | 1.767,10 | Milhões US\$ |
| Operação e manutenção | 158,42 | Milhões US\$ |
| Perdas nas linhas | 55,27 | Milhões US\$ |
| Juros de construção | 212,05 | Milhões US\$ |
| Custo total | 2.192,84 | Milhões US\$ |
| Custo de transmissão | 8,14 | US\$ / MWh |

Fonte: Eletronorte, Relatório de Viabilidade, 2002.

Figura 3. Alguns custos indiretos ambientais e sociais (externalidades) associados ao complexo de Belo Monte, quantificados, no total, em US\$ 290 milhões

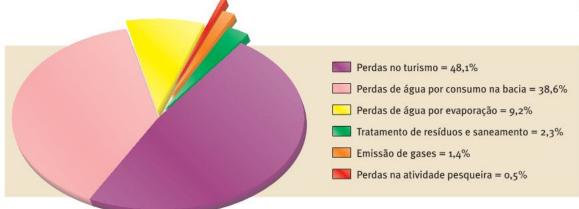


Figura 4. Custos decorrentes de fatores externos

Além do custo total da obra em si estimado pelo empreendedor, de cerca de US\$ 6,52 bilhões, o estudo também considerou custos econômicos (ambientais e sociais) que não constam do orçamento padrão, mas são importantes na caracterização do projeto, pois resultam em situações de perda coletiva. Entre esses custos podem ser citadas as perdas na qualidade da água, na ictiofauna migratória e aquelas que afetarão a população humana que vive na região. Tais fatores são conhecidos como 'externalidades'. Os custos decorrentes das externalidades foram estimados em US\$ 290 milhões (figura 4), e incluíram a queda na atividade pesqueira (pela perda de espécies migratórias) e nas atividades turísticas, as perdas de água por consumo na bacia e por evaporação no reservatório, a emissão de gases de efeito estufa e as despesas para o tratamento de resíduos e efluentes sanitários.

Quanto aos benefícios, não se pode negar que empreendimentos desse tipo geram progresso econômico: novos postos de trabalho, durante e após a fase de construção, planos de educação, saúde e transporte, além da produção de energia, a qual complementará a matriz energética de outros centros consumidores. Tais benefícios, porém, também provocam custos, em função dos efeitos do uso intensivo de energia - um exemplo está no aumento, nas regiões que receberão mais energia, de oferta e consumo de bens e serviços. Esse aumento gera, por exemplo, poluição das águas, do ar, do solo, assim como o desmatamento de áreas verdes e o consumo de recursos naturais e matéria-prima. Assim, em nosso estudo, os benefícios foram representados apenas pela energia firme produzida. O cálculo desses benefícios baseou-se no valor normativo, que corresponde ao custo de referência para compra de energia pelas empresas distribuidoras e à referência para a definição do custo a ser repassado às tarifas cobradas dos consumidores.

No primeiro cenário, com a estimativa de 4.714 MW para a energia firme, o benefício anual resultante atingiu US\$ 1,5 bilhão. Já para 1.172 MW de

energia firme, esse benefício chegou a US\$ 375 milhões por ano. Finalmente, a projeção desses dados para o prazo de 50 anos resultou em um valor presente líquido positivo de US\$ 2,63 bilhões para o primeiro cenário e em um valor presente líquido negativo de US\$ 3,39 bilhões para o segundo cenário.

Divergência e viabilidade

A divergência é clara entre os dois cenários. Quando a análise utiliza o valor de energia firme divulgado pelo empreendedor, o resultado é a viabilidade do projeto, mas isso não ocorre quando é utilizado o valor para a geração mínima constante obtido pela simulação com o modelo Hydrosim LP. Cabe dizer ainda que, nessa avaliação econômica, não foram consideradas muitas externalidades, sem falar em custos indiretos e em outros valores de difícil quantificação – o que resultou em valores subestimados, em termos de custos socioambientais.

É bem verdade que a carga de informações de natureza puramente ambientalista lançadas sobre a população gera muitas vezes um sentimento de oposição às obras de grande porte. No caso do setor energético, porém, não se pode negar que a energia é uma necessidade fundamental da sociedade moderna. Portanto, sabendo que todo empreendimento nesse setor vai gerar impactos ambientais e sociais, em maior ou menor grau, é preciso encontrar formas de reduzir ao máximo tais impactos. Torna-se, assim, evidente a necessidade de levantamentos e estudos mais acurados sobre os diversos aspectos abordados neste texto, pois um problema ainda maior passa a existir quando os estudos são restritos ou apresentam informações desencontradas, promovendo desgastes na opinião geral sobre o projeto.

SUGESTÕES PARA LEITURA

CICOGNA, A.M. Sistema de suporte a decisão para o planejamento e a programação da operação de sistemas de energia elétrica (tese de doutorado). Campinas, Unicamp, 2003. Disponível em http://libdigi. unicamp.br/ document/?code =vtlsooo336854. ELETRONORTE.

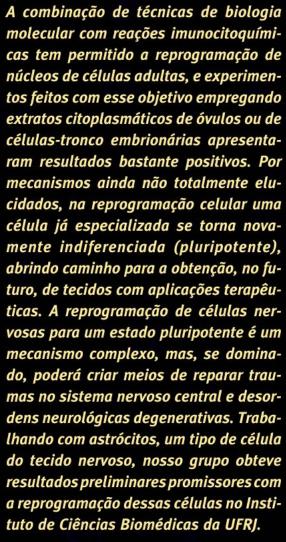
Complexo
Hidrelétrico
de Belo Monte:
Relatório de
Viabilidade
(Relatório Final,
Tomos I e II).
Brasília, 2002.
Disponível
em http://www.
belomonte.gov.br/
menu.html.
LEITÃO. N.C.S.

Avaliação
sócio-ecônomica
e ambiental
do Complexo
Hidrelétrico
de Belo Monte
(tese de mestrado).
São José dos
Campos, ITA, 2005.
Disponível em
http://www.
bd.bibl.ita.br/
MOTTA, S.R. Manual
para valoração

de recursos ambientais. Brasília, MMA, 1998. MÜLLER, A.C. Hidrelétricas, meio ambiente e desenvolvimento. São Paulo. Makron

Books, 1996.

econômica

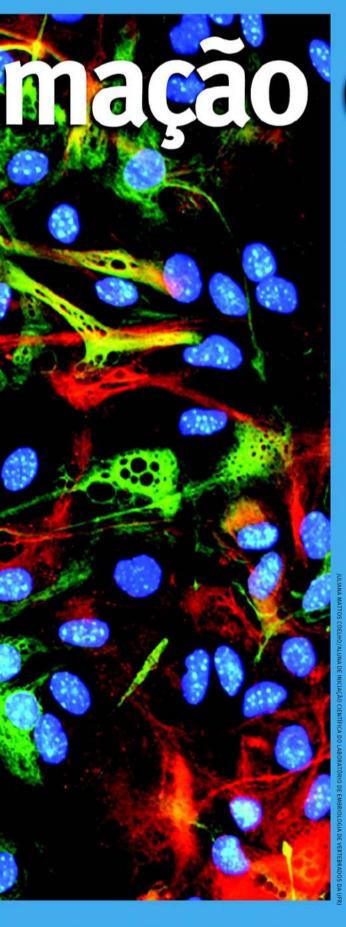


José Garcia Abreu

Departamento de Anatomia, Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Karla Loureiro Almeida

Programa de Pós-graduação em Ciências Morfológicas, Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade Federal do Rio de Janeiro



celular

Novas alternativas para terapia com células-tronco

Quando os cientistas norte-americanos Robert Briggs (1911-1983) e Thomas King (1921-2000) realizaram o clássico experimento de transferência nuclear em 1951, eles não imaginavam que iriam revolucionar a manipulação de estruturas celulares e abrir caminho para a clonagem animal. Tal experimento consistiu no transplante de núcleos de células de embriões jovens de rās no estágio de blástula (fase inicial do desenvolvimento embrionário) (figura 1) para dentro de ovos recém-fecundados e enucleados de rãs, levantando a possibilidade de manipulações funcionais e de análises de alterações no genoma. Antes disso, manipulações de núcleos só haviam sido realizadas com sucesso em amebas, seres rudimentares constituídos de uma só célula.

Ao lado, análise microscópica fluorescente de células obtidas do cérebro de camundongo mantidas em cultivo.

A fotografia mostra uma tripla marcação para nestina (vermelho), GFAP (verde) e núcleo celular (azul).

Nestina é um marcador de células pluripotentes e GFAP é um marcador de astrócitos, um tipo celular do sistema nervoso. Células amarelas são duplamente marcadas com verde (GFAP) e vermelho (nestina), sugerindo uma transição do estado pluripotente para o estado diferenciado.

Essas células são usadas em experimentos de reprogramação com extratos de citoplasma obtidos de óvulos de anfíbios



Figura 1. Comparação entre ovócitos e embriões no estágio de blástula da mulher e do anfíbio Xenopus laevis. A mulher disponibiliza um ovócito por período de aproximadamente 28 dias na tuba uterina (A), enquanto a fêmea de X. laevis é capaz de liberar na água cerca de 5 mil ovócitos (B). O ovócito feminino é microscópico, cerca de 10 vezes menor que o do anfíbio, que tem 1 mm. Se fecundado, o ovócito feminino formará um embrião na blástula (C), cinco dias após a fecundação, enquanto a blástula de anfíbio (D) é alcancada em seis horas. O embrião humano na blástula é também microscópico; já o de anfíbio possui cerca de 1,3 mm, podendo ser visualizado a olho nu

Os experimentos iniciais de transplante de núcleos foram de grande importância para a clonagem e revelaram uma característica intrínseca do citoplasma das células embrionárias: sua capacidade de reprogramar o genoma de células adultas do organismo, tornando pluripotente uma célula diferenciada, ou seja, fazendo com que uma célula já especializada em determinada função seja capaz de gerar diferentes tipos celulares, com funções variadas. Uma clara evolução dessa idéia veio com as primeiras demonstrações de clonagem animal em anfíbios, mamíferos e outros vertebrados, indicando que a diferenciação celular é reversível.

A reprogramação nuclear é normalmente confundida com rediferenciação ou transdiferenciação, fenômenos em que células neurais, sangüíneas e de outros tecidos são capazes de se desenvolver em tecidos hospedeiros de natureza diferente, adquirindo características próprias destes últimos. Também tem sido demonstrado que estímulos hormonais ou culturas simultâneas de células diferentes podem promover a diferenciação de células musculares jovens em células de gordura, de células pancreáticas em células do fígado, de células da pele em células musculares jovens e de células de vasos sangüíneos em células musculares cardíacas. Mas qual é então a diferença desses procedimentos para a reprogramação celular? Diferentemente de uma célula diferenciada ou parcialmente diferenciada que se transforma em outro tipo celular, também diferenciado, na reprogramação a célula já especializada, ou seja, já comprometida com determinado destino, volta a ser

indiferenciada. Nesse caso, o ambiente e as condições de manutenção da célula são essenciais para influenciar seu novo destino.

A reprogramação de núcleos de células adultas tem sido detectada a partir da combinação de técnicas de biologia molecular com reações imunocitoquímicas (que permitem identificar determinadas moléculas pelo uso de anticorpos específicos). Assim, percebe-se que as células perdem seus marcadores de diferenciação (moléculas que caracterizam o estado diferenciado das células, estando presentes, portanto, só em células especializadas) e passam a produzir substâncias como a fosfatase alcalina (específica de células germinativas) e Oct4, Nanog e Rex1 (proteínas capazes de se ligar a porções do DNA, controlando a ativação de genes responsáveis pela manutenção do estado de pluripotência). A proteína Oct4 é a substância produzida em maior quantidade, provavelmente por ser uma molécula-chave na regulação da pluripotência das células nos estágios iniciais do desenvolvimento e em células-tronco embrionárias (figura 2).

Os protocolos experimentais que utilizam extratos citoplasmáticos de óvulos ou de células embrionárias têm excelente capacidade de reprogramação nuclear. Recentemente, pesquisadores alemães desenvolveram um sistema simples, no qual células do rim humano foram mantidas em uma solução de enzimas e compostos energéticos, juntamente com extrato do citoplasma de óvulos de anfíbios. Cabe lembrar que essas células precisam ser tratadas com uma substância química que age nas membranas celulares, permitindo a entrada do ex-

trato em seu interior. As células renais exibiam na superfície um marcador de seu estado diferenciado, o receptor do peptídeo natriurético, mas deixaram de expressá-lo ao final do experimento, passando a exibir um marcador de pluripotência. Além disso, adquiriram um formato arredondado, semelhante ao de células-tronco (figura 3).

Os óvulos de anfíbios (particularmente Xenopus laevis) apresentam vantagens sobre os de outras espécies de vertebrados. O óvulo dessa espécie de rã tem um diâmetro de aproximadamente 1,2 milímetro, enquanto o de mamíferos é cerca de 16 vezes menor. Isso ocorre porque o óvulo de X. laevis apresenta grande conteúdo protéico – cerca de 4 mil vezes mais que o de um óvulo de mamífero. Devido ao grande número de óvulos que cada fêmea produz (cerca de 25 mil), X. laevis é uma cobaia bastante apropriada para a identificação de moléculas envolvidas com a reprogramação e seus mecanismos.

Além do extrato de óvulos de X. laevis, outros extratos citoplasmáticos têm se mostrado ativos na reprogramação de células. Cientistas da Universidade de Oslo, na Noruega, demonstraram que células epiteliais de rim humano, quando expostas a extratos de células derivadas da medula óssea humana, sofriam mudanças em seu genoma, adotando o perfil gênico do extrato celular do doador. Curiosamente, para o sucesso dessa reprogramação, foi necessária apenas uma hora de exposição ao

extrato, e esse estado reprogramado durou 12 semanas. Para a obtenção desses resultados, foram empregados extratos de reprogramação provenientes de células do mesmo indivíduo, e esses extratos demonstraram rapidez e eficiência na reprogramação nuclear.

Ainda mais promissores são os resultados obtidos em 2005 pelos pesquisadores norte-americanos Douglas Melton e Kevin Eggan, da Universidade Harvard, nos Estados Unidos, que desenvolveram uma nova técnica para criar células-tronco embrionárias humanas através da fusão de células da pele com células-tronco embrionárias. Isso lhes permitiu obter células pluripotentes sem a necessidade de usar embriões humanos. A fusão faz com que as células adultas sofram reprogramação genética, resultando no desenvolvimento de características de células-tronco embrionárias humanas. Essa descoberta, ainda que encorajadora, já que emprega material homólogo (células humanas reprogramam células humanas), requer considerações cautelosas.

Primeiro, a eficiência do processo de fusão entre células-tronco embrionárias humanas e células da pele é muito baixa e exige o uso de drogas para selecionar híbridos (células com características das duas populações fundidas) viáveis no vasto número de células que não se fundirem. O processo de seleção leva cerca de 10 dias, o que é uma desvantagem, pois implica uma investigação sistemática

que dificulta o acompanhamento dos eventos iniciais da reprogramação nuclear.

Segundo, em decorrência da fusão, a célula resultante apresenta um número quadruplicado de cromossomos (tetraploidia). Assim, pode-se ponderar que os cromossomos provenientes das células-tronco embrionárias ainda estejam exercendo suas atividades na nova célula. Não é pos-



Figura 2. Reprogramação celular.
Células diferenciadas (maduras) de diversos tecidos do organismo, como cérebro, coração, sangue e ossos podem ser reprogramadas para um estado de pluripotência.
O sucesso da reprogramação pode ser avaliado com base na forma arredondada adquirida pelas células (característica de células-tronco embrionárias) e na expressão de proteínas marcadoras do estado de pluripotência, como Oct4, Nanog e Rex1

sível, pois, garantir que o núcleo de uma célula esteja de fato reprogramado. Nesse caso a remoção de cromossomos extras, mantendo o estado de reprogramação alcançado, tornaria tal procedimento uma ferramenta de muito valor, ainda que não fossem conhecidos os mecanismos da reprogramação.

A despeito da tetraploidia assumida pelas células reprogramadas após a fusão, esse estudo aponta as células-tronco embrionárias humanas como fonte de material para estudo dos mecanismos de reprogramação. O emprego de extrato de óvulos de anfíbios resulta em um método de reprogramação celular heteróloga, uma vez que o extrato utilizado e as células a ele submetidas provêm de animais de espécies diferentes. Por outro lado, a fusão de células-tronco embrionárias com células somáticas é um método de reprogramação celular homóloga, pois utiliza células provenientes de indivíduos de mesma espécie. Ambos os métodos, entretanto, são alternativas viáveis para a reprogramação celular com fins terapêuticos. Diante da necessidade de melhor entendimento dos mecanismos celulares que controlam a reprogramação, é importante definir que modelo produz menos problemas: o uso de proteínas de X. laevis em células humanas ou a permanência de cromossomos extras nas células fundidas. De qualquer forma, a combinação desses estudos é promissora para o entendimento do fenômeno da reprogramação em sua totalidade.

A caracterização das moléculas presentes nos extratos de reprogramação e o mecanismo por meio do qual o fenômeno é governado constituem certamente um desafio para estudos futuros. Algumas questões são de interesse particular. Por exemplo, é possível que uma célula reprogramada possa se diferenciar novamente em outro tipo celular? É possível reprogramar uma célula degenerada ou tumoral? O citoplasma de óvulos e as células-tronco embrionárias têm propriedades semelhantes em termos de reprogramação? Quais as substâncias envolvidas no fenômeno? Com relação a esse último item, as proteínas que remodelam a cromatina (filamento longo e fino de DNA que, compactado, constitui o cromossomo) e os reguladores da ativação dos genes têm sido apontados como possíveis candidatos a trazer uma célula diferenciada de volta ao estado de pluripotência.

Reprogramação do tecido neural

O desenvolvimento de protocolos de reprogramação de células do sistema nervoso com extratos citoplasmáticos para fins terapêuticos ainda não foi definitivamente estabelecido, mas trabalhos recentes demonstraram a possibilidade de reprogramar núcleos de neurônios diferenciados do córtex cerebral de ratos jovens em células pluripotentes, por meio da introdução desses núcleos em óvulos enucleados. Não se sabe ainda se qualquer neurônio do sistema nervoso central (SNC) pode ser re-

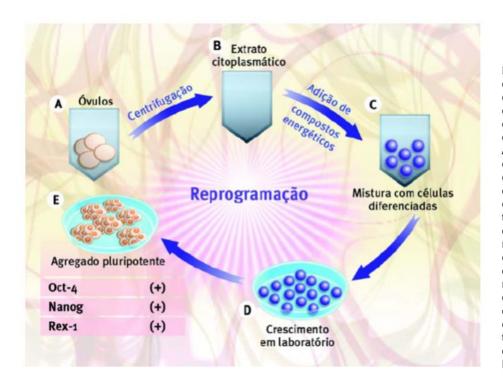
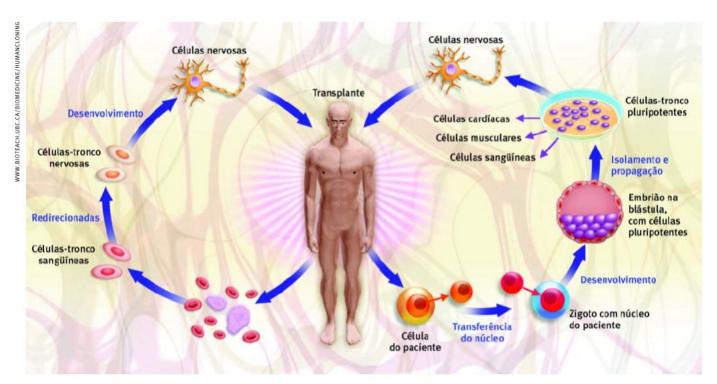


Figura 3. Esquema do procedimento de reprogramação celular com extrato de citoplasma de ovócito de anfíbio. Cerca de 20 ovócitos de Xenopus laevis são macerados em tubo de ensaio e centrifugados (A). Ao extrato obtido (B) adicionam-se enzimas e compostos energéticos, como o ATP. Células diferenciadas do sistema nervoso cultivadas em laboratório são previamente tratadas com um reagente químico que faz pequenos buracos na sua membrana e, em seguida, misturadas com esse extrato por um período de meia hora (C). As células que receberam o extrato são mantidas em solução de cultivo (D) e em cerca de sete dias formam agregados celulares (E). Esses agregados são testados para verificar a expressão dos marcadores de pluripotência Oct4, Nanog e Rex1 (E)



O emprego da reprogramação celular com fins terapêuticos ainda requer aperfeiçoamento, mas as perspectivas são animadoras. Com o avanço desses estudos, em breve será possível obter células pluripotentes do próprio indivíduo, seja por meio de suas células sangüíneas ou de transferência nuclear. Essas células pluripotentes poderão ser induzidas a um estado diferenciado, dando origem a células que poderão ser transplantadas no indivíduo, sem risco de rejeição, já que vieram de suas próprias células

programado ou se isso é possível quando se utilizam neurônios de ratos adultos. Outro tipo celular do sistema nervoso com potencial para reprogramação é a célula da glia, maior população celular do SNC, apontada como fonte de célulastronco em áreas de formação de neurônios.

Sabe-se, entretanto, que a geração de células nervosas ativas é baixa e restrita a regiões limitadas em mamíferos adultos. Dessa forma, a reprogramação de células gliais para um estado pluripotente poderá causar grande impacto no desenvolvimento de estratégias para reparar injúrias no SNC e desordens neurológicas degenerativas.

Nosso grupo de pesquisa obteve resultados preliminares promissores com células nervosas, mostrando que extratos citoplasmáticos de óvulos de X. laevis são capazes de diminuir a expressão de marcadores de diferenciação em astrócitos, um tipo de célula glial. Além de inéditas, as experiências com astrócitos são animadoras, uma vez que poderão evoluir rapidamente no seu aspecto experimental, pois é uma população celular de fácil manutenção em laboratório, mesmo quando oriunda de tecido humano adulto. O objetivo primordial de nosso estudo é estabelecer um procedimento para reprogramar células nervosas com extratos de óvulos de *X. laevis* com o fim de identificar nesse extrato moléculas capazes de ser testadas isoladamente quanto ao seu potencial de reprogramação e posteriormente verificar sua presença em óvulos ou embriões humanos.

Embora o emprego da reprogramação celular como alternativa terapêutica ainda seja incipiente, pela falta de compreensão total dos mecanismos que o regulam e por se tratar de um procedimento de baixa eficiência, a possibilidade de utilizá-lo para esse fim é bastante animadora. Como o transplante nuclear é uma forma confiável de obtenção de células pluripotentes a partir de tecidos de qualquer natureza, a reprogramação nuclear passa a ter um apelo atraente, pois sinaliza para a possibilidade de criação de uma linhagem celular do mesmo tipo da célula doadora do núcleo. Isso descarta a necessidade de imunossupressão (diminuição da resposta imunológica), essencial na maioria dos transplantes ou enxertos não homólogos. Além disso, a reprogramação de funções de células somáticas neurais diferenciadas poderia beneficiar a oferta de células do próprio indivíduo para tratar uma variedade de doenças neurodegenerativas, como Parkinson e Alzheimer, podendo criar uma alternativa para o uso terapêutico das células-tronco.

SUGESTÕES PARA LEITURA

BOROIFVIC, R. 'Células

embrionárias sem uso de embriões?', in Ciência Hoje, v. 37, n. 220, p. 10-11, 2005 CARVALHO, A.C.C. de. 'Células-tronco: a medicina do futuro', in Ciência Hoje, v. 29, n. 172, p. 26-31, 2001. COWAN, C.A.; ATIENZA, J.; MELTON, D.A.; EGGAN, K. 'Nuclear reprogramming of somatic cells after fusion with human embryonic stem cells', in Science, v. 309, p. 1.369-1.373, 2005 HANSIS, C.: BARRETO, G.: MALTRY, N.; NIEHRS. C. 'Nuclear reprogramming of human somatic cells by Xenopus egg extract requires BRG1', in Curr. Biol., v. 14, p. 1.475-1.480, 2004 RODRIGUEZ, M.B. 'Primeiro passo rumo à Dolly'. in Ciência Hoje v. 31, n. 185,

p. 74-76,

2002.

SUPERAGLOMERA

Quando se lançaram na aventura de desbravar o universo, os astrônomos sentiram desconforto semelhante ao enfrentado pelos antigos navegadores: mapas pouco precisos. Para navegar com segurança pelo cosmo – até para entender sua origem, constituição e forma –, seria preciso desenvolver um trabalho de cartografia mais confiável, com indicadores geográficos das regiões onde a matéria se encontra.

Nessa busca por marcos cósmicos, o homem mapeou planetas, estrelas e galáxias. Notou, com surpresa, que estas se aglutinavam na forma de grupos ou aglomerados. Mais recentemente, os astrônomos perceberam não sem igual surpresa — que os próprios aglomerados, em grupos de dezenas, podem formar estruturas ainda mais gigantescas, que chegam a centenas de milhões de anos-luz de extensão.

São os superaglomerados de galáxias. Com suas formas alongadas e permeados por grandes vazios de matéria, são comparados aos esqueletos do universo. Por estarem ainda em processo de formação, os superaglomerados podem revelar detalhes sobre o que aconteceu instantes depois do Big Bang. E o conhecimento de suas dimensões e massas deverá aprimorar os modelos teóricos atuais.

Marcio Antonio Geimba Maia Observatório Nacional (RJ)

DOS DE GALAXIAS

OS ESQUELETOS DO UNIVERSO

Olhando o céu noturno, nos deparamos com astros que são conhecidos desde a Antigüidade, como a Lua, os planetas, os cometas e uma miríade de estrelas. Em algumas regiões, também percebemos objetos difusos, as chamadas nebulosas, algumas brilhantes, outras escuras. Essa tessitura foi responsável pela caracterização e construção de modelos para o universo em que vivemos. Com o advento das lunetas e dos telescópios, essa situação mudaria radicalmente.

O primeiro grande paradigma a ser quebrado na astronomia foi o modelo geocêntrico, defendido por Aristóteles (384-322 a.C.) e mais tarde formalizado através de conceitos geométricos por Ptolomeu (87-150 a.C.). Esse modelo, em que a Terra era o centro do que se pensava ser o universo, foi substituído pela concepção heliocêntrica de Nicolau Copérnico (1473-1543), na qual essa posição passou a ser ocupada pelo Sol.

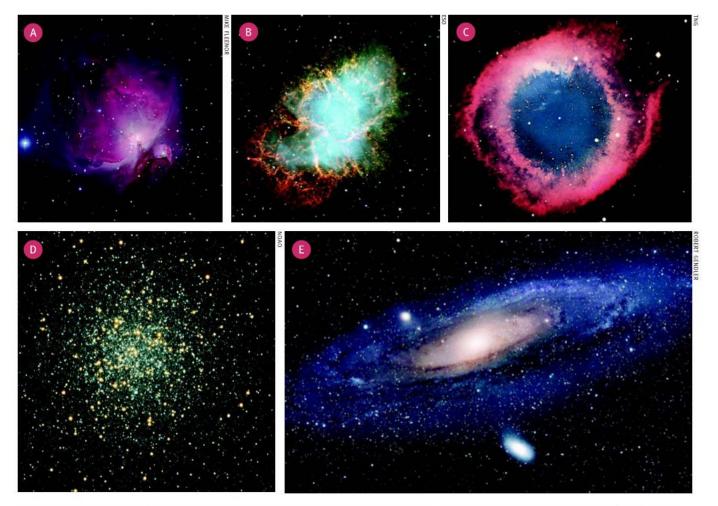


Figura 1. Alguns objetos identificados como 'nebulosas' por Charles Messier no século 18. Em A, nebulosa de emissão de Orion (M 42), região rica em gás e poeira com intensa formação estelar. Em B, restos da supernova do Caranguejo (M 1), resultado da explosão de uma estrela. Em C, nebulosa planetária do Anel (M 57), produzida pela perda de camada externa de uma estrela durante a fase chamada gigante vermelha. Em D, aglomerado globular de estrelas M 3, conjunto com milhares de estrelas que se formaram simultaneamente a partir de uma única nuvem de poeira e gás. Em E, galáxia de Andrômeda (M 31), galáxia do tipo espiral bastante similar à Via Láctea

Universos-ilhas

O astrônomo francês Charles Messier (1730-1817) produziu, com auxílio de um telescópio, em 1784, um catálogo com pouco mais de uma centena de nebulosas vistas no céu. Mais da metade dos objetos identificados eram nebulosas pertencentes à Via Láctea (galáxia que abriga o sistema solar) que estavam associados a:

- i) aglomerados globulares e abertos (conjuntos de estrelas);
- ii) nebulosas planetárias (estrelas que ejetam parte de seu material em uma fase de sua vida);
 - iii) nebulosas difusas (nuvens brilhantes de gás);
- iv) e até a uma remanescente de uma estrela supermaciça que explodiu no final da vida (fenômeno denominado supernova).

O restante das nebulosas de Messier eram objetos que só um século e meio mais tarde seriam identificados como galáxias (figura 1). O filósofo alemão Imannuel Kant (1724-1804) e o astrônomo e filósofo inglês Thomas Wright (1711-1786) propuseram que as nebulosas identificadas por Messier seriam sistemas estelares semelhantes à Via Láctea, criando o conceito de universos-ilhas.

Foi no final da década de 1920 que o astrônomo norte-americano Edwin Hubble (1889-1953) conseguiu demonstrar que algumas dessas nebulosas são sistemas estelares externos à Via Láctea. Com o subseqüente estudo sistemático das galáxias, descobriu-se que elas têm uma grande variedade de formas, conteúdo diversificado de estrelas e gás, além de tamanhos diversos. Também se notou que as galáxias não se encontram homogeneamente distribuídas. Elas costumam se asso-

ciar, formando conjuntos de poucas galáxias (os chamados grupos) até sistemas com milhares de objetos – estes últimos sendo denominados aglomerados de galáxias.

Procuraremos descrever o universo, bem como entender sua origem e evolução até os dias de hoje, usando como pano de fundo esses conjuntos gigantescos, os aglomerados de galáxias, e a associação destes em estruturas ainda maiores, os superaglomerados de galáxias (figura 2).

Cabeleira de Berenice

Foi o próprio Messier quem constatou com um telescópio uma concentração de nebulosas na direção da constelação de Virgem. Essa foi a primeira vez que se identificou um aglomerado de galáxias (porém, ainda não se sabia que essas nebulosas eram galáxias).

Um ano depois, o teuto-britânico William Herschel (1738-1822), músico profissional e astrônomo amador dotado de grande habilidade para construir telescópios, comentou: "Impressionante cole-

ção de nebulosas pode ser vista no que eu chamo de substrato nebuloso na Cabeleira de Berenice."

Mas não seria usando galáxias ou seus aglomerados que ele tentaria descrever o universo. Herschel, usando suas observações e fazendo contagens de estrelas em diversas direções, propôs que "o sistema sideral que habitamos é uma nebulosa comum em aparência igual a muitas outras e que, por sua vez, devem ser externas à nossa".

Navegar é preciso

Começamos a navegar em nosso universo para compreendê-lo empregando, assim como os primeiros navegadores, mapas pouco precisos. Utilizamos as galáxias e suas associações como indicadores 'geográficos' das regiões onde a matéria se encontra. Assim, com esse trabalho de 'cartografia', esperamos conseguir elementos para responder a questões do tipo 'Como o universo se originou?', 'Do que está constituído?', 'Por que se apresenta da forma como o vemos?', entre outras tantas.



Figura 2. Aglomerado de galáxias de Hércules, situado a 650 milhões de anos-luz da Terra, região em que podem ser vistas galáxias de diferentes tipos, como as espirais e elípticas. Alguns pares de galáxias apresentam-se em processo de colisão entre si, o que poderá resultar na fusão entre elas. Isso mostra que o caminho evolutivo das galáxias de um aglomerado pode ser diferente daquele das galáxias isoladas. Aglomerados como esses são usados para traçar a distribuição de matéria e identificar superaglomerados de galáxias

Em 1929, Hubble apresentou um dos mais impressionantes resultados da ciência do século passado: o universo está em expansão, com as galáxias se afastando uma das outras com uma velocidade proporcional à distância entre elas. Tomando a Terra como ponto de referência, quanto mais longe estiver uma galáxia de nosso planeta, maior será a velocidade com que ela se afasta dele.

Cerca de meio século depois da descoberta de Hubble, com ajuda dos então mais modernos detectores, mapeou-se a distribuição de galáxias no universo local (dentro de um raio de aproximadamente 700 milhões de anos-luz). Usando a medida de suas velocidades de recessão, podemos determinar suas distâncias, através de uma fórmula simples: V = H.D, na qual V é a velocidade de 'afastamento' (ou de recessão), H é a constante chamada constante de Hubble e D é a distância que se quer medir.

Enquanto um grupo de astrônomos – do qual participava o autor deste artigo – executava esse trabalho no hemisfério Sul, outro, liderado por pesquisadores da Universidade Harvard (Estados Unidos), fazia o mapeamento no hemisfério Norte. Foi desses trabalhos de mapeamento que se vislumbrou a maneira como as galáxias estavam distribuídas em grande escala. Mostramos que elas se apresentam em grandes conjuntos, mais ou menos esféricos (os aglomerados), em filamentos e em grupos esparsos. Permeando esses aglomerados, estão regiões completamente despovoadas de galáxias, os chamados vazios (figura 3). A tessitura cósmica comecava a ser revelada.

Nos últimos anos, levantamentos de galáxias foram feitos por grandes consórcios de instituições para fazer frente aos vultosos custos desses projetos. Regiões mais profundas do cosmos foram investigadas, mas, essencialmente, a chamada estrutura em grande escala não apresentou novidades importantes. No entanto, esses novos levantamentos permitem colocar vínculos mais precisos nos modelos teóricos que prescrevem a formação e evolução do universo. Outra questão que pode ser abordada com esses levantamentos mais profundos é a da evolução das galáxias, pois a luz que nos chega dos objetos mais distantes foi emitida em uma época em que eles eram mais jovens.

Amigos dos amigos

A definição de um superaglomerado não é rígida. Quase sempre, este é identificado por uma concentração de aglomerados e grupos de galáxias. Para definir seus aglomerados-membros, leva-se em conta uma separação máxima entre um dado aglomerado e seus vizinhos mais próximos. Isso é feito, na prática, através de um programa de computador dotado de uma estratégia de busca denominada amigos dos amigos. Ele é aplicado em um catálogo no qual estão as posições no espaço de aglomerados.

Com esse programa, podemos calcular distâncias entre os aglomerados e definir quem é amigo de quem, passando a formar conjuntos. Procurar por concentrações de aglomerados é o primeiro indício para encontrá-los. Outro fato interessante sobre os superaglomerados: a maior parte de seu volume é vazio em termos de matéria luminosa, de maneira similar ao que acontece com os aglomerados e até com as próprias galáxias.

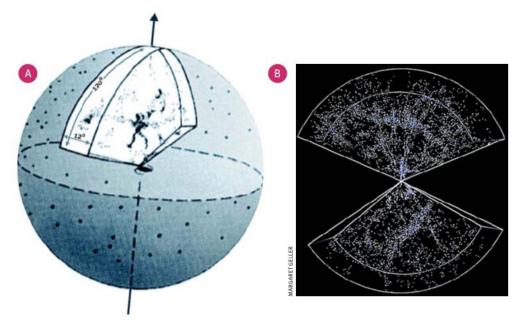


Figura 3. Fatias do universo.
Os diagramas em forma de cunha mostram a distribuição de galáxias em duas regiões do céu.
Em A, visão de uma fatia do céu mapeada a partir da Terra, que está situada na periferia da Via Láctea.
Em B, mapeamento do qual participou o Observatório
Nacional, no Rio de Janeiro (RJ).
O hemisfério Norte está para cima. Podem-se ver estruturas como filamentos, aglomerados e os 'vazios'.

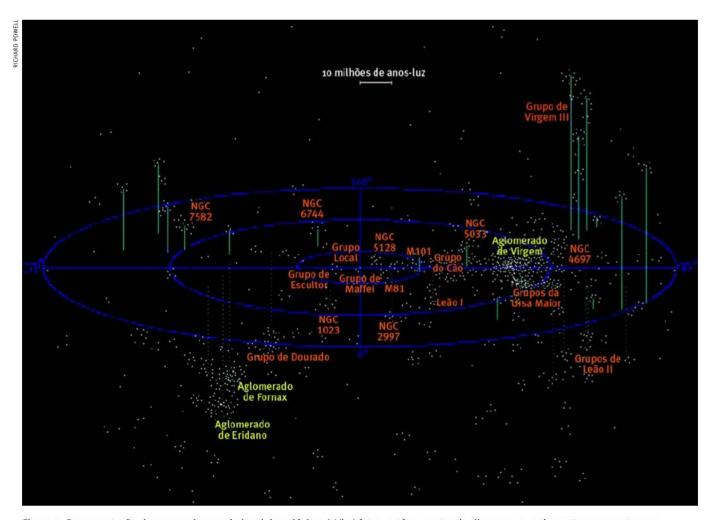


Figura 4. Representação do superaglomerado local de galáxias. A Via Láctea está no centro do diagrama, e cada ponto representa uma galáxia. Os grupos e aglomerados de galáxias (maior concentração de pontos) mais importantes estão indicados. O maior aglomerado é o de Virgem. A sigla inglesa NGC refere-se ao catálogo de galáxias *New General Catalogue*, e a principal galáxia dá nome ao grupo

Fase da puberdade

Sabe-se hoje que a Via Láctea faz parte de um agrupamento pobre de galáxias. Este, por sua vez, faz parte de uma estrutura maior, o superaglomerado local, uma estrutura que tem uma forma meio achatada, sendo constituída por algo em torno de 400 galáxias brilhantes distribuídas em grupos e aglomerados, além de uma componente mais esparsa.

A dimensão do superaglomerado local é de aproximadamente 100 milhões de anos-luz (cada ano-luz equivale a cerca de 9,5 trilhões de km). Essa estrutura tem um aglomerado rico de galáxias localizado na constelação de Virgem, em direção ao qual a Via Láctea e suas companheiras estão 'caindo', atraídas por sua intensa força gravitacional (figura 4).

Os levantamentos mais recentes permitem definir melhor a constituição dos superaglomerados. Podemos dizer que as maiores estruturas encontradas têm tipicamente dimensões da ordem de 400 milhões de anos-luz, contêm dezenas de aglomerados de galáxias, apresentam formas mais ou menos alongadas e por vezes diversas subestruturas. Quase sempre estão conectados a outros superaglomerados (figura 5).

Diferentemente das galáxias, que já estão completamente formadas nos dias de hoje, os superaglomerados ainda estão em processo de formação, assim como boa parte dos aglomerados que os compõem. Entendemos por 'formação' a sua maturação dinâmica, que se dá através da sucessiva captura de galáxias de suas vizinhanças, até que o sistema, no futuro, chegue ao equilíbrio dinâmico.

O fato de superaglomerados estarem ainda em sua fase de puberdade é importante, pois eles po-

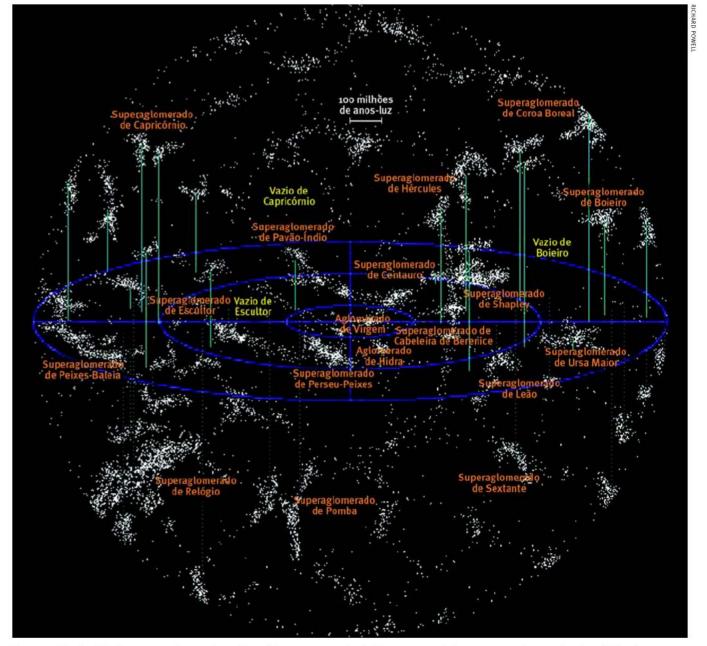


Figura 5. Distribuição dos superaglomerados mais próximos, mostrando, de forma esquemática, os superaglomerados de galáxias dentro de um raio aproximado de 1 bilhão de anos-luz. Estão também representados elementos identificados na figura 3, como vazios e filamentos

dem revelar detalhes sobre os processos físicos envolvidos nos estágios iniciais do universo. O conhecimento de suas dimensões e massas pode impor vínculos importantes aos diversos modelos teóricos atuais.

'Calorzinho' primordial

O fato de o universo estar em expansão implica que, em um passado remoto, ele esteve em uma situação extrema, a altíssimas densidades e temperaturas. Esse é o cenário denominado de Big Bang (grande explosão). A rigor, não houve explosão nenhuma segundo a acepção da palavra usada em nosso dia-a-dia. O universo evoluiu de uma condição muito compacta e densa para as dimensões e estruturas que vemos hoje. O espaço para onde ele se expande não existe *a priori*, ele é criado à medida que vai evoluindo.

Outro fato importante foi a detecção, em 1964, da chamada radiação cósmica de fundo na faixa de microondas por dois pesquisadores dos Laboratórios Bell Telephone, Arno Penzias e Robert Wilson. Essa radiação permeia todo o universo e podemos, de forma bastante aproximada, considerála como o 'calorzinho' resultante do Big Bang.

Hoje, a temperatura da radiação cósmica de fundo em microondas é de 2,726 kelvin (cerca de 270° celsius negativos). Um objeto 'aquecido' a essa temperatura emitiria uma radiação semelhante àquela empregada pelo forno de microondas para aquecer alimentos (daí o nome dessa radiação).

Problema da massa faltante

A radiação cósmica de fundo reflete as condições de uma época em que o universo ainda era muito jovem (cerca de 300 mil anos). As flutuações dessa temperatura medidas na esfera celeste são bastante suaves, da ordem de 1/100 mil, nos contando que em um passado distante o universo tinha uma distribuição de matéria bastante homogênea. Perguntamo-nos, então: como o universo, nascendo com uma homogeneidade surpreendente, conseguiu atingir a distribuição de matéria em grande escala observada hoje? Em outras palavras, como a matéria, inicialmente tão homogênea, se aglutinou gravitacionalmente para formar objetos cósmicos como planetas, estrelas, galáxias etc.?

Uma importante descoberta foi feita pelo astrônomo suíço Fritz Zwicky (1898-1974). Ao estudar aglomerados de galáxias, ele ajudou a responder essa questão mais tarde. Ao determinar a massa total de vários aglomerados, com base na soma das massas individuais de suas galáxias, ele constatou que, para que as galáxias do aglomerado tivessem o movimento observado, a massa total do aglomerado deveria ser muito maior. Essa constatação deu origem ao chamado 'problema da massa faltante'.

Matéria escura

Com a investida observacional dos astrônomos em outras faixas do espectro eletromagnético (ondas de rádio, infravermelho, raios X, raios gama), um novo universo se apresentou. Em particular, observações em raios X de aglomerados de galáxias revelaram que estes estão permeados por um gás quente, em uma quantidade até maior que a de matéria contida em suas galáxias. Isso, porém, não era ainda suficiente para explicar a quantidade de matéria faltante dos aglomerados. Propôs-se a existência de um novo tipo de matéria, a matéria escura, que não tem as mesmas propriedades da matéria ordinária, chamada bariônica. O termo

'escura' vem do fato de ela não emitir luz (sendo, portanto, 'invisível'), nem mesmo sofre atração ou repulsão elétricas. Assim, a única maneira de detectá-la é pela força gravitacional que ela exerce sobre os corpos.

A matéria escura é a grande responsável por nossa existência e a do universo na forma em que ele se apresenta. Vejamos como. Já mencionamos que, no início, o universo era extremamente homogêneo. Nele, a matéria escura, a matéria ordinária (bariônica) e as partículas de luz (fótons) conviviam em equilíbrio. Porém, pequenas flutuações na distribuição de matéria, ocorridas em uma fase muito inicial do universo, produziram perturbações (inomogeneidades) na distribuição dessa quentíssima sopa cósmica.

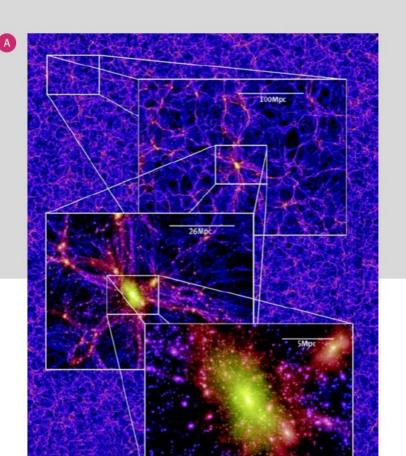
Essas perturbações causavam o aumento e a diminuição da densidade de matéria. Mas essas variações da densidade tendiam a se dissipar por conta das enormes pressões exercidas pela própria matéria e pela luz (radiação). Porém, o mesmo não acontecia com a matéria escura, pois esta não sofria os mesmos efeitos que a matéria bariônica. Assim, essas pequenas 'sementes' (condensações) de matéria escura começaram a crescer, agregando mais matéria escura onde existisse uma concentração da mesma. Deu-se assim, o surgimento dos chamados halos escuros (bolsões de matéria escura), locais para onde a matéria normal fluiu, quando o universo ficou mais frio. Só a partir daí, então, iniciou-se o processo de formação das primeiras estrelas e das galáxias.

Portanto, o padrão encontrado nas flutuações da radiação cósmica de fundo (o qual foi produzido nos instantes iniciais do universo, em uma fase em que a matéria ordinária estava começando a se condensar) e as características das estruturas em grande escala observadas hoje estão relacionados. Entre esses extremos, ainda existe todo um processo evolutivo que precisa ser mais bem estudado em seus detalhes.

Mundos virtuais

Com auxílio da física, matemática e muita computação, criam-se universos virtuais cuja evolução pode ser estudada. Alguns vínculos são impostos aos modelos com base nos conhecimentos bem estabelecidos de física e de astronomia. Mesmo assim, não sabemos muito sobre os detalhes das condições iniciais do universo. Daí, a necessidade de testarmos uma variedade enorme de possibilidades para conseguir modelos que resultem em um universo que dá certo.

Figura 6. Resultado da Simulação do Milênio. Em A, distribuição atual de matéria escura. Em cada ampliação, a imagem é aumentada de um fator quatro, sendo que 1 megaparsec (1Mpc) equivale a 3,26 milhões de anos-luz. Em B, a seqüência mostra uma fatia do universo com diversas idades, permitindo visualizar a evolução da formação das estruturas traçadas pela matéria escura. Em C, região do universo hoje em dia, evidenciada através da distribuição de matéria luminosa e escura, mostrando que elas estão distribuídas de maneira similar



125 Mpc/h

210 milhões de anos

Forças-tarefa

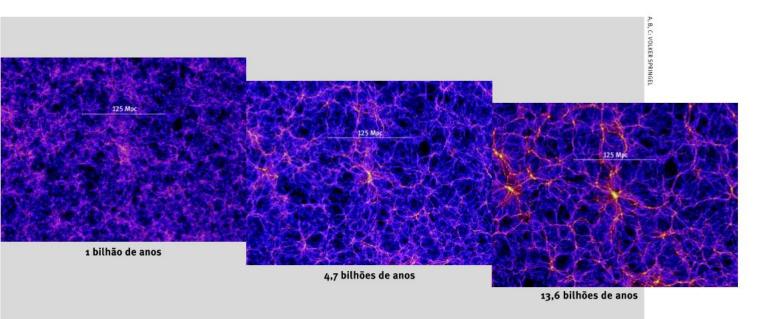
Do ponto de vista teórico, grandes esforços computacionais têm sido realizados para se gerar e fazer evoluir universos desde seus estágios primordiais. Isso requer o uso de supercomputadores com grande capacidade de processamento, sendo necessárias, às vezes, colaborações en-

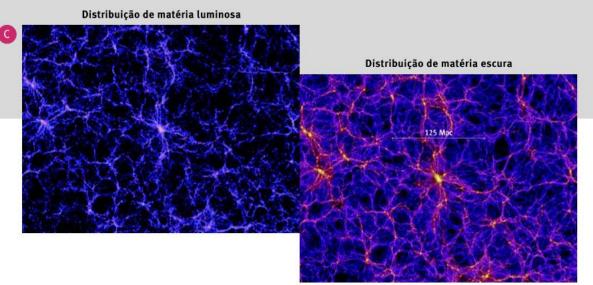
tre diversas instituições.

Uma dessas forças-tarefa, congregando pesquisadores ingleses, alemães e canadenses, efetuou, no ano passado, uma gigantesca simulação denominada Simulação do Milênio. Para isso, usaram mais de 10 bilhões de partículas para traçar a evolução da matéria em um cubo de 2 bilhões de anos-luz de aresta.

Análises dessa fatia de universo virtual, contendo aproximadamente 20 milhões de galáxias com sua história evolutiva, ainda estão em andamento e servirão para comparar com os resultados dos grandes levantamentos em curso (figura 6).

O 'dar certo' é verificado de forma rigorosa, aplicando-se ferramentas matemáticas e estatísticas relativamente complexas para que possamos estabelecer, de forma objetiva, se as propriedades dos universos virtuais se assemelham às do observado. Entre os parâmetros que podem ser usados nesse processo de comparação está a maneira como as galáxias se distribuem (topologia), como se aglomeram, que tipos de estruturas formam e quais são as dimensões e massas típicas dessas estruturas. Estudar os superaglomerados de galáxias para determinar suas propriedades físicas é a contrapartida da astronomia observacional nesse processo.





Do centro à periferia

Com dados obtidos por detectores de última geração a bordo de satélites e telescópios sofisticados, aliados aos conhecimentos teóricos, podemos traçar uma breve história do universo. Ele originouse há aproximadamente 14 bilhões de anos, expandindo-se violentamente a partir de uma pequena região muito densa e quente.

Mais ou menos a partir da metade de sua idade atual, começou a ter uma expansão positivamente acelerada cuja causa ainda não sabemos. O universo está constituído aproximadamente por 5% de matéria ordinária (bariônica), 25% de matéria escura e 70% de energia escura (esta última responsável por sua expansão acelerada).

Ao longo da evolução da humanidade, partimos de uma concepção em que a Terra reinava soberana no centro do universo, circundada por diversas esferas cristalinas nas quais estavam incrustados os astros (Sol, Lua, planetas e estrelas). Atualmente, sabemos que nosso planeta está situado na periferia de uma galáxia igual a tantas outras. Esta, por sua vez, se encontra nas bordas de um superaglomerado de galáxias sem grande destaque no contexto cósmico.

Em vez de desestimular os astrônomos, esse panorama tem certamente servido de incentivo para a busca de respostas para muitos dos mistérios do universo, entre eles a natureza de 95% de sua matéria constituinte, sobre a qual não temos uma idéia clara.

SUGESTÕES PARA LEITURA

SOUZA, R. E. de. Introdução à cosmologia (EDUSP. São Paulo, 2004). VILLELA NETO, T. 'A aventura espetacular da descoberta do universo' in Ciência Hoie (vol. 36, nº. 216, p. 20, 2005). ABDALLA, M. C. B. e VILLELA NETO, T. Novas janelas para o universo (Editora Unesp, São Paulo, 2005). VIEGAS, S. M. M. e OLIVEIRA, F. de. Descobrindo o Universo (Edusp, São Paulo, 2004).

Na internet Portal da simulação do milênio (em inglês): http://www.mpagarching.mpg.de/ galform/ millennium/

Textos sobre
astrofísica
e cosmologia
(em português):
http://www.das.
inpe.br/curso/
ciaa/ciaa.php#
materialdocurso
http://staff.on.br/
maia/
http://astro.
if.ufrgs.br/

Zoeira em Curitiba

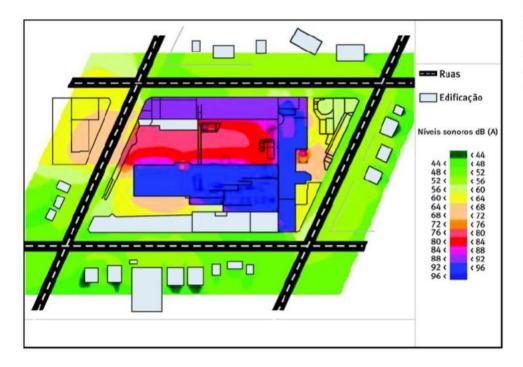
mbora a maior parte da pombora a maio. p. pulação não perceba, o volume sonoro médio de 93% da cidade de Curitiba está acima do tolerado pela legislação. A constatação é do Grupo de Pesquisas em Acústica Ambiental-Industrial e Conforto Acústico, do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Paraná, que avaliou mais de mil pontos da capital, entre áreas residenciais, comerciais, industriais e mistas. A medição foi realizada com o auxílio de analisadores sonoros de classe 1, equipamento com precisão de ± 0,4 decibel (dB). Acima dessa classe, só existe a classe 0, usada pelo fabricante para calibrar aparelhos de classe 1. Há ainda equipamentos de classe 2 e 3, com erros de precisão que variam de 1,5 dB a 3 dB, respectivamente.

De acordo com a lei municipal 10.625, de 19 de dezembro de 2002, que dispõe sobre as emissões de ruído urbano permitidas nos períodos diurno, vespertino e noturno, os níveis sonoros em zonas residenciais e parques de Curitiba não devem ultrapassar 55 dB(A) durante o dia; no mesmo período, o limite máximo aceitável em áreas industriais é de 70 dB(A). As medições feitas pelo grupo revelaram que 933 pontos da capital apresentavam níveis que variavam entre 65 dB(A) e 85 dB(A) no período diurno. A indicação (A) significa que a medição considerou a resposta do ouvido humano às excitações sonoras (a ponderação é adotada pelas legislações nacionais e internacionais para avaliar o ruído ambiental, ocupacional e o conforto acústico dos ambientes).

Curitiba é conhecida mundialmente como capital ecológica pela política diferenciada que a prefeitura, em suas diversas administrações, tentou desenvolver no tocante aos cuidados com o meio ambiente. No entanto, a pesquisa registrou poluição sonora até em parques municipais. O Jardim Botânico, cartão-postal da cidade, apresentou durante o dia nível sonoro médio de 67 dB(A), muito acima do que admite a legislação. Já nos parques Tanguá e Tingüi foram registrados níveis sonoros aceitáveis.

Para o engenheiro mecânico Paulo Henrique Trombetta Zannin, coordenador do estudo, o elevado nível sonoro do Jardim Botânico decorre de sua proximidade com a BR-277, uma rodovia de tráfego intenso. "É importante que a cidade tenha áreas verdes, mas, além disso, é preciso cuidar do planejamento urbano para evitar problemas como o que afeta o Jardim Botânico", disse.

A médio e longo prazos, o indivíduo exposto à poluição sonora pode desenvolver diversos tipos de distúrbios psicofisiológicos, que vão desde dificuldade de concentração e dor de cabeça até eventos mais graves decorrentes de alto nível de estresse, como



O mapa acústico simula situação em que uma indústria (no centro da figura), cercada por vias públicas e edificações residenciais, emite ruídos que perturbam mais ou menos o receptor, dependendo da distância em que ele se encontra da fonte. Os níveis sonoros emitidos em diversos pontos da figura são indicados na coluna de cores à direita

MAGENS CEDIDAS PELO LABORATÓRIO DE ACÚSTICA AMBIENTAL, INDUSTRIAL E CONFORTO ACÚSTICO (DEMEC/UFPR)



Analisador sonoro utilizado para medir ruídos do meio ambiente

problemas gastrointestinais, aumento da pressão arterial, distúrbios cardiovasculares e perda auditiva. A insônia pode também decorrer da poluição sonora, requerendo muitas vezes o uso de medicamentos para ser debelada. Segundo a Organização Mundial da Saúde, pessoas que convivem com ruído acima de 55 dB(A) consomem até 15% a mais de drogas para dormir. Devido ao mau planejamento das construções, que em geral não barram ruídos, o barulho priva a população das grandes cidades de noites bem-dormidas. A má qualidade do sono pode ser responsável, entre outros problemas, pela queda de rendimento no trabalho e até por acidentes de trânsito.

Trabalhadores obrigados a suportar níveis sonoros elevados por
força de sua profissão usam permanentemente protetores auditivos. Como a exposição aos ruídos
urbanos não ameaça o tímpano
humano a curto prazo, ninguém
se preocupa com riscos de perda
auditiva. "O que mais perturba é
que não percebemos o ruído claramente, já que ele não é como o
frio ou o calor, contra os quais reagimos automaticamente", aler-

ta Zannin. "Será que no futuro, com a conscientização de que o excesso de barulho nas áreas urbanas é um problema grave, as pessoas passarão a usar protetores auditivos regularmente?", interroga-se.

O problema da poluição sonora também foi constatado por meio de pesquisas em outras capitais brasileiras, como São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte e Porto Alegre. Apesar de ser um problema físico que afeta a qualidade de vida das pessoas, o assunto tem merecido pouca atenção na comunidade científica. Zannin acha que as pessoas devem ser educadas para dar a devida importância ao conforto acústico não apenas no período de formação profissional, mas desde a pré-escola.

Gabriela Diniz Especial para Ciência Hoje/PR DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

BOLSISTAS DO CNPq GANHAM ASSINATURA DE *CIÊNCIA HOJE*

A partir deste mês, a revista *Ciência Hoje* passará a ser distribuída a todos os bolsistas de iniciação científica do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). A entidade acertou a

compra de 20.737 assinaturas da revista, que será distribuída durante um ano a estudantes universitários de todas as áreas do conhecimento. O CNPq visa, com essa iniciativa, contribuir para a formação científica desses jovens brasileiros, estimulando seu contato com as mais recentes pesquisas desenvolvidas no país e no mundo.



Transmissão barata e eficiente

esquisadores brasileiros conseguiram produzir de maneira barata um filme - película com espessura de alguns micrômetros (1 micrômetro (µm) equivale a um milionésimo de metro) - que, em temperaturas de -193°C, adquire propriedades supercondutoras. O feito é substancial, já que materiais supercondutores só apresentam essas características em temperaturas próximas ao zero absoluto (-273°C) e sua manufatura envolve centenas de milhares de dólares. Os cientistas do Grupo de Vidros e Cerâmicas do Departamento de Física e Química da Universidade Estadual Paulista (Unesp), responsáveis pela conquista, utilizaram o filme para substituir o cobre da composição de circuitos impressos (placas onde são fixados componentes eletrônicos), obtendo melhor eficiência na transmissão de energia elétrica.

Os supercondutores pertencem a uma das quatro classes de materiais capazes de conduzir corrente elétrica. As outras são a de condutores, substâncias que conduzem bem a eletricidade, como os metais em geral, a de semicondutores, que apresentam mais resistência à passagem da corrente, e a de isolantes, que impedem o fluxo elétrico. Essa característica, que existe também nos condutores, só que em menor grau, é responsável pela perda de energia durante a transmissão. "Em vez de transmitir a energia, o material a converte em calor (efeito Joule), como acontece nos chuveiros elétricos", explica o fí-



O filme supercondutor (área escura) permite melhor condução da eletricidade e menor perda de energia

sico Cláudio Luiz Carvalho, membro do Grupo de Vidros e Cerâmicas da Unesp e chefe da linha de pesquisa do filme.

Já com os supercondutores, a perda é extremamente pequena. Segundo Carvalho, linhas de transmissão construídas a partir desse material reduziriam a perda de energia em 90%, eliminando a necessidade de subestações que reforçassem a corrente transmitida de uma usina hidrelétrica para uma cidade. Os supercondutores também podem ser usados para medir pequenos ou gerar grandes campos magnéticos, como nos exames de ressonância magnética. "No Japão já se testam trens que viajam a grandes velocidades por levitarem sobre os trilhos, outro fenômeno mediado por esse tipo de material", comenta o físico.

Velocidade no processamento

Carvalho começou a trabalhar nessa área em 1990 e se concentrou na produção de filmes em 1999. Segundo o físico, o principal campo de aplicação para essas películas é a eletrônica, onde o uso dos supercondutores aumentaria, por exemplo, a velocidade de processamento do sinal e reduziria o problema de aquecimento dos dispositivos. Foi essa a motivação que levou os pesquisadores a substituir o cobre utilizado nas trilhas dos circuitos impressos pelo filme supercondutor.

Embora a praticidade de um material que funciona a temperaturas tão baixas possa ser questionada, o físico destaca que certos ambientes, como a Lua, por exemplo, estão muito abaixo de 0°C. Além disso, não é muito dificil manter os supercondutores nessas temperaturas, pois o resfriamento é relativamente barato hoje, já que o nitrogênio líquido,

MEDICINA

usado para esse fim, custa centavos de dólar. "Mas a idéia é, no futuro, fazê-los operar em temperatura ambiente", esclarece.

O sucesso do experimento não é a única vitória do grupo, que também conseguiu produzir a película por apenas US\$ 100. Quando comparada com metodologias estrangeiras que podem chegar a US\$ 500 mil, a técnica brasileira parece promissora. "O preço dos outros processos é alto porque eles requerem máquinas e insumos especiais, os quais consegui-

mos duplicar de outra maneira. Além disso, são processos de escala industrial", conta Carvalho.

O Grupo de Vidros e Cerâmicas pretende agora aumentar a potência da corrente transmitida pelo filme

e reduzir sua espessura. A idéia é, até o fim do ano, construir um dispositivo com componentes que utilizem a película e cujo funcionamento envolva o efeito Josephson, também conhecido como efeito de tunelamento. Nele, um elétron é capaz de ir de um ponto a outro - no caso, de um supercondutor a outro - passando por um meio isolante entre eles. "Um equipamento que utilizasse esse fenômeno teria um alto desempenho. Um computador, por exemplo, realizaria operações muito mais rapidamente que as máquinas convencionais", ressalta.

Fred Furtado Ciência Hoje/RJ

ENDOSCOPIA PODE SER RISCO PARA HEPATITE C

Se seu médico prescrever uma endoscopia gástrica, talvez valha a pena checar como os centros que fazem o exame higienizam o tubo ótico usado no procedimento. Segundo uma pesquisa da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), a falta de esterilização do aparelho pode ser responsável pela transmissão do vírus da hepatite C, doença que pode levar à morte por cirrose ou câncer no fígado e para a qual não existe vacina.

"Alguns estudos no exterior vêm sugerindo que a endoscopia digestiva pode ser um fator de risco para o contágio da hepatite C; então, decidi investigar essa associação no Brasil", conta a biomédica Thaís Tibery Espir, da Fiocruz. A pesquisadora entrevistou 253 pessoas que se candidataram a doar sangue no Rio de Janeiro. Os voluntários responderam se haviam passado por situações com conhecido potencial para a transmissão do vírus HCV — que ocorre por contaminação sangüínea —, como compartilhar

> seringas, passar por transfusões de sangue, cirurgias e tratamentos dentários, fazer tatuagens e piercings, ter relações sexuais sem preservativo e usar alicates em salões de beleza, e se haviam sido submetidos ao exame de endoscopia gástrica. As respostas foram então comparadas com os resultados do teste anti-HCV, procedimento de rotina para doadores de sangue em todo o território nacional.

> Espir constatou que 25,9% dos HCV positivos não se enquadravam em nenhum dos fatores de

risco tradicionais, mas tinham feito endoscopia gástrica. "No momento em que o endoscópio está dentro do trato digestivo, um paciente portador do vírus pode liberar secreções e sangue contaminados, transmitidos para outra pessoa que usa o mesmo tubo depois", sugere a biomédica.

Para confirmar a hipótese, Espir visitou cinco serviços públicos de saúde que oferecem o exame. "Nenhum deles tinha protocolo de limpeza de endoscópio", relata. Segundo ela, se o aparelho ficar imerso por no mínimo 20 minutos em uma solução com 2% de glutaraldeído entre a realização de um exame e outro, as chances de transmissão do HCV são quase nulas. "O problema é que não há uma legislação que estabeleça esse padrão no Brasil", lamenta a biomédica, que realizou o estudo em seu mestrado em vigilância sanitária. No doutorado, ela pretende analisar a taxa de contaminação pelo HCV após a realização das endoscopias.

Uma vacina contra o vírus da raiva humana começou a ser produzida pelo Instituto Butantan (SP) em fevereiro e deve estar disponível no mercado brasileiro a partir de abril. Depois de testada em camundongos e macacos, a vacina foi aplicada em 200 homens, não sendo re-



gistrada nenhuma reação nervosa ou alérgica significativa. O produto dispensa o uso de soro animal, o que reduz bastante as chances de contaminação. Cada dose vai custar ao instituto R\$ 11,30, 30% a menos do que o valor pago pelo governo federal pela vacina usada atualmente no Brasil, importada da França. As cinco doses necessárias para a imunização devem ser tomadas por qualquer um que for mordido por cães, gatos ou morcegos.

Urina pré-histórica

omo os dinossauros eliminavam os resíduos líquidos de seu corpo? Se a resposta 'pelo xixi' lhe parece óbvia, saiba que até bem pouco tempo atrás não havia evidências de que esses animais urinavam: pensava-se que eles excretavam apenas materiais sólidos, a exemplo da maioria das aves, consideradas seus parentes mais próximos. Mas a descoberta recente de dois urólitos - rastros fossilizados de líquidos - no município paulista de Araraquara demonstrou que pelo menos alguns dos gigantes pré-históricos acumulavam reservas de água no corpo.

Os urólitos encontrados, cujo nome ao pé da letra significa 'urina em pedra', na verdade não apresentam os componentes da urina. "Estimamos que eles tenham cerca de 145 milhões de anos, e a matéria orgânica depositada não sobrevive tanto tempo assim", explica o paleontólogo Marcelo Fernandes, que desen-

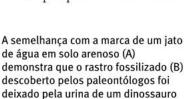


Os pesquisadores acreditam que o urólito seja de um ornitópode, dinossauro herbívoro com estrutura fisiológica semelhante à de avestruzes e emas e que viveu há cerca de 145 milhões de anos em ambientes desérticos

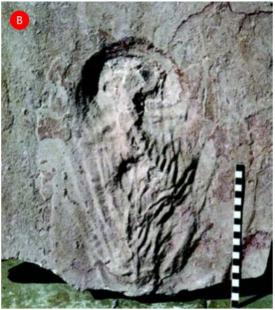
volveu a pesquisa em sua tese de doutorado na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

Fernandes procurava em Araraquara rastros de animais préhistóricos na pedreira São Bento, de onde se extrai material para o calçamento das ruas da cidade. Essa pedreira faz parte da formação Botucatu, região conhecida pela ocorrência dos chamados icnofósseis (marcas preservadas em rochas sedimentares que indicam a passagem de um organismo sobre a superfície em tempos remotos), que incluem desde marcas de insetos até pegadas de dinossauros, ou mesmo pingos de chuva fossilizados.

O pesquisador e sua equipe — formada pela bióloga Luciana Fernandes, da Universidade Federal de São Carlos, e pelo geólogo Paulo Souto, da UFRJ — se surpreenderam ao encontrar duas formas completamente diferentes de qualquer rastro descober-







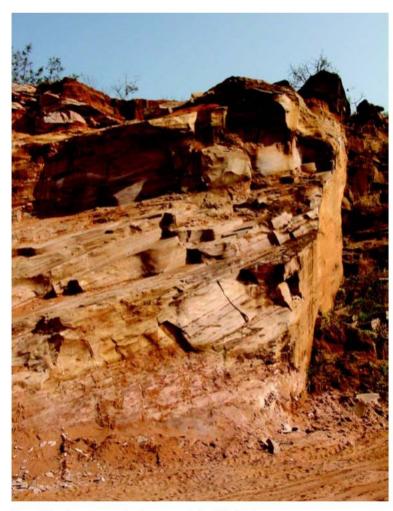
to anteriormente. "Eram rochas com sulcos em forma de elipse e um longo fluxo escorrido de areia, em um plano inclinado", conta. A associação com a urina veio a partir das características ambientais da região, que, no final do período Jurássico (de 208 a 144 milhões de anos atrás), constituía o maior deserto de areia do planeta: para se adaptar a um meio tão árido, os animais precisavam armazenar água no corpo. "Ocasionalmente, quando havia maior disponibilidade de água no ambiente, eles poderiam eliminar o excesso na forma de urina", esclarece Fernandes.

O ambiente, chamado de paleodeserto, também ajudou a equipe do paleontólogo a imaginar que tipo de dinossauro eliminou os líquidos. Como as poucas aves que urinam (o avestruz, a ema e o casuar australiano) vivem em locais áridos ou semi-áridos, acredita-se que os resíduos sejam de um ornitópode (dinossauro herbívoro com pés semelhantes aos de pássaros), devido ao seu grau de parentesco com essas aves de grande porte. As pegadas desses animais são facilmente visualizadas em Araraquara, inclusive nas calçadas das ruas.

Além de comparar os urólitos encontrados com os rastros deixados pela urina de um avestruz vivo, Fernandes realizou experimentos que simulavam a eliminação de líquidos em solo arenoso. "A semelhança entre as marcas (do fóssil, do avestruz e do experimento) não deixa dúvidas de que encontramos registros de urina", diz. Assim, ele conseguiu provar que pelo menos os dinossauros que viviam em áreas desérticas eram capazes de urinar.

A cidade das calçadas jurássicas

Com a descoberta dos urólitos, Araraquara ganha mais um argumento a favor do reconhecimen-



Os urólitos foram encontrados na pedreira São Bento, de onde se extrai material para o calçamento das ruas de Araraquara (SP)

to da importância de seu acervo paleontológico. Conhecida pelos especialistas como 'a cidade das calçadas jurássicas', ela conta com o apoio da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) e das universidades italianas de Gênova e Pisa para alavancar a construção de um museu paleontológico, que promete estimular o turismo na região. "Esse é o único lugar do Brasil onde são encontrados vestígios da existência de dinossauros e de mamíferos do final do período Jurássico", conta Fernandes. Por enquanto, o projeto, que faz parte do plano de metas da prefeitura, ainda não tem data certa para sair do papel.

Atualmente, o lar permanen-

te dos dois urólitos é o Museu Histórico de Araraquara, mas uma das placas poderá ser vista até o dia 30 de abril na Oca do Parque Ibirapuera, na capital paulista, onde está em cartaz uma exposição sobre dinossauros e outros animais pré-históricos. Lá também estão expostos outros icnofósseis encontrados na formação Botucatu: uma coleção de 45 peças, com pegadas de dinossauros, de mamíferos e de animais invertebrados, como escorpiões e besouros.

Lia Brum

Especial para Ciência Hoje/RJ

Alimentação ecologicamente correta

omer cereal no café-da-manhã pode ajudar a acabar com o desperdício na produção de arroz? E matar o tempo saboreando aperitivos salgados pode dar um destino às cascas de camarões, hoje consideradas rejeitos poluentes pela indústria pesqueira? Por mais estranho que pareça, a resposta para as duas perguntas é sim. Pelo menos segundo as pesquisas da química Cristina Tristão de Andrade, do Instituto de Macromoléculas da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). O grupo da pesquisadora já produziu cereais à base de grãos quebrados de arroz e agora estuda uma forma de encapsular vitamina A nesses alimentos, utilizando envoltórios fabricados à base de quitosana, polissacarídeo obtido a partir da casca de camarões.

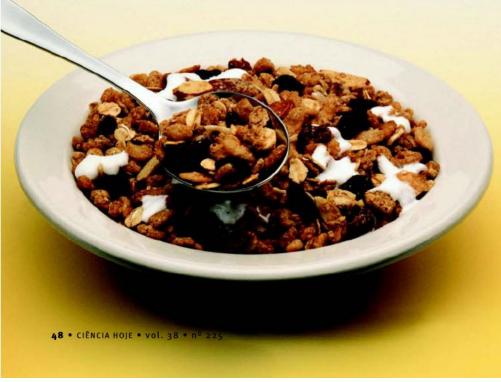
Em geral, iguarias e cereais industrializados são feitos de amido de milho e produzidos por um processo conhecido como extrusão, que transforma a farinha em uma massa moldável e serve para reduzir a contaminação microbiana e desativar certas enzimas. Ele envolve diversas operações como mistura, compressão, estiramento e cozimento dos grânulos. Os grãos quebrados de arroz usados na pesquisa em substituição ao milho são um subproduto do processo de beneficiamento do arroz e seu preço é cerca de um terço do dos grãos normalmente usados. Flocos doces, feitos desse material, já foram fabricados em 2004 por uma das alunas de mestrado de Tristão, a nutricionista Marcia Cristina da Silva, do Instituto de Química da UFRJ.

O grupo, agora, tenta enriquecer os produtos finais com vitamina A. Como o processo de extrusão destrói essa vitamina, muito sensível à presença de luz e de oxigênio, os pesquisadores estão tentando resolver o problema usando quitosana (um polímero derivado da quitina, composto orgânico encontrado em abundância na casca dos camarões), para encapsular o nutriente.

A idéia é adicionar as cápsulas à farinha (os grãos de arroz moídos) antes da extrusão e assim gerar uma massa final rica em vitamina A. A encapsulação de substâncias já é usada na indústria alimentícia para proteger vitaminas ou compostos aromáticos sensíveis à luz, ao calor ou ao ar. O plano de Tristão é criar flocos de cereais matinais que contenham metade da quantidade diária de vitamina A necessária para crianças entre quatro e 10 anos, 250 a 350 µg. Já os aperitivos serão produzidos com mais vitamina A, pois serão direcionados aos adultos, que têm uma necessidade diária da vitamina maior que as crianças (1.000 µg).

Os cereais e aperitivos em desenvolvimento podem representar benefícios ecológicos e econômicos, pois agregam valor aos grãos quebrados de arroz e dão uma utilidade às cascas dos camarões. "Podem também ajudar a combater as deficiências alimentares de crianças que não têm acesso a leite, ovos e fígado", explica Tristão. "Elas em geral apresentam deficiência de vitamina A e a complementação tem se mostrado fundamental no combate à mortalidade infantil." A pesquisadora espera que até o fim do ano cereais ricos em vitamina e próprios para o consumo já possam ser produzidos.





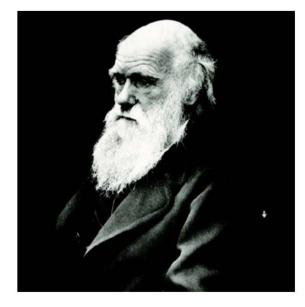
O resgate de Darwin

evolução da espécie humana é um tema que vem ganhando espaço na mídia, especialmente depois do aumento na divulgação de hipóteses não-científicas para explicar o surgimento do homem na Terra - como o desenho inteligente e o criacionismo - em oposição às idéias lançadas pelo naturalista britânico Charles Darwin (1809-1882) no século 19 e hoje aceitas pelos cientistas. Diante do interesse da sociedade e da importância de incentivar os estudos e a maior compreensão da evolução humana sob o ponto de vista científico, será realizada de 18 a 20 de maio na Universidade de São Paulo (USP) a 5ª São Paulo Research Conference, com o tema 'Teoria da evolução: princípios e impactos'. Primeiro de uma série com temas multidisciplinares, o evento vai reunir especialistas de diversas áreas da ciência para abordar aspectos históricos, filosóficos e biológicos do darwinismo e da teoria da evolução, com suas extensões e variantes.

Segundo um dos organizadores do evento, o farmacologista Boris Vargaftig, do Departamento de Farmacologia do Instituto de Ciências Biomédicas (ICB) da USP, a intenção é oferecer aos jovens pesquisadores e professores uma zona de livre discussão com os melhores cientistas nacionais e estrangeiros. "Queremos mostrar os alcances e limites da teoria da evolução e estimular a realização de mais trabalhos nessa área", diz. Outro organizador da conferência, o imunologista Marcello Barcinski, do Departamento de Parasitologia do ICB/USP, acrescenta que o tema é pouco

abordado na graduação e na pósgraduação e ressalta sua importância e abrangência. "A evolução tem papel central para vários campos do conhecimento." Ele explica que, além de palestras, o evento incluirá um curso básico sobre evolução em nível de pósgraduação e uma mesa-redonda sobre a divulgação do tema na mídia. "Espero que a conferência ajude os profissionais a repensarem seus trabalhos à luz da teoria da evolução e seja um foco de irradiação de conhecimento para o público não-especializado."

Para compor um amplo panorama sobre a teoria da evolução e suas implicações, os organizadores convidaram pesquisadores não apenas da área de ciências biológicas, mas também de ciências humanas. A historiadora e filósofa da ciência Anna Carolina Regner, do Programa de Pós-graduação em Filosofia da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos), enfatiza que a teoria da evolução, desde as suas origens, em Darwin, foi um projeto interdisciplinar. Em uma de suas palestras, ela vai abordar o contexto encontrado por Darwin na Inglaterra no século 19, comparando-o com as propostas do naturalista. "Naguela época, a história natural confundia-se com uma 'teologia natural', tornandose fonte de indefectíveis argumentos a favor da harmonia da natureza e da providência divina. A aparente perfeição das adaptações era considerada evidência de desígnio divino." Segundo ela, o estudo da história natural não foi mais o mesmo após a edição de A origem das espécies, em 1859, marco referencial para as teorias

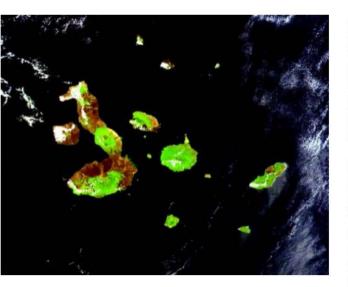


da evolução elaboradas posteriormente. "A grande contribuição da obra de Darwin foi a teoria da seleção natural - ou seja, a preservação das variações úteis a seu portador e a eliminação das injuriosas -, pela qual se produzem novas e 'mais aperfeiçoadas' formas orgânicas", explica. A pesquisadora cita ainda algumas polêmicas já existentes na época, como a oposição entre evolucionismo e criacionismo, termo que se relaciona à idéia de intervenção divina para explicar fenômenos, especialmente na área da história natural, e defende que cada espécie teve origem em um ato especial de criação.

A edição,
em 1859, da obra
A origem
das espécies,
do naturalista
britânico
Charles Darwin
(na foto acima),
revolucionou
o estudo da
história natural

O papel da seleção natural

O geneticista de populações Louis Bernard Klaczko, diretor do Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas, vai falar sobre a importância do princípio da seleção natural na teoria da evolução. Ele conta que o



A bordo do navio HMS Beagle, Darwin passou cinco semanas explorando as ilhas Galápagos (na foto), localizadas no oceano Pacífico, a 1.000 km da costa do Equador

darwinismo propunha um só modelo (a seleção natural) para explicar a origem das espécies (especiação) e a origem das adaptações. No entanto, não respondia à questão do surgimento e da manutenção da variabilidade genética nas populações.

Segundo Klaczko, na virada do século 20, alguns autores deram à mutação dos genes - e não à seleção natural - o papel fundamental para a especiação. Duas décadas mais tarde, a seleção natural voltou a ser considerada a força mais importante da evolução, tanto para a adaptação quanto para a especiação. "No fim dos anos 60, o surgimento de novos métodos moleculares de análise abriram uma nova perspectiva, chamando a atenção para a questão da evolução molecular - que não podia ser antecipada por Darwin - e atribuindo uma importante função à mutação", diz. Com o desenvolvimento de técnicas de análise computacional aliado aos métodos de sequenciamento de DNA, foi possível analisar as bases genéticas das diferenças entre espécies. "Isso já permitiu demonstrar que a seleção natural foi a força evolutiva responsável, por exemplo, pela divergência de um gene que inviabiliza o híbrido entre duas espécies de mosca do gênero Drosophila, resgatando, assim, a importância desse princípio para a origem das espécies." O geneticista ressalta que a evolução voltou a ser um campo ativo de pesquisa, pois há várias perguntas não respondidas e as ferramentas para realizar as análises necessárias já estão disponíveis.

O geneticista Francisco Salzano, do Departamento de Genética do Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pretende mostrar, com a apresentação de três estudos realizados por sua equipe, como essas novas técnicas moleculares vêm contribuindo para a investigação - só agora possível de detalhes relativos a questões levantadas por Darwin. O primeiro estudo, feito com 194 següências de DNA associadas a proteínas relativas à patogênese (defesa de plantas e outros organismos contra agentes patogênicos) de 54 espécies pertencentes a 37 gêneros diferentes, verificou, através de modelos estatísticos e simulações, a ação da seleção positiva (que conserva as variantes genéticas benéficas) em diversas regiões dessas moléculas. "Só agora, com os métodos sofisticados mais recentes, foi possível mostrar esse conceito de Darwin em um nível tão detalhado", ressalta.

A segunda pesquisa citada por Salzano envolve a análise, em populações de todos os continentes, de um gene que expressa uma proteína relacionada ao metabolismo das gorduras (gene receptor da lipoproteína de baixa densidade), mais especificamente uma região desse gene que na verdade não participa dessa função (não é traduzida), sendo responsável apenas por controlar a ação de outros genes. "Observamos que essa região, a mais variável em cromossomos não sexuais (autossomos), é controlada pela seleção natural em todo o mundo", revela.

O terceiro estudo foi realizado com os genes que expressam a proteína Pax9 (que influi na transcrição de genes relacionados à formação das estruturas da boca e da face dos indivíduos) de 15 espécies de vertebrados - incluindo populações humanas da Europa, Ásia, África e Américas -, quatro de primatas neotropicais (originários das Américas do Sul ou Central ou do Caribe) e um gorila. Segundo Salzano, a comparação das següências genéticas mostra uma homogeneidade entre homens, primatas e gorilas que só poderia ser explicada pela ação da seleção natural negativa (que descarta as variantes ruins). O pesquisador conta ainda que, nas populações humanas (especialmente na Europa), enquanto há um forte agente contrário à variação no conjunto do gene, existe uma grande e frequente variação em uma região específica, que provavelmente é responsável por não desenvolver totalmente a arcada dentária dos indivíduos. "Acreditamos que essa alteração, apesar de significar um defeito, traga vantagens", supõe, lembrando que, ao longo da evolução, a arcada do ser humano está diminuindo, especialmente o dente siso. Ele conclui: "Antes se pensava que a seleção natural não agisse em nível molecular e que as alterações genéticas eram aleatórias, mas nossos resultados e os de outros pesquisadores são avassaladores."

Evolução em outras vertentes

O médico geneticista Sergio Danilo Pena, do Departamento de Bioquímica e Imunologia da Universidade Federal de Minas Gerais, vai falar de suas pesquisas para resgatar a história evolucionária da espécie humana, tema que se insere no campo da microevolução (diversidade dentro de uma espécie). "A evolução já está comprovada, o que precisamos descobrir agora são seus mecanismos e processos", afirma. O

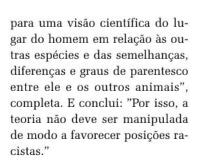
objetivo do geneticista é investigar a variabilidade genética humana atual e identificar os prováveis eventos migratórios da espécie para reconstituir a evolução dessa variabilidade, o que, segundo ele, depende da região genômica pesquisada. Ele explica que segue a premissa de que o homem teve origem única na África entre 150 e 130 mil anos atrás - uma história relativamente recente -. deixando aquele continente há menos de 100 mil anos. Em um estudo com 1.064 amostras de cromossomos X e marcadores genéticos (seqüências de DNA) não sexuais de 52 populações de sete regiões do mundo, Pena verificou que grande parte da evolução da espécie humana é fruto de deriva genética (mudança aleatória nas freqüências gênicas de duas gerações de uma população) e não de seleção natural, conceito que teria maior importância para a macroevolução (geração de espécies).

Em outra vertente, o psicólogo César Ades, do Instituto de Psicologia da USP, vai tratar da importância da teoria da evolução para a compreensão do comportamento animal e humano, o que, segundo ele, já era percebido por Darwin, que previu a aplicação de suas idéias à psicologia no final de A origem das espécies. Além disso, ele vai mostrar a influência das idéias darwinistas nos estudos modernos sobre o comportamento. "Não se pode ter uma compreensão plena do fenômeno humano sem os aportes da teoria da evolução", reforça. O pesquisador ressalta que esse tema gera enormes polêmicas desde a época da publicação do livro de Darwin, especialmente com os que acreditam que o ser humano é moldado exclusivamente por forças históricas e culturais e consideram reducionista a visão biológica e evolutiva.

Ades acrescenta ainda que o comportamento tem, além da deAs várias espécies de tentilhões estudadas por Darwin nas ilhas Galápagos são um dos argumentos mais aceitos de seu livro para a relação entre seleção natural e especiação. Apesar da forte semelhança, os pássaros – derivados da mesma espécie original – mostraram grande diversificação entre e dentro das ilhas (como a forma do bico) causada por isolamento geográfico, diferenças no ambiente ecológico e competição

terminação genética, uma forte e marcante influência do contexto ambiental, que tem de ser levada em conta em qualquer interpretação evolucionista. "A existência de comportamentos ou traços morfológicos ou fisiológicos modificados ao longo do desenvolvimento individual por influência do ambiente (que inclui a aprendizagem) pode criar semelhanças ou diferenças entre grupos que não sejam necessariamente produzidas através do mecanismo seletivo postulado por Darwin", esclarece.

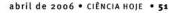
Para complementar a abordagem multidisciplinar do evento, a antropóloga Eunice Durham, do Departamento de Antropologia Social da USP, vai alertar sobre os descaminhos do uso desinformado do evolucionismo para a compreensão da evolução cultural. "Desde o final do século 19, os chamados darwinistas sociais têm construído uma base pseudocientífica para justificar o racismo, e esse antigo debate foi ressuscitado recentemente devido a posições extremadas defendidas pelos sociobiólogos", conta. Durham ressalta que as diferenças culturais entre as populações humanas não podem ser explicadas pela evolução biológica diferencial nem comprovam a existência de raças mais ou menos evoluídas. Ela reconhece a contribuição fundamental da teoria da evolução para a compreensão do surgimento e desenvolvimento da espécie humana. "Sua aceitação é básica



Ades reforça a importância da realização de um evento interdisciplinar, pois pode sugerir aos especialistas abordagens novas a partir de idéias vigentes em outras áreas. Salzano destaca outro aspecto da conferência: o de tentar contrabalançar a política negativa do criacionismo que está se popularizando agora no Brasil, através da divulgação de pesquisas de ponta e conceitos científicos para os educadores, a mídia e, consegüentemente, a sociedade em geral. Promovido pela Próreitoria de Pesquisa da USP, o evento é voltado para estudantes de graduação e pós-graduação, pesquisadores e professores do ensino médio. As inscrições podem ser feitas pela internet na página http://www.eventus.com .br/bioconferences/sprc5/, onde também está disponível a programação completa.



Ciência Hoje/RJ



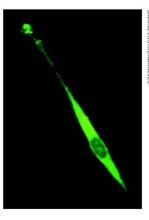
VACINA PROMISSORA CONTRA A DENGUE

Uma alternativa contra a dengue está alcançando resultados promissores. Embora um produto comercial ainda esteja longe de ser viabilizado, os primeiros testes em camundongos de uma vacina de DNA mostraram uma taxa de sucesso de quase 100% na proteção dos animais contra o sorotipo 2 do vírus da dengue. Desenvolvida pela bióloga Simone Morais da Costa, doutoranda do Laboratório de Imunopatologia do Instituto Oswaldo Cruz (IOC), da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), a vacina consiste em injetar um gene do vírus nas células, fazendo-as produzir a proteína viral NS1 e simular uma infecção. "O processo dispara uma resposta imune que protege o indivíduo contra a doença", explica Costa, que foi orientada pela bióloga Ada Alves.

Experimentos realizados em parceria com Bio-Manguinhos, também da Fiocruz, mostraram que, dos 30 animais vacinados, só dois desenvolveram a dengue, e, mesmo assim, apenas uma forma mais branda do que

a sofrida pelos 30 camundongos que não foram imunizados, 70% dos quais morreram. Testes adicionais com vírus isolados de um paciente e sem atenuações, feitos em colaboração com o Departamento de Virologia do IOC, confirmaram a proteção conferida pela vacina.

Segundo a bióloga, a vantagem da vacina de DNA é a indução de uma ampla resposta imune – que envolve tanto anticorpos (proteínas) quanto células T (que regulam a atividade imunológica) –, sem levar o paciente a desenvolver a doença, problema comum em imunizações que usam o vírus atenuado. Agora, os pesquisadores vão testar a eficácia da vacina contra os outros três sorotipos da dengue. Se os resultados forem positivos, os testes serão feitos em macacos e, posteriormente, em humanos. "Mas deve levar pelo menos 10 anos para que uma vacina chegue ao mercado", adverte Costa.



Célula de mamífero com a proteína viral NS1 (parte brilhante) em sua membrana

A Universidade de Brasília inaugurou em fevereiro uma usina que produz biocombustível por um processo inédito no Brasil: o craqueamento (decomposição térmica sob pressão e com catalisadores) de óleos vegetais. Ele gera compostos mais parecidos com o diesel do que o biodiesel mais comum. Apesar de atender as especificações da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), o produto ainda não foi regulamentado e só pode ser utilizado para consumo próprio ou de frotas cativas, em caráter experimental. A usina custou cerca de R\$ 60 mil e pode produzir 500 litros de biodiesel por dia. Os pesquisadores estudam agora os efeitos de longo prazo produzidos pelo combustível no motor dos veículos.



OUÍMICA

PÍLULAS DE PERFUME

Como manter durante um dia inteiro aquele aroma agradável de quem acabou de sair do banho? A resposta está em um produto criado pela empresa de base tecnológica Polymar – incubada no Parque de Desenvolvimento Tecnológico do Ceará (Padetec) – e lançado em 2005 no mercado brasileiro: as cápsulas de óleos essenciais, que, quando ingeridas, aromatizam todo o corpo. Inicialmente disponível na essência de lavanda, o Fyber Sense – como é chamado comer-

cialmente – dispensa o uso de perfumes, desodorantes e similares.

Para a fabricação do produto, a essência extraída de plantas nativas é microencapsulada em quitosana (fibra natural obtida a partir de carapaças de crustáceos), formando microesferas perfumadas que são acondicionadas em cápsulas gelatinosas. Segundo o químico Afrânio Aragão Craveiro, superintendente geral do Padetec, os pesquisadores usaram sementes de coentro, cuja essência tem todas as características da lavanda. "Já existe também um estudo para produzir pílulas com essência de cravo", adianta.

Craveiro explica que as cápsulas, depois de rompidas no estômago, transferem o aroma para todas as glândulas sudoríferas do organismo e, conseqüentemente, para as secreções. "Para que todo o corpo fique aromatizado constantemente, é preciso tomar seis cápsulas por dia", recomenda, advertindo que elas só começam a fazer efeito após o terceiro dia de ingestão.

O Fyber Sense tem ainda a vantagem de ajudar a eliminar as gorduras absorvidas pelo corpo e diminuir o colesterol, graças ao uso da quitosana, que tem alta capacidade de se ligar às gorduras, tornando-as não aproveitáveis para o organismo. "Além disso, como toda fibra solúvel, a quitosana regulariza as funções intestinais, limpa o sistema digestivo e previne o câncer de cólon", completa Craveiro. Esse e outros produtos inovadores desenvolvidos no Padetec garantiram à entidade o Prêmio Finep de Inovação Tecnológica 2005 na categoria Instituição de C&T.

Um veneno como remédio

ue bicho-cabeludo pode queimar, muita gente sabe. O que poucos sabem é que ele também pode matar. Desde o final da década de 1980 uma espécie de lagarta vem amedrontando a população rural na região Sul do Brasil: a Lonomia obliqua, mais conhecida como taturana. A pessoa que nela encosta pode desenvolver uma síndrome hemorrágica, caracterizada por sintomas que variam desde dor e queimadura no local de contato até sangramentos severos, muitas vezes acompanhados de insuficiência renal aguda ou mesmo a morte (figura 1). A novidade é que o estudo de seu veneno pode levar ao desenvolvimento de medicamentos contra distúrbios da coagulação e quadros hemorrágicos.

Comum nos meses de verão, a taturana pode ser encontrada durante o dia em grupos de dezenas – muitas vezes centenas – de indivíduos, geralmente nos troncos das árvores, onde ficam muito bem camufladas devido à sua coloração marrom-esverdeada. A destruição de seu hábitat, a mata nativa, vem forçando a migração

da espécie para áreas habitadas pelo homem, às quais ela se adaptou muito bem, podendo ser encontrada inclusive nas árvores frutíferas de quintais.

Tudo acontece muito rápido: a pessoa encosta na lagarta, cujo corpo é coberto por espinhos que quebram, perfurando a pele e injetando o veneno na vítima. O veneno é composto por várias substâncias tóxicas, a maioria proteínas, cada uma com um princípio ativo diferente que vai agir de maneira específica no organismo humano.

Para entender como atua o veneno da taturana, o grupo de pesquisa do veterinário e bioquímico Jorge Guimarães, do Centro de Biotecnologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, iniciou uma linha de estudo sobre o veneno da L. obliqua em 1998. Mesmo sem ter muita informação inicial, a equipe conseguiu descobrir detalhes importantes das estruturas espinhosas especializadas em armazenar e injetar o veneno, sobre como agem alguns dos princípios ativos que compõem essa secreção venenosa e, finalmente, sobre os genes da lagarta que carregam as mensagens para produzir o veneno mortal.

Alguns princípios ativos produzidos pela taturana foram parcialmente caracterizados. Um deles tem ação pró-coagulante (faz com que o sangue coagule mais depressa), enquanto outro destrói algumas moléculas fundamentais para a formação do coágulo sangüíneo, levando, portanto, à hemorragia. Outro componente conhecido do veneno destrói as células vermelhas do sangue (hemácias). O estudo detalhado e aprofundado de cada um desses princípios ativos é muito importante para compreendermos o envenenamento em nível molecular e para que sejam desenvolvidos medicamentos para tratar os sintomas da síndrome hemorrágica. Além disso, moléculas que interferem na coagulação

Figura 1. O veneno da Lonomia obliqua, mais conhecida como taturana, pode causar desde queimadura no local de contato até sangramentos severos ou mesmo a morte



sangüínea podem apresentar potencial aplicação no desenvolvimento de remédios para tratamento de problemas coronarianos, como, por exemplo, arteriosclerose e trombose.

Por dentro da L. obliqua

Os princípios ativos do veneno podem ser estudados através de técnicas de purificação de proteínas e testes das atividades enzimáticas específicas. Entretanto, alguns obstáculos tornam essa tarefa muito trabalhosa e limitada porque: (i) as lagartas são encontradas apenas nos meses de verão, uma vez que, nos outros períodos do ano, elas só existem na forma de pupa, mariposa ou ovo; (ii) são necessárias centenas de taturanas para se obter quantidade suficiente de veneno para a purificação dos princípios ativos; (iii) muitas proteínas importantes encontram-se em quantidades baixíssimas, sendo muito difícil separá-las dos outros componentes; (iv) o próprio veneno pode inibir ou mascarar a atividade das proteínas de interesse.

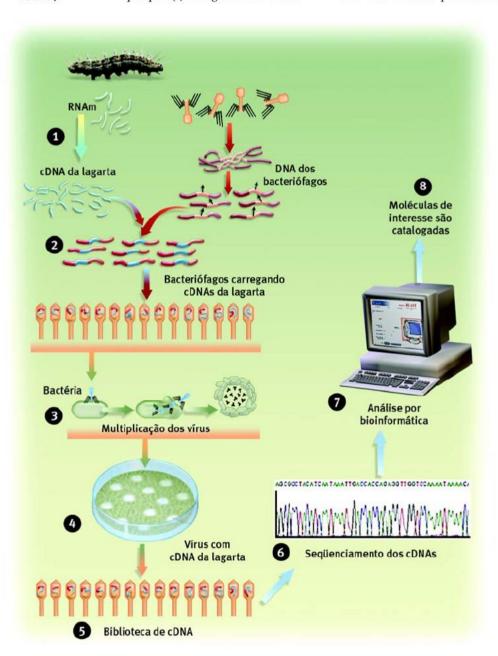
Em face a esses problemas,

buscamos uma abordagem alternativa, em colaboração com os médicos e bioquímicos José M. C. Ribeiro e Ivo M. B. Francischetti, ambos dos Institutos Nacionais de Saúde (NIH), nos Estados Unidos. O estudo, parte da minha tese de doutorado, baseou-se na análise dos genes da lagarta e me proporcionou vencer o Prêmio Jovem Cientista de 2005. Alguns resultados deste estudo podem ser consultados no sítio eletrônico http://www.ncbi.nih.gov/projects/omes/#poisonous animals.

Para entender melhor o que fizemos é preciso diferenciar DNA, RNA e proteína. A molécula de DNA é o material genético de um organismo e o gene é um pedaço deste DNA, que carrega uma mensagem que é copiada para uma molécula de RNA mensageiro (RNAm). O RNAm, por sua vez, copia a mensagem para a forma de proteína. Desse modo, cada molécula de RNAm encontrada na lagarta carrega a informação de um gene específico, cuja mensagem servirá de código para produzir uma proteína. Analisando a mensagem das moléculas de RNAm, pode-se deduzir quais proteínas estão sendo produzidas e em que quantidades.

Na natureza, o RNA é produzido a partir da cópia do DNA, mas, no laboratório, é possível fazer o caminho inverso - produzir DNA a partir da cópia do RNA. Moléculas produzidas desse modo são chamadas de cDNA (complementares ao DNA). Essas moléculas são mais estáveis do que o RNA e por isso mais fáceis de se manipular. Como mostra a figura 2, após obtenção do RNAm da lagarta, foi realizada a síntese de cDNA (1) e cada molécula de cDNA foi inserida dentro do material genético de um bacteriófago - vírus que infecta bactérias (2). Quando colocados dentro das bactérias (3), esses vírus se multiplicam, gerando várias cópias de seu próprio material

Figura 2. Produção de moléculas de cDNA (complementares ao DNA)



genético, assim como do material genético da largata que foi inserido, os cDNAs.

O sistema bacteriófago+bactéria funciona como uma fábrica que possibilita a multiplicação do cDNA da lagarta. Cada pequena colônia de bactéria que recebeu um bacteriófago contendo o cDNA da largata é chamada de clone. Quando as bactérias são colocadas para crescer em placas de cultura, aquelas que contêm os bacteriófagos morrem, deixando um ponto transparente na placa, o qual está cheio de vírus contendo os clones (4). Os cDNAs podem assim ser facilmente coletados para estudo. Todo esse conjunto de clones é chamado biblioteca de cDNA e representa as mensagens que estão sendo copiadas em proteínas (5).

Todas as seqüências de cDNA são então reveladas através da técnica de seqüenciamento (6). Uma vez conhecidas essas seqüências, usamos a bioinformática para compará-las com outras seqüências presentes em bancos de dados de genes e proteínas, como o GenBank do NIH (7). Essa abordagem também nos permitiu deduzir a provável função de cada uma das proteínas encontradas e montar um catálogo contendo todas as informações obtidas (8).

Os genes da taturana

Estudando bibliotecas de cDNA das lagartas, seqüenciei e identifiquei mais de 1.500 moléculas. Em uma primeira etapa comparei as seqüências obtidas, agrupando aquelas que representavam a mensagem de um mesmo gene. Esses grupos de genes foram alinhados de maneira a formar uma única seqüência, que foi utilizada para comparação no banco de dados do GenBank. A bioinformática também foi usada para identificar o tamanho de cada grupo de genes, por quantos e quais genes diferentes ele foi for-

mado e com quais genes conhecidos - e de quais espécies - ele apresentou maior similaridade. Foram identificados vários grupos contendo següências de moléculas importantes para a fisiologia da lagarta e que podem ser encontradas em outros organismos, inclusive humanos (proteínas musculares, moléculas do metabolismo da célula etc.). Também foram identificadas moléculas novas e únicas de L. obliqua. Finalmente, muitas moléculas identificadas apresentaram següências de proteínas com prováveis funções tóxicas.

Na segunda etapa de análise foram selecionadas apenas as sequências de interesse para o estudo do envenenamento - aquelas que carregam mensagem para produzir proteínas com papel na síndrome hemorrágica. Cada molécula foi novamente analisada para obter a següência completa, bem como para calcular o peso molecular e o ponto isoelétrico de cada proteína - informações importantes para estudos bioquímicos mais avançados, como caracterização da atividade enzimática e molecular, entre outros. As primeiras sequências de L. obliqua depositadas no GenBank resultaram deste trabalho e já serviram como base para vários estudos com outras espécies. Essa segunda análise gerou um catálogo contendo as principais características das prováveis toxinas, bem como uma discussão de como causam a síndrome hemorrágica.

Paralelamente à análise dos cDNAs da lagarta, estudou-se o seqüenciamento direto das proteínas mais abundantes. Com o auxílio da bioinformática, foi possível relacionar cada seqüência de proteína à sua respectiva molécula de cDNA e assim produzir em laboratório a proteína que interessa para estudar o mecanismo de ação do princípio ativo.

Tratamento e diagnóstico adequados

O conhecimento da estrutura molecular e da ação dos princípios ativos do veneno da taturana pode permitir um tratamento mais adequado de suas vítimas. Além disso, como muitas vezes a pessoa envenenada busca socorro sem saber qual foi o animal que a "picou", os resultados do estudo poderão ser úteis no desenvolvimento de um *kit* de diagnóstico específico para o envenenamento pela *L. obliqua*.

Outra possível aplicação é o desenvolvimento de remédios para tratar distúrbios da coagulação e quadros tromboembólicos, como hemorragias congênitas, arteriosclerose e trombose. O princípio ativo responsável por degradar as moléculas que formam o coágulo, uma vez bem estudado e conhecido, pode ser utilizado para destruir coágulos indesejáveis que venham a se formar nos vasos sangüíneos.

Além disso, muitas secreções produzidas por animais venenosos também constituem fontes de moléculas que agem na destruição de células tumorais. Do ponto de vista biológico, a análise das seqüências desses genes e proteínas também apresenta importância para estudos evolutivos e para a compreensão de processos fisiológicos de outros animais, inclusive dos seres humanos.

Considerando todos esses aspectos, torna-se mais fácil entender por que é tão importante o estudo de um bicho-cabeludo como a taturana.

Ana Beatriz Gorini da Veiga*

Laboratório de Bioquímica Farmacológica, Centro de Biotecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

^{*} A autora obteve o 1º lugar no Prêmio Jovem Cientista 2005 na Categoria Graduado

Salvem nossas aves

inda muito rica, a fauna de aves do Brasil, principalmente da mata atlântica, não é mais a mesma que encantou europeus no início de nossa colonização. Recordista mundial em número de espécies ameaçadas, o país sofre com a destruição de seus ambientes naturais. Um estudo da Sociedade para Conservação das Aves do Brasil (Save Brasil), no entanto, pode servir de base para mudar essa situação. Em um trabalho pioneiro que englobou 15 estados brasileiros e áreas de caatinga, pampa e cerrado, além da mata atlântica, a pesquisa identificou 163 Áreas Importantes para a Conservação das Aves (IBAs, na sigla em inglês), regiões que podem, agora, receber atenção especial visando a sua preservação.

As IBAs são áreas estratégicas para a proteção das aves e, para identificá-las, os biólogos utilizam critérios, como a presença no local de espécies globalmente ameaçadas de extinção, endê-



No Brasil, foram identificadas 163 Áreas Importantes para a Conservação das Aves (IBAs); 16 (em preto) foram apontadas pela BirdsLife como prioritárias. Destaca-se a Bahia, com 31 áreas selecionadas

micas, de distribuição restrita ou congregantes - espécies que utilizam a região para reprodução ou paradas durante a migração. A BirdLife International, organização representada pela Save no Brasil, já identificou 7.500 IBAs em 170 países.

O estudo, que durou cinco anos, contou com a participação de 30 biólogos especializados em aves. A escolha da mata atlântica como alvo do primeiro mapeamento se deve ao fato de esse ecossistema ser o mais ameaçado

Soldadinho-do-araripe (Antilophia bokermanni), espécie globalmente ameaçada de extinção e endêmica da chapada do Araripe (Ceará), área pressionada pela ocupação e uso das encostas

do país. Porém, como obedeceu às divisões políticas dos estados, a pesquisa acabou estudando, também, parte de outros biomas brasileiros, como o cerrado, a caatinga e os pampas.

A Save realizou primeiramente um levantamento de dados sobre toda a região estudada. Para isso, foram usadas pesquisas anteriores, um estudo do Ministério do Meio Ambiente e outro da própria BirdLife. Os dados foram apresentados então à equipe de 30 biólogos especializados em aves que atuam há vários anos nessas regiões. Eles foram os responsáveis por alterar as áreas definidas no levantamento inicial, para que elas correspondessem melhor à realidade atual. Assim foram estabelecidas as novas IBAs. O estado campeão no quesito número de IBAs foi a Bahia, com 31 áreas demarcadas, seguida por Minas Gerais, com 18. Já o Rio Grande do Sul ficou em primeiro lugar em área total: 1.047.051 hectares divididos em 12 IBAs. Quanto ao número de espécies ameaçadas, a IBA de Guaraqueçaba/Jacupiranga/Cananéia, entre São Paulo e Paraná, foi a recordista (17 espécies em risco), seguida pela IBA que engloba a serra da Bocaina, Angra dos Reis e Parati, no Rio de Janeiro, com 13.

Sem reconhecimento legal

Simplesmente identificar IBAs não basta. As áreas apontadas pelo estudo abrigam 89 das 118 espécies de aves ameaçadas de extinção existentes no Brasil. Apenas 37 dessas áreas são integralmente protegidas e 60 não estão sob nenhum tipo de proteção. Além disso, muitas se encontram em regiões pressionadas pela urbanização, como a serra da Cantareira, em São Paulo, que abriga quatro espécies ameaçadas e outras nove quase ameaçadas.

Além da preservação das aves raras e em risco, a conservação das IBAs também representa proteger toda a avifauna local. "As aves são um ótimo indicador ambiental", explica o ornitólogo Pedro Develey, da Save. "Se a avifauna encontra-se bem, é muito provável que outros grupos de plantas e animais também estejam preservados."

Apesar disso, as IBAs ainda não são legalmente reconhecidas no Brasil. Os pesquisadores esperam que esse estudo seja usado como base para a tomada de medidas práticas de conservação nas áreas mapeadas, como acontece, por exemplo, na Europa, e que não se limite apenas a um projeto que não sai do papel. "O mapeamento pode ajudar a direcionar as atividades e os recursos destinados à conservação dos hábitats", pondera Develey.

Além de trabalhar em parceria com o Ministério do Meio Ambiente na delimitação de áreas de conservação ambiental, a Save tem elaborado planos de ação para 16 IBAs, consideradas as mais ameaçadas e com espécies mais raras e próximas da extinção. "A grande dificuldade é que, como estão espalhadas por todo o Brasil, cada uma apresenta problemas próprios, que seguem as características socioeconômicas de cada região e, por isso, precisam também de soluções únicas", esclarece Develey. Por exemplo, no Rio de Janeiro, a principal ameaça é a ocupação ilegal das



O corocochó (*Carpornis cucullata*) vive nas matas de altitude em diversas IBAs da região da serra do Mar, nos estados de Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro e Espírito Santo. Apesar disso, é considerado uma espécie quase-ameaçada pelo Ibama

matas. Já em áreas do Nordeste, a vegetação tem sido transformada em carvão pela população mais pobre, enquanto, no Rio Grande do Sul, a maior preocupação está na expansão das culturas de eucalipto.

Os resultados do mapeamento foram publicados, em março, no livro Áreas Importantes para a Conservação das Aves no Brasil, dos biólogos Glayson Bencke, Gionanni Maurício, Jaqueline M. Goerck e Pedro F. Develey. A obra conta com uma lista que identifica o município, a localização precisa, a caracterização ambiental e física, a lista de aves em risco e as principais ameaças a cada uma das 163 IBAs classificadas. "Com a divulgação da pesquisa, queremos familiarizar os brasileiros com esse novo conceito e estimular cada parte a cumprir seu papel na proteção de nossas aves", afirma Develey.

A Save planeja começar outro mapeamento em 2007, dessa vez na Amazônia.



A tiriba-de-peito-cinza (*Pyrrhura griseipectus*) é uma espécie endêmica da serra do Baturité (CE) e considerada criticamente ameaçada de extinção pelo Ibama

Marcelo Garcia Ciência Hoje/RJ

ECOLOGIA

PARASITAS DE PEIXES INDICAM MUDANÇAS AMBIENTAIS

Parasitas de certas espécies de peixes podem ser aliados importantes na identificação de mudanças no ambiente, evitando, assim, desastres maiores. Um estudo do Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), feito com parasitas presentes no peixe acará (Geophagus brasiliensis), mostrou que pequenas variações ambientais, como diferenças na turbidez da água (quantidade de partículas em suspensão) ou aumento da eutrofização (multiplicação de material orgânico), também alteram essas populações.

Durante um ano, os pesquisadores estudaram parasitas de 550 peixes, coletados a cada dois meses, dos reservatórios Jaguari e Juqueri, que fazem parte do sistema Cantareira, que abastece a cidade de São Paulo. O Jaguari é o que sofre menor influência humana, enquanto o Juqueri recebe dejetos orgânicos vindos de um município próximo. A escolha do acará deveu-se ao fato de este ser um peixe muito comum no Brasil, o que permite o uso do método em qualquer parte do país. Além disso, a espécie é pequena, não migradora e resistente a mudanças bruscas de ambiente, o que facilita sua captura e análise.

O estudo avaliou ainda características do ambiente. como a temperatura e o pH da água, e a quantidade de material orgânico em suspensão. Os resultados mostraram que pequenas mu-

danças nessas variáveis alteram também as espécies de parasitas encontradas nos peixes e suas quantidades. "Esses dados podem nos avisar sobre alterações ambientais antes que seja tarde demais para salvar a vida dos peixes", ressalta o parasitologista Rubens Riscala Madi, da Unicamp.

Para usar o método em outros locais é necessário apenas monitorar a população de parasitas nos peixes por um ano. Os dados obtidos posteriormente devem ser comparados com os do ano anterior. "Qualquer alteração inesperada nas populações de parasitas alerta para uma mudança no ambiente", diz Madi. Apesar de rápido, simples e barato, o método não mede a qualidade da água nem determina o poluente responsável pelas alterações.



ECOLOGIA

FUSÃO DE ESPÉCIES

Dois roedores aparentados (Ctenomys lami e Ctenomys minutus), chamados de tuco-tucos, que habitam a planície costeira a nordeste de Porto Alegre (RS), estão correndo risco de se tornarem uma única espécie devido à interferência do homem em seu hábitat. O problema foi constatado pelo biólogo Thales Renato O. de Freitas, do Laboratório de Citogenética e Evolução Molecular da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), que estuda os roedores gaúchos desde 1984.

Tanto o C. lami quanto o C. minutus possuem um número

variável de cromossomos. No primeiro, ele vai de 54 a 58, e no segundo, de 42 a 50. Mas em 1994, Freitas coletou pela primeira vez animais que apresentavam 52 cromossomos, ou seja, híbridos (fusões) das duas espécies. "Isso vem ocorrendo desde que as áreas alagadas que separavam os dois tipos de tuco-tucos foram drenadas para suprir de água as plantações de arroz", informa o

biólogo.

Segundo ele, a presença dos híbridos pode gerar três resultados: esses animais podem permanecer na população com os outros tuco-tucos, desaparecer ou suplantar os C. lami e C. minutus, tornando-se uma nova espécie. O último caso resultaria na extinção dos tucotucos originais. Mas Freitas ressalta que existe a possibilidade de que a barreira geográfica, que impedia os dois tuco-tucos de se misturarem, seja substituída por uma biológica. "Com o passar das gerações, os híbridos podem se tornar incapazes de gerar descendentes, o que evitaria o desaparecimento dos C. lami e C. minutus", conta. Ele e sua equipe pretendem agora analisar essa hipótese.





58 • CIÊNCIA HOJE • vol. 38 • nº 225

ALTERNATIVA NACIONAL AO VIAGRA

Pesquisadores da Universidade Federal do Rio de Janeiro criaram uma molécula capaz de combater a disfunção erétil e tornar-se, no futuro, uma alternativa brasileira ao Viagra. A LASSBio 759 (nome dado em referência ao Laboratório de Avaliação e Síntese de Substâncias Bioativas, onde foi desenvolvida) ativa a ereção pelo acionamento do sistema nervoso central. Embora ainda sejam necessários muitos testes até a fabricação de um fármaco, as expectativas são otimistas, pois a nova substância promete causar menos efeitos colaterais que as usadas atualmente.

O mecanismo de ação da molécula, sintetizada em laboratório a partir do safrol (composto extraído do óleo da árvore sassafrás), é muito diferente do funcionamento dos medicamentos comercializados hoje no Brasil, que bloqueiam a produção de uma enzima para estimular a vascularização do corpo cavernoso do pênis. "Esse processo é responsável pelos efeitos adversos associados à dilatação dos vasos sangüíneos, como o ataque cardíaco", explica o farmacêutico Eliezer Barreiro, responsável pelos estudos com a LASSBio 759. O composto nacional age como modulador da dopamina, neurotransmissor que, além de estar diretamente ligado a sensações de prazer e motivação, inibe a prolactina, hormônio que, em excesso, pode provocar dificuldades de ereção.

Barreiro conta que, inicialmente, sua equipe queria produzir uma substância com propriedades analgésicas e antiinflamatórias. "Não abandonamos essa idéia", diz, acrescentando que o laboratório também estuda a aplicação da LASSBio 759 e seus derivados no tratamento de doenças neurodegenerativas, como o mal de Alzheimer.

A molécula, que não demonstrou toxicidade em ensaios preliminares com camundongos, já foi patenteada. Agora, os pesquisadores buscam aperfeiçoar sua estrutura de acordo com o distúrbio a ser tratado. "É como se estivéssemos fabricando chaves compatíveis somente com uma fechadura específica", compara. Para avançar em seus projetos, o laboratório conta com parcerias com a indústria farmacêutica. "Isso permite estabelecer prazos relativamente curtos (em torno de cinco anos) para lançar no mercado medicamentos com os princípios ativos sintetizados", prevê.

ENGENHARIA QUÍMICA

PINTURA SEM CHEIRO

Imagine pintar as paredes de um quarto e dormir lá na mesma noite. Isso será possível graças a um método, desenvolvido pela equipe do engenheiro químico Reinaldo Giudici, professor da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), para fabricar tintas de parede à base de água com menos resíduos tóxicos e, consequentemente, menos cheiro. Em vez de eliminar os compostos nocivos - que evaporam e causam náuseas, alergias e irritações nas vias respiratórias - depois que o produto está pronto, a técnica favorece as reações que consomem essas substâncias, evitando seu acúmulo.

Na produção de tintas à base de água, é preciso aglutinar os monômeros (moléculas capazes de se ligar umas às outras) usados como matéria-prima, que são voláteis e altamente tóxicos. Esse processo dá origem a polímeros, moléculas maiores e atóxicas, que formam um filme quando a tinta é aplicada a uma superfície. Porém, sempre sobram monômeros que não reagem entre si e que se tornam responsáveis pelo cheiro forte do produto.

Os pesquisadores da USP, então, modificaram as condições das

reações de polimerização (formação de polímeros), como a temperatura e a quantidade de reagentes, o que resultou em um maior consumo dos monômeros. "Isso pode reduzir o índice de compostos voláteis para menos de 20 partes por milhão (ppm)", conta Giudici. "Essa taxa é de 100 ppm nas tintas menos tóxicas disponíveis hoje no mercado", compara.

Atualmente, o método utilizado para eliminar o cheiro das tintas consiste em vaporizar os monômeros residuais após a polimerização. Mas esse vapor é altamente poluente e não deve ser liberado diretamente na atmosfera. Segundo Giudici, os custos para purificá-lo são altos, o que revela a vantagem econômica do novo método, que também poderá ser usado na fabricação de polímeros para revestimento de papéis. Agora, a metodologia está sendo testada em escala industrial e ainda deve ser patenteada antes de seu uso na produção de matéria-prima para tintas.

Após 14 anos de tramitação, a Lei n.º 285/99, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa da mata atlântica, foi aprovada no Senado Federal em fevereiro. O texto estabelece os critérios de uso e proteção do bioma mais ameaçado do



país, institui incentivos econômicos à produção sustentável, estimula doações da iniciativa privada para projetos de conservação, regulamenta o artigo da Constituição Federal que define a mata atlântica como patrimônio nacional, delimita seu domínio, proíbe o desmatamento de florestas primárias e cria regras para a exploração econômica. A aprovação da lei deve garantir a proteção e recuperação dos poucos remanescentes desse bioma, hoje reduzido a 7,3% de sua vegetação original.

Philip Fearnside

Departamento de Ecologia, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia



A polêmica das hidrelétricas do rio Xingu

As represas das hidrelétricas planejadas para a bacia do Xingu, na Amazônia, inundariam terras indígenas em floresta tropical e emitiriam gases de efeito estufa. Ao que tudo indica, a proposta de construir apenas a hidrelétrica de Belo Monte nesse rio, descartando os outros projetos, é um cenário fictício. Mesmo que a proposta seja confiável, sabe-se que grande parte da energia gerada será usada por indústrias que beneficiam alumínio para exportação. É preciso mudar esse quadro, evitando fornecer energia subsidiada a indústrias de uso intensivo de eletricidade, que geram poucos empregos, e criando novos mecanismos de avaliação criteriosa de empreendimentos de grande porte, que permitam inclusive, quando for o caso, impedir a construção.

projeto de construção da hidrelétrica de Belo Monte (figura 1), no rio Xingu, no Pará, é foco de intensa controvérsia, em função de sua magnitude e de seus impactos ambientais e sociais. A hidrelétrica terá uma área estimada de reservatório pequena (440 km²) e uma capacidade instalada grande (11.181,3 MW), mas para assegurar a geração constante de energia será essencial construir também, mais acima, a represa de Altamira (mais conhecida pelo nome anterior, Babaquara), que regularizaria a vazão do rio Xingu, mas inundaria uma vasta área (6.140 km²). Além dessas, outras quatro barragens foram inicialmente planejadas para a bacia do Xingu.

Tais represas, como o antropólogo norte-americano Darrell Posey (1947-2001) afirmava, não ameaçam apenas um grupo de índios. Devido à enorme diversidade de culturas indígenas na região do Xingu, estariam em perigo 37 etnias, de quatro troncos lingüísticos diferentes, com línguas tão afastadas quanto o português e o chinês. Entre os grupos ameaçados está o kaiapó, que, em fevereiro de 1989, organizou o Encontro de Altamira, para protestar contra as represas planejadas. Em um momento tenso do evento, uma mulher kaiapó, Tuíra, encostou seu facão no rosto do representante da empresa Centrais Elétricas do Norte do Brasil (Eletronorte), José Antônio Muniz Lopes, para enfatizar a reivindicação de que as barragens não fossem construídas. Uma das represas inundaria parte do Parque Indígena do Xingu (figura 2).

Encontro de Altamira – descrito no livro Tenotã-mõ: alertas sobre as consequências dos projetos hidrelétricos no rio Xingu, organizado pelo engenheiro e geógrafo Oswaldo Sevá Filho (http://www.irn.org/programs/ latamerica/pdf/TenotaMo.pdf) foi decisivo para uma 'evolução' dos planos oficiais para o Xingu. Como concessão aos povos indígenas, a Eletronorte mudou o nome da usina de Kararaô para Belo Monte - os kaiapó não admitiram o uso da palavra kararaô, de conotação religiosa. Na mesma época, a Eletronorte anunciou que retiraria as outras represas do Plano 2010 (que, em 1987, listou 297 barragens planejadas no país, das quais 79 seriam na Amazônia), mantendo neste apenas Belo Monte, e que faria um 'relevantamento da queda' do Xingu (reavaliação da topografia ao longo do rio). Isso tem sido interpretado - erroneamente, inclusive por líderes indígenas - como uma admissão oficial de que as outras represas (em especial a maior, Babaquara) não serão construídas. No entanto, a empresa jamais prometeu deixar de construir essas ou outras represas no rio (mudando os locais e os nomes, por exemplo). Reavaliar a topografia do Xingu talvez altere localização, altura e outros aspectos das barragens, mas não evitará a inundação das áreas de floresta e de terras indígenas.

Após o Encontro de Altamira, a menção das cinco barragens planejadas acima de Belo Monte desapareceu abruptamente do discurso público da Eletronorte. Em 1998, porém, Babaquara reapareceria de repente, com o nome de Altamira. Está listada no plano decenal da Eletrobrás para 1999-2008 em uma tabela de barragens importantes para futura construção (a ser completada em 2013). Desde então, essa hidrelétrica, de 6.588 MW, entrou sem alarde nas apresentações oficiais dos planos. As outras quatro Ipixuna (1.900 MW), Kakraimoro (1.490 MW), Jarina (620 MW) e Iriri (770 MW) - continuam ausentes de discussão pública.

A 'versão preliminar' de um novo estudo de impacto ambiental (EIA) para Belo Monte foi lançada em 2002 pela Fundação de Amparo e Desenvolvimento de Pesquisa (Fadesp), organização civil de interesse público associada à Universidade Federal do Pará. A escolha da Fadesp, feita em setembro de 2000 sem licitação, gerou grande controvérsia descrita no livro Hidrelétricas na Amazônia: predestinação, fatalidade ou engodo?, do jornalista Lúcio Flávio Pinto. Críticas incluíram falhas primárias apontadas em estudos desse tipo feitos pela mesma organização, para as hidrovias Tocantins-Araguaia e Tapajós-Teles Pires (ambos os relatórios foram rejeitados). O EIA para Belo Monte foi embargado pela Justiça federal em maio de 2001, mas uma liminar de outro tribunal

permitiu que o estudo continuasse, e a versão preliminar foi completada antes que a liminar fosse derrubada em 2002.

Durante esse período ocorreu o 'apagão', quando as regiões nãoamazônicas do país tiveram que racionar eletricidade e sofreram blecautes repetidos devido à falta de água nos reservatórios do Centro-Sul do país (ver 'A água de São Paulo e a floresta amazônica', em CH n° 203). Em maio de 2001, o então presidente Fernando Henrique Cardoso emi-

tiu medida provisória estabelecendo o prazo máximo de seis meses para a concessão de aprovação ambiental para projetos de energia, mas a medida expirou sem ter conseguido abreviar a aprovação de Belo Monte.

Recentemente, uma nova usina (de capital chinês e brasileiro) de produção de alumina em Barcarena (PA) foi incluída nas negociações econômicas com a China, após a visita do presidente Luís Inácio Lula da Silva àquele país em 2004. Será a maior do mundo quando completada. Acordos desse tipo, que dependem do fornecimento intensivo de eletricidade, tendem a fazer com que os estudos de impacto ambiental e o processo de licenciamento para as barragens planejadas se tornem meros enfeites decorativos.

Pressões para uma aprovação veloz de Belo Monte continuaram. Em março de 2004, o presidente chamou seus ministros para exigir que achassem maneiras de contornar impedimentos am-

Oceano Atlântico Belém Rio Uatumã Barragem Barragem de de Balbina Rio Amazonas Barragem antarém **Belo Monte** de Tucuruí Altamira 🗑 **AMAZONAS** Barragem Barragem de Altamira de Iriri (Babaguara) Barragem de Ipixuna Barragem de Kokraimoro PARÁ Barragem de larina

Figura 1. A Hidrelétrica de Belo Monte e os locais mencionados no texto

bientais para concluir projetos de infra-estrutura adiados no país, incluindo 18 barragens hidrelétricas. Em 13 de julho de 2005, o Congresso Nacional aprovou, em tempo recorde, a construção de Belo Monte, mesmo sem a aprovação do estudo e do relatório de impacto ambiental (EIA e RIMA). Várias organizações não-governamentais entraram com uma representação na Procuradoria Geral da República contestando a decisão, e a Procuradoria da República no Pará pediu uma Ação Direta de Inconstitucionalidade contra o Decreto Legislativo (nº 788), por falta de consulta às populações afetadas, entre outras falhas. O Supremo Tribunal Federal rejeitou o processo em 1º de dezembro de 2005 com base em falhas processuais, e a preparação de uma nova ação começou.

Os benefícios sociais obtidos em troca dos impactos das hidrelétricas planejadas para o Xingu são muito menores que os previstos

oficialmente, porque grande parcela da energia produzida se destinaria a empresas multinacionais de alumínio, que geram poucos empregos. A usina da Albrás em Barcarena (PA), por exemplo, emprega apenas 1.349 pessoas (dado de dezembro de 2004), mas usa mais eletricidade que a cidade de Belém, com 1,2 milhão de habitantes. O setor de alumínio emprega apenas 2,7 pessoas, no Brasil, por GWh de eletricidade consumida, triste recorde superado apenas pelas usinas de ferro-liga (1,1 empregos/GWh), também voltadas à exportação - mais detalhes sobre o tema podem ser obtidos no livro Energia no Brasil: para quê? para quem? - crise e alternativas para um país sustentável, do engenheiro Célio Bermann, da Universidade de São Paulo.

O debate sobre o fornecimento de energia e a substituição de combustível fóssil precisa ir além de cálculos simples de combustível versus kWh gerado. No caso das grandes represas na Amazônia, não é necessariamente verdade que, se uma usina não for construída, uma quantidade de combustível fóssil equivalente à energia que seria gerada terá que ser queimada. Isso só ocorreria se grande parte dessa energia fosse para fins essenciais, como o consumo de residências e de indústrias voltadas para o mercado doméstico, e não para indústrias eletrointensivas, como a de alumínio. O alumínio que o Brasil exporta é beneficiado usando energia - a preços baixos - gerada em hidrelétricas construídas com o dinheiro dos contribuintes e dos consumidores residenciais brasileiros.

A hidrelétrica de Belo Monte em si é apenas a 'ponta do iceberg' do impacto do aproveitamento do rio Xingu. Os principais problemas seriam trazidos pelas represas previstas rio acima, presumindo-se que o 'embalo político' decorrente da aprovação de Belo Monte aniquilaria o sistema

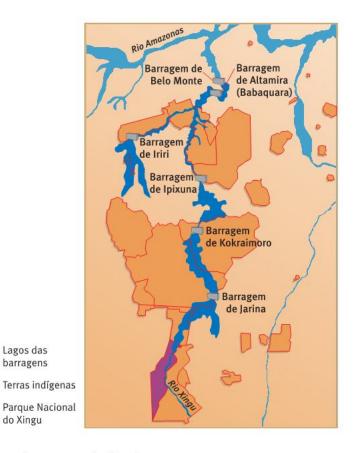
> de licenciamento ambiental - ainda frágil - brasileiro. Para a maioria dos observadores não ligados ao setor elétrico, esse é o quadro provável, que levaria à implantação das outras represas. No entanto, as autoridades desse setor se esforçam para dissociar Belo Monte de seu principal impacto, que seria o de 'abrir a porteira' para as megabarragens planejadas a montante.

Seria difícil encontrar outro local como o escolhido para construir Belo Monte, onde o rio tem um desnível de 87,5 m em um trecho relativamente curto e uma vazão média de 7.851 m³/segundo (média de 1931 a 2000). Embora o fluxo d'água varie muito ao longo do ano, o que reduz o potencial de geração de energia (sem outras represas que regularizem esse fluxo), a questão principal levantada pela hidrelétrica de Belo Monte é mais profunda que seus impactos diretos: o que está em debate é o modo como são tomadas as decisões sobre a construção de barragens. Em um Brasil ideal, Belo Monte poderia trazer boa parte dos benefícios que seus promotores anunciam. No Brasil real de hoje, porém, a obra teria impactos sociais e ambientais desastrosos, com pouca vantagem para a população.

A simples existência de Belo Monte forneceria a justificativa técnica para instalar outras represas rio acima, as quais inundariam vastas áreas de terra indígena, quase todas sob floresta tropical, e trariam outros problemas. Todos os anos, por exemplo, o nível das águas do lago de Babaquara cairia 24 m, na época seca, expondo um lamaçal de 3.580 km2. Este seria colonizado por plantas herbáceas, que apodreceriam sob a água quando o nível subisse na estação das chuvas. Assim, Babaquara seria uma fonte permanente de emissão de metano, um gás poderoso de efeito estufa (ver 'Gases de efeito estufa em hidrelétricas da Amazônia', em CH n° 211).

A dificuldade de aprovar a versão inicial da usina de Belo Monte, que incluía os benefícios da regularização da vazão por represas instaladas rio acima, levou à elaboração de novo projeto, que aparentemente dispensa essa regularização. No entanto, o estudo revisado (atual), logo após admitir que a opção de não considerar as outras barragens deveu-se à "necessidade de reavaliação deste inventário sob uma nova ótica

Figura 2. Áreas indígenas afetadas pelas barragens na bacia do rio Xingu



Lagos das

barragens

do Xingu

econômica e socioambiental", afirma expressamente: "Frise-se que a implantação de qualquer empreendimento hidrelétrico com reservatório de regularização a montante de Belo Monte aumentará o conteúdo energético dessa usina." Isso indica que a restrição da análise oficial a Belo Monte é uma conveniência para obter a aprovação do projeto. Na verdade, nem a Eletronorte, nem qualquer autoridade governamental, prometeram não construir barragens a montante - apenas adiaram uma decisão sobre elas. Esse é o ponto crucial da questão.

Um provérbio árabe — "se um camelo mete o focinho na tenda, o corpo vai logo atrás" — encaixase bem no caso da usina de Belo Monte. Um beduíno que deixe seu camelo colocar a cabeça dentro da tenda, à noite, para escapar de uma tempestade de areia, encontrará o camelo inteiro ao seu lado ao acordar. Igualmente, se Belo Monte for construída, a população, ao acordar, encontrará Babaquara já instalada.

A história do 'camelo na barraca' já aconteceu com projetos da Eletronorte em pelo menos duas ocasiões. O primeiro exemplo é o enchimento do reservatório de Balbina, hidrelétrica instalada no rio Uatumã, no Amazonas. Em setembro de 1987, antes do início do processo, a Eletronorte emitiu um 'esclarecimento público' declarando que o reservatório seria enchido apenas até a cota de 46 m sobre o nível médio do mar (abaixo do nível do projeto original, de 50 m), e que seriam realizados estudos ambientais para avaliar a qualidade da água antes de uma decisão sobre o aumento da cota. O enchimento, porém, passou dos 46 m e, sem interrupção, seguiu adiante, até ultrapassar a cota de 50 m (ver 'Balbina: lições trágicas na Amazônia', em CH n° 64). Hoje, a represa é operada, sem nenhuma justificativa, com um nível máximo de 51 m. O segundo exemplo é a expansão, em 4 mil MW, da capacidade instalada em Tucuruí, hidrelétrica instalada no rio Tocantins, no Pará. Um estudo de impacto ambiental estava sendo elaborado para o projeto de Tucuruí II (a expansão), já que a lei o exige para qualquer hidrelétrica com 10 MW ou mais de capacidade instalada. No entanto, a Eletronorte começou a construção em 1998 sem esse estudo ambiental, alegando que a obra não teria impactos ambientais porque a cota máxima da água no reservatório já formado por Tucuruí I permaneceria inalterada em 72 m sobre o nível médio do mar. Durante a construção, porém, a cota máxima foi discretamente elevada para 74 m, como era o plano original. A represa é operada nesse nível desde 2002, também sem justificativa.

A mesma estratégia já é visível no caso de Belo Monte. O estudo de viabilidade diz que "os serviços de infra-estrutura (acessos, canteiros, sistema de transmissão, vila residencial, alojamentos) terão início tão logo sua licença de instalação seja aprovada, o que deve ocorrer separadamente da aprovação da licença para as obras civis principais, no decorrer do denominado ano 'zero' de obra". Isso revela que o estudo de impacto ambiental e o processo de licenciamento da barragem são vistos como meras formalidades burocráticas para legalizar uma decisão já tomada. Se fossem considerados essenciais para a decisão sobre implantar ou não o projeto, não haveria razão para iniciar a infra-estrutura complementar enquanto o projeto principal (a barragem) ainda estivesse sob análise.

Esses exemplos são indicações pouco favoráveis para o futuro do Xingu. Eles sugerem que, embora as autoridades falem apenas sobre uma hidrelétrica (a de Belo Monte), é provável que a segunda barragem (Babaquara/Altamira) seja construída mais tarde de qualquer maneira. Portanto, os impactos dessa nova represa deveriam ser avaliados e, se julgados inaceitáveis, a decisão de implantar Belo Monte teria de incluir uma garantia confiável de que não haveria outras usinas rio acima. Mesmo que Belo Monte seja de fato viável economicamente sem Babaquara, como a Eletronorte afirma, o perigo da implantação dessa segunda barragem continua, já que, concluída a primeira, o argumento de que a regularização da vazão por outra represa ampliaria o potencial de geração em Belo Monte dominaria o processo de tomada de decisão.

O debate sobre Belo Monte poderia levar a um resultado diferente, não sobre a construção ou não dessa usina, mas sobre a mudança do sistema de tomada de decisão sobre barragens de hidrelétricas. Para isso, perguntas básicas precisam ser enfrentadas: o que é feito com a energia? Quanta energia é realmente necessária? Além de não mais encorajar a expansão de indústrias intensivas de energia, o governo brasileiro deveria penalizar fortemente essas indústrias, especialmente a de alumínio, cobrando delas o dano ambiental que o uso intensivo de energia implica. Também é preciso formar uma estrutura institucional confiável, para assegurar que compromissos oficiais sejam cumpridos. A série de precedentes na história recente de construção de barragens no Brasil, com diversos compromissos quebrados, indica que essa nova estrutura precisaria ser testada para obter a credibilidade necessária para tratar de questões como a de Belo Monte. Esperar essa evolução institucional não significa perder o potencial dessa hidrelétrica: a opção de construir uma barragem naquele local permanecerá aberta.

José Monserrat Filho *

Associação Brasileira de Direito Aeronáutico e Espacial (SBDA), Instituto Internacional de Direito Espacial (IISL) e Comitê de Direito Espacial, Associação de Direito Internacional (ILA)



Espaço cósmico e desenvolvimento nacional

As informações e serviços proporcionados pelos variados satélites que hoje orbitam a Terra têm grande importância para a promoção do desenvolvimento e da melhoria da qualidade de vida das pessoas. No entanto, o acesso a esses benefícios das atividades espaciais ainda é limitado. Um amplo programa de cooperação, com escala planetária, que dotasse cada país, sobretudo os menos desenvolvidos, da infraestrutura necessária para captar, processar e utilizar dados espaciais, poderia levar a um salto qualitativo no desenvolvimento

uando começou a era espa-cial, com o lançamento pela então União Soviética do primeiro satélite artificial, o Sputnik I, em 4 de outubro de 1957, qual era o principal objetivo das atividades espaciais? A colocação em órbita desse satélite, é certo, constava do 1º Ano Geofísico Internacional (julho de 1957 a dezembro de 1958), programa científico global inédito até então. Mas o Sputnik, em si, nada tinha de científico: era uma simples esfera de alumínio, com 58 cm de diâmetro, e pesava 83,4 kg. Com dois transmissores de rádio alimentados a pilhas comuns ligados a dois pares de antenas, emitia o som "bip-bip-bip" só para marcar sua presença inaugural no espaço. Esgotadas as baterias, o satélite calou-se três semanas após o lançamento, em 26 de outubro. Era um objeto da idade da pedra espacial.

Importante mesmo era o foguete R-7 que o lançou. Ali estava o poderoso primeiro míssil balístico intercontinental. Vinha mudar a correlação de forças militares entre as grandes potências rivais à época, União Soviética e Estados Unidos. O território norteamericano pela primeira vez tornava-se vulnerável a um ataque nuclear. Por isso, o inocente Sputnik gerou tanto pânico entre os norte-americanos. Havia algo mais atrás daquele inofensivo "bip-bip": um lance estratégico na guerra fria. Assim, a era espacial nasceu dentro de rigorosa lógica militar. Os dois lados monopolizavam conhecimentos, tecnologias e dados espaciais. Os aliados, a França de Charles De Gaulle (1890-1970), de um lado, e a China de Mao Tse-Tung (1893-1976), do outro, tiveram que descobrir sozinhos o caminho das pedras, ou das estrelas. O mundo inteiro era mero espectador da corrida espacial, uma 'briga de cachorro grande' em busca de prestígio e arsenais cada vez mais destrutivos.

Hoje, meio século depois, já não há guerra fria, mas o espaço segue fortemente militarizado. Pode até virar zona de guerra, com a anunciada instalação de armas em órbita. Se isso ocorrer, será mais uma ameaça aos habitantes da Terra, como se não bastassem as tantas já existentes. Quais seriam as conseqüências de um apagão só em parte, digamos, da rede de satélites em órbita que hoje mantém serviços essenciais no planeta?

mundial.

^{*} Editor do *Jornal da Ciência*, da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC)

Felizmente, os estudos e o uso do espaço também avançaram, e muito, pelos caminhos da paz e da melhoria da qualidade de vida das pessoas em áreas cruciais: comunicações, meteorologia, sensoriamento remoto, domínio dos recursos naturais (águas, florestas, minerais), planejamento terrestre e urbano, cartografia, navegação e localização, ensino e assistência médica via satélite, defesa do meio ambiente, proteção contra catástrofes naturais etc. Tanto que, hoje, se uma bomba destruir satélites ativos, cortando seus benefícios, teremos um desastre colossal. A informação e o conhecimento que o espaço nos proporciona deixaram se ser luxo de país rico. Tornaram-se serviços de primeira necessidade. Cada país precisa deles para desenvolver-se de fato. O desenvolvimento nacional, é verdade, não depende apenas do espaço. Mas o espaço agora é fator indispensável. Ignorá-lo é permanecer no atraso e na pobreza.

Ocorre que a maioria dos países e milhões de pessoas no mundo inteiro ainda têm pouco ou nenhum acesso aos benefícios esHoje, se uma bomba destruir satélites ativos, cortando seus benefícios, teremos um desastre colossal. A informação e o conhecimento que o espaço nos proporciona deixaram se ser luxo de país rico

paciais. Além da fome, das doenças e de outras carências básicas, eles também enfrentam a falta de dados essenciais para resolver seus graves problemas econômicos, sociais, educacionais, ambientais.

Portanto, parece ter chegado a hora de se criar um amplo programa de cooperação em escala planetária para permitir que cada país tenha uma infra-estrutura, mínima que seja, de equipamentos e especialistas para captar, processar e aplicar em seu território dados geoespaciais. Sem essa base, é praticamente impossível dar objetividade, eficiência e dinamismo a qualquer esforço de desenvolvimento nacional.

O Brasil, em pouco mais de

um ano e meio, distribuiu de graça a seus habitantes, instituições e empresas mais de 170 mil imagens do Cbers-2, o satélite de observação da terra que construímos junto com a China, no mais importante programa de cooperação espacial de ponta entre países em desenvolvimento. Esperava-se distribuir cerca de 25 mil imagens em um ano. O surpreendente número alcançado em tão pouco tempo revela a enorme demanda de informações geoespaciais existente no país. Imagine-se, então, qual será a demanda da África e da Ásia, que têm uma legião de países ainda menos desenvolvidos que o Brasil.

A rica experiência brasileira reforca a idéia de que as atividades espaciais devem atribuir hoje a mais alta prioridade ao desafio do desenvolvimento em cada país. Também comprova que essa ação começa certamente com a criação de uma infra-estrutura de recepção e o uso de informações geoespaciais. Tal iniciativa precisaria de apoio internacional, mas deveria se basear fundamentalmente na mobilização interna nas nações. O acesso - o mais facilitado possível - aos dados produzidos pelos satélites permitiria enfrentar os mais agudos problemas locais, estimulando avanços sociais e econômicos capazes de promover cadeias de efeitos estimulantes e multiplicadores.

Que lógica mais saudável se poderia imprimir à era espacial neste inquietante e decisivo século 21?



O Cbers-2 (na foto, passando por testes de vibração no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) tem gerado imagens de alta qualidade, usadas de graça por milhares de brasileiros em todo o país

ENTOMOLOGIA Atraentes, os sabetinos podem ser vetores de vírus transmitidos por artrópodes

Mosquitos-borboletas

Carlos Brisola Marcondes

Departamento de Microbiologia e Parasitologia, Universidade Federal de Santa Catarina

Anne Zillikens

Instituto de Zoologia, Universidade de Tübingen (Alemanha)

Fêmea de Sabethes cvaneus sorve sangue em pele humana. As pernas posteriores se dobram sobre a cabeça, e as pernas médias têm 'remos' de escamas finas e longas. O corpo apresenta coloração azul metálica. Perto da probóscida, que perfura a pele, ficam as antenas, que são pilosas uando o assunto é mosquito, a primeira idéia que em geral vem à cabeça das pessoas é que eles devem ser aniquilados. Só poucos compreendem a importância de estudá-los. É preciso conhecêlos bem para saber, entre outras coisas, como vivem, quais oferecem algum tipo de risco para o homem e para os animais, e como combatê-los. Seus hábitos e aparência variam muito. Os que voam e picam à noite geralmente têm cores discretas (marrom, bege, preto e cinza), enquanto os de atividade diurna são bastante coloridos (podem ser azuis, verdes, dourados, púrpura etc.) e às vezes apresentam um brilho metálico. Tornam-se especialmente bonitos quando recebem raios solares e os refletem.

Esses mosquitos são os sabetinos, cientificamente incluídos na tribo Sabethini. Das 375 espécies conhecidas no mundo, 218 estão no continente americano e 124 já foram encontradas no Brasil, onde vivem em geral dentro da mata. Estudos de mosquitos em áreas de florestas no Sul e Sudeste brasileiro levaram à identificação, respectivamente, de 12 e 34 espécies de sabetinos, o que revela uma elevada diversidade. Apesar de sua beleza, de seu colorido atraente e de seus hábitos curiosos, os sabetinos são pouco conhecidos do grande público.

As cores fortes dos sabetinos sugerem a denominação 'mosquitos-borboletas', a partir da expressão inglesa butterfly of mosquitoes, proposta para o gênero Sabethes. Se sua beleza já é suficiente para atrair nossa atenção, o interesse médico justifica plenamente que sejam investigados com afinco. Além de suas picadas serem incômodas, suspeita-se que transmitam alguns tipos de vírus. Procuraremos oferecer aqui alguns dados sobre sua biologia, que é diferente da dos demais mosquitos.

Quem vê um sabetino ao microscópio fica admirado com a vivacidade de suas cores. Várias espécies do gênero *Sabethes* apresentam longas escamas nas



pernas, formando 'remos' bem visíveis a olho nu. Sua coloração é provavelmente útil para o relacionamento entre os sexos, para a corte e a cópula, já que não formam enxames como os outros grupos. O pequeno Limatus durhamii, com escamas metálicas douradas, prateadas, azuis e vermelhas, pode ser visto voando devagar, com a probóscida (tromba) voltada para baixo, como que para expor uma conspícua mancha azul, margeada de negro, na região dorsal.

Discreta aterrissagem

De atividade diurna, um sabetino não pousa no hospedeiro logo que o vê. Em geral, ele o rodeia lenta e timidamente, com suas pernas finas e longas bem abertas antes da discreta 'aterrissagem' para picar. Se o hospedeiro se mexe, ele foge depressa. Ao pousar, as pernas posteriores ficam tão dobradas por cima do corpo que passam sobre a cabeça. Como os mosquitos têm que disputar espaço com seus concorrentes, algumas espécies se especializaram em 'atacar' em certos horários, outras escolhem seus hospedeiros e outras ainda dão preferência a partes específicas do corpo do indivíduo atacado. Vários Sabethes preferem picar a cabeça; alguns escolhem especificamente a ponta do nariz do hospedeiro.

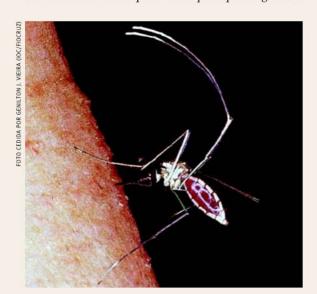
Pode parecer estranho que mosquitos tentem nos picar à luz do dia, quando estamos ativos (convém lembrar que somos hospedeiros acidentais quando adentramos uma floresta ou dela nos aproximamos). Eles picam mamíferos, muitos dos quais costumam ficar pouco ativos nas horas mais quentes do dia, como os macacos, os gambás e as onças. Os mosquitos *Phoniomyia* têm pernas e probóscida longas, indicando que podem sugar hospedeiros de pêlos compridos e pele espessa. Embora os sabetinos em geral 'ataquem' dentro da floresta, algumas espécies podem entrar em domicílios para picar, principalmente se estes ficarem próximos de florestas.

As formas imaturas (ovos, larvas e pupas) dos sabetinos se desenvolvem na água contida em recipientes formados por plantas. As fêmeas põem ovos na água acumulada em bromélias, bambus furados ou cortados, ocos de árvores, frutas cortadas e caídas no solo e outras plantas. Estudos feitos em bromélias indicam que seus 'tanques' são ricos em animais: mosquitos de várias espécies, quironomídeos, mutucas, larvas de libélulas, besouros e moluscos...

As larvas dos sabetinos são em geral predadoras, principalmente de outras larvas de mosquitos, até das de seus irmãos. Diante disso e do fato de as fêmeas depositarem poucos ovos em cada criadouro, a quantidade de larvas encontradas costuma ser pequena. Larvas do gênero *Wyeomyia* são encontradas em bromélias da mata atlântica, e as fêmeas do gênero *Sabethes* costumam pôr seus ovos em ocos de árvore e em bambus furados.

Comportamento curioso

O comportamento de postura de Sabethes chloropterus é especialmente curioso: as fêmeas pairam diante do furo de um bambu e lançam os ovos no seu interior, com ótima pontaria e com força suficiente para que eles atinjam uma distância de 2,5 cm a 10 cm. Essa espécie de mosquito ocorre em grande parte do Brasil. O mosquito Trichoprosopon digitatum



põe ovos em cascas de frutas e às vezes em oco de árvores. Após colocar os ovos, a mãe permanece sobre eles, aparentemente para protegê-los, até o nascimento das pequenas larvas, 24 horas após a postura.

O estudo da ecologia dos mosquitos que se desenvolvem na água acumulada em bambus é difícil, por ser rara a ocorrência natural de furos no colmo dessas gramíneas. Diferentemente do bambu vivo, o bambu cortado ou furado artificialmente seca rapidamente. Para estudar os mosquitos

que se desenvolvem nesse ambiente, nossa equipe perfurou os entrenós de bambus, que são cortados algum tempo depois para que se possa examinar a água de cada entrenó. Desse modo, centenas de mosquitos têm sido coletados na mata, permitindo o estudo dos efeitos do clima e da altura dos entrenós na ocorrência de mosquitos de várias espécies.

Embora os sabetinos se desenvolvam em coleções de água acumulada naturalmente nas plantas, formas imaturas de algumas espécies podem ocorrer em ambientes artificiais, como copos de plástico ou vidro e outros recipientes que acumulam água da chuva.

Suspeita-se que várias espécies de sabetinos sejam vetores de arbovírus (vírus transmitidos por artrópodes), que podem causar doenças graves nos seres humanos. Sabethes chloropterus é vetor secundário do vírus da febre amarela, enquanto mosquitos do gênero Haemagogus (também silvestres, mas não sabetinos), são vetores primários. A partir do ciclo silvestre da febre amarela, em que o vírus circula entre macacos e mosquitos dos gêneros Haemagogus e Sabethes, pode ocorrer o ciclo urbano da doença, quando o Aedes aegypti transmite o vírus para humanos. Essa questão preocupa enormemente as autoridades sanitárias. Se a densidade de A. aegypti na cidade for muito alta e ele picar um indivíduo que tenha o vírus no sangue (como, por exemplo, um caminhoneiro ou um turista não vacinado que tenha estado em uma zona de transmissão), o ciclo urbano pode ocorrer. A compreensão do ciclo silvestre da febre amarela e de outras arboviroses é fundamental para a prevenção de surtos de doenças como os provocados pelo vírus Rocio, que ocorreu na década de 1970 no Vale do Ribeira, em São Paulo, e causou muitos óbitos e sequelas em moradores da região. Alguns arbovírus já foram isolados de sabetinos, e muitos outros deverão ser identificados no futuro, caso venham a ser feitas pesquisas intensivas em ambientes preservados.



Mosquito do gênero Sabethes. O tórax tem cores vivas, e o abdome apresenta manchas laterais claras de forma arredondada

Um sabetino típico pica com a perna posterior dobrada sobre a cabeca. O lábio (parte da probóscida) está dobrado para que os estiletes possam perfurar a pele. O abdome, com manchas laterais claras de forma triangular, está inchado devido à presenca de sangue

ENTOMOLOGIA Operários de algumas espécies podem 'explodir' para tentar conter inimigos



Figura 1.
Operários
de uma espécie
de cupim
do gênero
Ruptitermes
coletando
alimento
na serapilheira
(a camada
de folhas e
restos de galhos
sobre o solo)

A defesa de uma colônia de cupins cabe, em geral, à casta dos soldados. Em diversas espécies, porém, os operários também têm participação ativa nessa tarefa, em especial quando as colônias sequer têm soldados, como os cupins do gênero *Ruptitermes*, encontrados nas Américas, inclusive no Brasil. Os operários desse gênero podem ser chamados de cupins 'kamikazes', pois 'explodem' o próprio corpo e liberam uma secreção capaz de imobilizar pequenos atacantes, como formigas. Por **Ana Maria Costa-Leonardo**, do *Departamento de Biologia* da *Universidade Estadual Paulista* (*campus* de Rio Claro).

s cupins ou térmitas são insetos sociais cujas colônias apresentam diferentes castas, de acordo com a função dos indivíduos. O rei e a rainha, os fundadores da colônia, têm função reprodutiva. São ainda os únicos que possuem olhos. Os integrantes das outras castas – operários e soldados – são cegos e estéreis. Os operários (figura 1) constroem, consertam e limpam o ninho, coletam alimento e cuidam das crias, enquanto os soldados são responsáveis pela defesa da colônia. Os indivíduos dessas castas se comunicam por sinais químicos detectados por suas antenas (quando liberados no ar) ou por seu paladar (quimiorrecepção de contato), e suas atividades dependem dessas pistas químicas específicas.

Os cupins têm um amplo leque de predadores: desde aves, répteis e anfíbios até mamíferos (como tamanduás, tatus etc.), além de outros insetos. Entre os principais inimigos de suas colônias estão algumas espécies de formigas. Estas são atraídas pela imensa população dos cupinzeiros, notada principalmente quando tais insetos saem para buscar alimento (forrageamento) na superfície do solo. Para combater esses inimigos naturais, os cupins adquiriram, durante sua evolução, armas defensivas bastante peculiares.

Na defesa de sua sociedade, eles empregam armas tanto mecânicas quanto químicas. Em geral, essas armas estão associadas à casta dos soldados. São consideradas armas mecânicas as adaptações do tegumento (o revestimento dos insetos, mais resistente nos soldados) e as próprias mandíbulas (maiores e mais fortes nos soldados). São tidas como armas químicas substâncias tóxicas (ou adesivas) e feromônios de alarme liberados por glândulas: as

primeiras são liberadas no confronto direto com os predadores e os feromônios são liberados no ar, sinalizando perigo para os demais integrantes da colônia.

Uma colônia de cupins sob ataque de agressores mobiliza um pelotão suicida de soldados. Estes, quando perturbados, acionam suas mandíbulas com força e precisão contra os inimigos. Algumas vezes, os soldados desferem golpes tão certeiros que degolam o agressor. Já os operários são, de modo geral, bastante vulneráveis quando em contato direto com os inimigos, por ter agilidade limitada e tegumento fino. Na maioria das espécies, sua única defesa consiste em usar suas mandíbulas, de alcance e força limitados (figura 2).

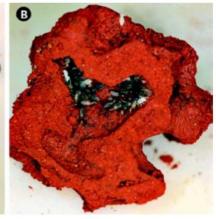
Em algumas espécies que forrageiam em áreas abertas, na superfície do solo, os operários simplesmente fogem quando intensamente atacados por formigas. É o caso do cupim *Hodotermes mossambicus* (família Hodotermitidae): os operários dessa espécie têm pernas longas adaptadas para uma fuga rápida. Durante a evolução, porém, surgiram predadores especializados, como certas formigas, cujo ataque é bastante rápido. Em função dessa especialização de predadores, os operários de cupins desenvolveram novas soluções para a defesa do ninho.

Em algumas espécies, o conteúdo intestinal dos operários pode constituir uma defesa efetiva para a colônia, principalmente no caso de cupins que se alimentam de húmus. Já nos anos 50, pesquisadores notaram que formigas de uma espécie da subfamília Dorylinae reduziam ou cessavam o ataque a ninhos do cupim *Coptotermes testaceus* (da família Rhinotermitidae) quando os corpos de operários mortos espalhavam o odor de seu conteúdo intestinal.

Em determinados gêneros da subfamília Apicotermitinae (família Termitidae), mecanismos defensivos mais especializados evoluíram nos operários. Um desses gêneros é *Skatitermes*, encontrado na África. Os operários desses cupins apresentam uma grande mobilidade do abdômen. Quando precisam se defender, esses operários projetam o abdômen para a frente e pingam uma gota de líquido fecal viscoso na cabeça de seu atacante, em geral uma formiga, imobilizando-a de imediato. Esse comportamento pode ser repetido várias vezes.

Na maioria dos cupins africanos da subfamília Apicotermitinae e em alguns cupins das Américas (neotropicais) do gênero *Anoplotermes*, da mesma subfamília, os operários sofrem deiscência (ruptura) abdominal. Nesse processo, em situações de perigo, eles contraem convulsivamente os músculos abdominais até que o abdômen se rompe e o conteúdo intestinal viscoso é exposto. O rompimento ocorre em um local específico do corpo do inseto, onde há uma linha de fraqueza na parede abdominal.





Os cupins 'explosivos'

No gênero Ruptitermes (também da subfamília Apicotermitinae e das Américas), que não tem a casta dos soldados, a defesa da colônia é exercida diretamente pelos operários, que podem ser chamados de 'cupins kamikazes'. O termo 'kamikaze', que significa 'vento divino', designava, na Segunda Guerra Mundial, os pilotos japoneses que atuavam em missões suicidas, lançando seus aviões, carregados com explosivos, sobre alvos inimigos. A natureza, portanto, revela que o homem não inventou nada novo: esse altruísmo suicida, em que os indivíduos morrem em defesa da sociedade, tem sido observado em muitas espécies de insetos sociais.

Quando operários de *Ruptitermes* estão estressados, sofrem ruptura abdominal, com eliminação de uma substância incolor e viscosa produzida por uma glândula exócrina (que libera sua secreção no ambiente externo) (figura 3). Encontros com predado-

Figura 2.
Operários
da espécie
Ruptitermes cf.
reconditus (A),
e os mesmos
insetos em
galerias
de ninho
abandonado (B)
do cupim
Cornitermes
cumulans





Figura 3.
Operários
de cupim
do gênero
Ruptitermes,
o primeiro intacto
(A) e o outro
(fotografado em
estereomicroscópio)
após a explosão
(B) da parede
abdominal (setas)



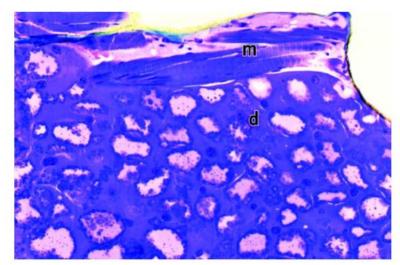


Figura 4. Corte do tecido do abdômen de um operário de *Ruptitermes* mostrando a glândula deiscente (d) e a musculatura (m) acionada no momento da explosão do inseto

res, inclusive formigas de vários gêneros, também podem induzir a 'explosão' desses cupins. O rompimento os mata, mas a secreção que liberam pode imobilizar pequenos inimigos. Esse processo de ruptura, com a participação de uma glândula, é denominado 'autótise' (figura 4).

Os operários desse gênero coletam comida (fragmentos de folhas e sementes) na superfície do solo. Esses cupins não consomem imediatamente o alimento, mas o estocam em galerias subterrâneas esparsas, que formam seu ninho 'difuso' (figura 5). Também podem ocupar cupinzeiros construídos por espécies de outros gêneros, estocando o alimento, nesse caso, nas galerias do ninho abandonado. Quando perturbados, esses operários se comportam como os 'kamikazes' e explodem – arrebentam as paredes



Figura 6.
Operário de
Ruptitermes cf.
reconditus
após
rompimento
do abdômen
e eliminação
da secreção
incolor (seta)
produzida
pela glândula
deiscente

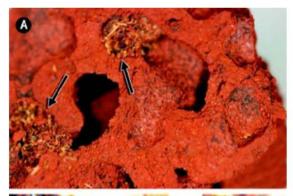




Figura 5. Armazenamento de alimento (setas) (A) por uma colônia de *Ruptitermes* cf. *reconditus* em galerias de ninho abandonado de *Cornitermes cumulans*, e detalhe do alimento armazenado (B)

laterais do corpo, na área entre o terceiro segmento do tórax (metatórax) e o primeiro segmento do abdômen, expelindo a secreção gosmenta. Esta atua como uma 'cola', imobilizando pequenos artrópodos inimigos, mas sugere-se também que ela contenha um feromônio de alarme e, assim, contribua para a fuga dos demais componentes da colônia (figura 6).

Exames detalhados do corpo de operários de Ruptitermes mostraram que as glândulas que explodem não são as salivares, como se pensava no passado, e sim glândulas especiais, chamadas de 'glândulas deiscentes'. Portanto, o mecanismo suicida ou de autótise, nesse gênero, envolve a morte altruística da casta operária com exposição do conteúdo glandular, que detém ou afugenta o inimigo do cupim, interrompendo o seu ataque.

Esse curioso fenômeno altruístico de suicídio espontâneo foi notado por muitos pesquisadores, mas não tem sido examinado em detalhe. A autótise parece ser bastante eficiente como meio de defesa desses insetos, pois até resulta em economia de energia, uma vez que esse gênero de cupim não necessita da casta de soldado. Esses cupins 'bombas ambulantes', porém, ainda precisam ser mais bem estudados para se determinar a origem dessa glândula defensiva e qual o estímulo limiar capaz de provocar a explosão do corpo.



BIOLOGIA Passagens sob rodovia ajudam a preservar espécies da fauna no Espírito Santo

Túneis para animais silvestres

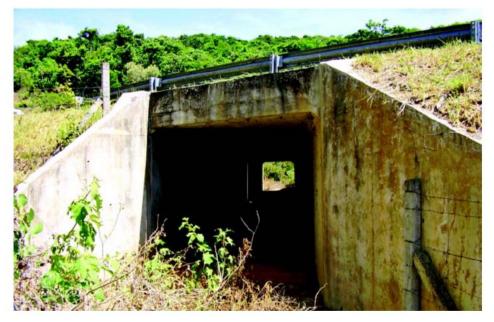
Embora não seja exigida por lei, a construção de passagens sob rodovias para que a fauna silvestre transite sem riscos de um lado para outro já vem sendo feita em muitos pontos do país. Na Rodovia do Sol, no Espírito Santo, a empresa concessionária instalou 'faunodutos' em um trecho novo da estrada e vem monitorando o uso destes por animais, para avaliar sua funcionalidade. Em um ano, o estudo registrou a passagem pelas estruturas de 15 diferentes espécies silvestres. Por **Andreas Kiekebusch**, do *Laboratório de Fauna*, e **Ricardo Miranda Braga**, da *Assessoria de Meio Ambiente* da *Concessionária Rodovia do Sol (RodoSol*).

s rodovias são muito importantes para o desenvolvimento de municípios, estados e, em última análise, do país, pois ampliam a movimentação de indivíduos e produtos, levando desenvolvimento e qualidade de vida às pessoas. Quando uma rodovia é construída, porém, muitas vezes os ambientes naturais (florestas e outros) são divididos, o que isola fragmentos de ecossistemas e a fauna ali existente, além de expor os animais ao risco de atropelamento. Dependendo do tamanho desses fragmentos, essas comunidades têm sua sustentabilidade inviabilizada, levando à redução da população e, no futuro, à extinção da maioria das espécies de maior porte ali existentes.

O problema pode ser diminuído através da instalação de 'faunodutos' — passagens para a fauna. Tais estruturas asseguram a comunicação física entre essas 'ilhas' de vegetação, permitindo que os animais continuem a transitar livremente entre os fragmentos localizados nos dois lados da rodovia, sem a necessidade de atravessar diretamente sobre a pista de rodagem.

Em fevereiro de 1999 chegou a ser proposto, na Câmara dos Deputados, um projeto de lei tornando obrigatória a instalação, nas rodovias brasileiras, de dispositivos (incluindo as passagens de fauna) que pudessem reduzir as mortes de animais silvestres por atropelamento. Infelizmente, o projeto foi arquivado pela mesa diretora da Câmara em janeiro de 2003, após ter sido rejeitado pela Comissão de Viação e Transporte, sob a alegação de falta de recursos do governo federal para o seu cumprimento, e apesar do parecer favorável da Comissão de Defesa do Consumidor, Minorias e Meio Ambiente, que compreendeu a importância da medida para a preservação da biodiversidade. Assim, cabe à iniciativa privada o exercício da responsabilidade social, independentemente de uma obrigação legal, quando do licenciamento e construção de rodovias.

Figura 1.
Túnel de
transposição
integrante
do sistema
de passagem
de fauna da
Rodovia do Sol
(ES-o6o)



PRIMEIRA LINHA



Figura 2.
Vala de registro
preenchida
com solo
argiloso
amarelo
em boca
de manilha
integrante
de faunoduto
instalado na
Rodovia do Sol

Faunodutos na Rodovia do Sol

A Rodovia do Sol (ES-060) é uma rodovia litorânea do Espírito Santo, que se estende da capital estadual, Vitória, até a cidade de Presidente Kennedy, no sul do estado. O trecho administrado pela Concessionária RodoSol tem 67,5 km, vai de Vitória a Meaípe, localidade situada no município de Guarapari, e inclui a rodovia de contorno da cidade de Guarapari, com 28 km. Nesse contorno, que atravessa áreas naturais preservadas, foram construídos os faunodutos tratados neste estudo, compostos por túneis (figura 1), manilhas e cercas de indução (que direcionam os animais para as passagens sob a estrada). Esses sistemas foram instalados, na rodovia do contorno de Guarapari, nos quilômetros 45 e 59, pontos avaliados como críticos quando da construção desse trecho.

Para avaliar a funcionalidade ou a inoperância das passagens de fauna, a Concessionária Rodovia do Sol desenvolveu e aplicou uma metodologia própria. Embora simples, essa metodologia vem apresentando resultados significativos na comprovação do uso dos faunodutos pelos animais silvestres no trecho monitorado.

Em primeiro lugar, foram implantadas, em ambos os lados de cada faunoduto, valas de registro contendo solo argiloso amarelo (figura 2), para que pegadas dos animais figuem impressas quando entram e saem das estruturas, o que permite confirmar a utilização destas e a efetiva passagem de uma ilha de vegetação a outra. A vala de registro é monitorada diariamente, nos dias úteis, e as pegadas eventualmente encontradas (figura 3) são preenchidas com parafina, obtendo-se o chamado molde negativo. No Laboratório de Fauna da empresa, esse molde é usado para a confecção do molde positivo, em gesso, base para a identificação da espécie (com a ajuda de bibliografia específica). As valas, após a checagem diária, são umedecidas e alisadas, para que possam receber novas impressões de pegadas.

Figura 3. Moldes de pegadas de diferentes espécies que utilizaram os faunodutos

Mão-pelada foi o destaque

O monitoramento das passagens de fauna foi iniciado na segunda quinzena do mês de novembro de 2003, após a instalação das valas de registro de pegadas. Até 15 de junho de 2004 foram registradas pegadas de 226 indivíduos, pertencentes a duas classes zoológicas, 12 famílias e 15 espécies diferentes. Constatou-se, comprovando a eficácia da metodologia adotada, que em 92% das ocorrências os animais atravessaram totalmente as passagens de fauna e que em apenas 8% dos casos eles entraram e saíram pelo mesmo lado.

Entre as espécies que utilizaram as estruturas destacam-se o mão-pelada ou guaxinim (*Procyon cancrivorus*), com 39,4% dos registros; o cachorro-domato (*Cerdocyon thous*), com 13,3%; a cuíca-lanosa (*Caluromys philander*), com 11,9%; algumas espécies de tatus (gênero *Dasypus*), com 8% e o lagarto teiú (*Tupinambis teguixin*), com 7,1%. Ao todo, foram registradas 15 espécies diferentes, inclusive de paca (*Agouti paca*) e capivara (*Hydrochaerus hidrochaeris*), animais bastante ameaçados na região de abrangência do estudo (figura 4).

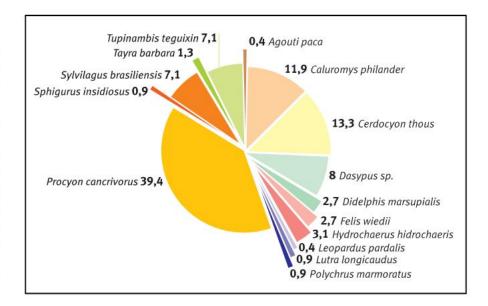
O estudo também calculou os índices de ocorrência (IO) e de dominância (ID), para cada espécie, nos dois complexos de faunodutos instalados na rodovia. O índice de ocorrência utilizado, adaptado do proposto em 1975 pelo biólogo chileno Sergio Palma, revela se a passagem de uma espécie pela estrutura é acidental, esporádica (acessória) ou constante - ou seja, permite determinar se a espécie é utilizadora efetiva dos faunodutos (se já incorporou o hábito de usá-los), se os usa apenas ocasionalmente ou se passou por eles por mero acaso. Já o índice de dominância, também adaptado do de Sergio Palma, mostra a abundância de uma espécie em relação ao total de indivíduos de uma área (no caso, os faunodutos), indicando se existe um domínio excessivo de alguma espécie (situação que significa





baixa diversidade, ou baixa qualidade ambiental).

Dados complementares – como pluviometria (quantidade de chuvas), fases lunares e temperatura média no período – também são registrados no programa de monitoramento das passagens de fauna, por ter uma relação direta com a atividade dos animais. O volume de chuvas manteve-se entre 0 e 10 mm - um nível baixo - na maior parte do ano e a temperatura média variou entre 22°C e 32°C no período. A atividade dos animais teve uma distribuição variada, mas ocorreu em maior proporção nos períodos de lua nova (27% dos casos) e minguante (26,5%), sendo menor nas luas crescente (24,3%) e cheia (22,1%).



Uso efetivo das passagens

Os resultados desse primeiro período de monitoramento indicam que os faunodutos são efetivamente utilizados por diversas espécies da fauna silvestre presentes na região da rodovia de contorno de Guarapari. Não se sabe, porém, o que os registros obtidos representam no total de travessias de animais (que inclui as realizadas sobre a pista de rodagem).

A constatação de que a espécie P. cancrivorus (mão-pelada) foi, no período estudado, a que mais atravessou as passagens permite sugerir que esse animal já tenha agregado a seus hábitos o uso das estruturas, em especial a do tipo manilha simples, em ambos os complexos monitorados. O mão-pelada obteve os maiores índices de ocorrência e de dominância em ambos os complexos de faunodutos, com ocorrência esporádica no quilômetro 59 e constante no quilômetro 45, além de dominância esporádica no primeiro ponto e entre esporádica e dominante no segundo. As demais espécies apresentaram quase sempre ocorrência e dominância acidentais (ocasionais), exceto Cerdocyon thous (cachorro-do-mato) e Caluromys philander (cuíca-lanosa), ambas com ocorrência esporádica (a primeira no quilômetro 45 e a segunda no quilômetro 59).

Embora os índices de uso e de preferência obtidos para cada tipo de estrutura existente nos faunodutos variem bastante, ambos evidenciam que as manilhas simples e os túneis têm maior funcionalidade para diversas espécies, se comparados às manilhas duplas e triplas. Além disso, as diferentes estruturas mostraram-se funcionais, mas cada uma foi utilizada, com maior intensidade, por um diferente conjunto de espécies.

Existe semelhança nas ocorrências da maioria das espécies, possivelmente porque os registros foram acidentais, ou seja, esses animais utilizaram por acaso as passagens de fauna. Como grande parte das utilizações dos faunodutos foi ocasional, é provável que os animais tenham sido 'orientados' pelas telas de contenção, o que indicaria a funcionalidade destas.

Na área compreendida entre os limites das cercas de indução de fauna (onde foram instalados os túneis e manilhas), 25 animais foram atropelados na pista da rodovia, durante o período de monitoramento das passagens. Havia apenas sete mamíferos entre eles e, destes, quatro eram de espécies tidas como usuários potenciais dos faunodutos: cuíca-dequatro-olhos (*Philander opossum*), cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous*), gambá-de-orelha-preta (*Didelphis marsupialis*) e tamanduá-mirim (*Tamandua tetradactyla*). As demais espécies registradas não são contidas pelas telas de direcionamento, por não ter tamanho suficiente ou por superá-las de outras maneiras (voando, no caso das aves).

As demais espécies registradas nos faunodutos foram o lagarto *Polychrus marmoratus*, o gambá-deorelha-preta (*Didelphis marsupialis*), o ouriço-cacheiro (*Sphigurus insidiosus*), o coelho-do-mato (*Sylvilagus brasiliensis*), a irara ou papa-mel (*Tayra barbara*), a lontra (*Lutra longicaudus*), o gato-maracajá (*Felis wiedii*) e a jaguatirica (*Leopardus pardalis*).

Cabe salientar a necessidade de manter constantes as atividades de monitoramento e de realizar outras pesquisas, como a instalação de passagens sem telas de condução de fauna. A comparação entre os sistemas com e sem telas permitiria avaliar a funcionalidade destas. Como são raros os trabalhos científicos sobre o assunto, muitas vezes é preciso imaginar novas técnicas que possibilitem obter os conhecimentos necessários para melhorar as medidas de proteção à fauna.

Figura 4.
Espécies
registradas e sua
contribuição,
em percentual,
para o total
observado

O espaço, a fronteira final...

Rumo ao infinito

São Paulo, ed. Globo, 446 pp., R\$ 39



or que o homem anseia conquistar o espaço? Qual é a importância da exploração espacial? Vale a pena enviar humanos para outros mundos? Chegaremos em um futuro próximo a colonizar o espaço? Estas são algumas das perguntas que o jornalista científico paulistano Salvador Nogueira tenta responder em seu livro. Com uma linguagem simples, direta e bem-humorada, ele nos conduz através do percurso da humanidade desde os primórdios da pesquisa astronômica, passando por Galileo Galilei (1564-1642), Johannes Kepler (1571-1630) e Isaac Newton (1642-1727), até chegar à era espacial. Expõe as idéias pioneiras de Konstantin Tsiolkovsky (1857-1935) e Vernher von Braun (1912-1977), os pormenores do programa Sputnik e das missões Apollo, as diferentes estratégias adotadas pela Rússia e pelos Estados Unidos que levaram à construção da estação MIR e ao desenvolvimento do ônibus espacial, e nos explica como a junção desses dois empreendimentos acabou con-

cretizando o surgimento da Estação Espacial Internacional.

Mais adiante, o autor nos introduz aos principais resultados das missões espaciais, inclusive as mais recentes, dirigidas aos diversos corpos do sistema solar. Comenta os principais projetos de sondas interplanetárias que estão sendo desenvolvidos, e nos confronta com as perspectivas científicas da exploração do espaço para os próximos anos. Aborda o problema da colonização de outros mundos, começando pela Lua, discutindo as vantagens econômicas que isso pode oferecer para a humanidade em um futuro próximo. A possibilidade de enviar humanos para Marte e de utilizar a experiência para uma colonização global do sistema solar é apresentada sob uma perspectiva pragmática, analisando o papel que os robôs poderiam cumprir na empreitada. No final, Nogueira nos convida a refletir sobre a possibilidade das viagens interestelares e a exploração de outros sistemas planetários em um futuro indefinido.

Desprovido do tom puramente jornalístico, o autor propõe um diálogo informal com o leitor, cheio de referências históricas e conceitos científicos, mas sem cair na mera atitude descritiva normalmente encontrada nos livros de divulgação científica. Surpreende particularmente sua capacidade para introduzir ou explicar detalhadamente alguns problemas complexos de astronomia dinâmica e astrofísica em termos perfeitamente acessíveis ao leitor leigo, mas sem por isso perder o rigor científico dos conceitos envolvidos, como fregüentemente acontece no âmbito do jornalismo científico. Se o leitor procurar no livro por erros históricos ou científicos não vai conseguir achar (exceto pelo fato de que, contrariamente ao que afirma o autor, Clyde Tombaugh (1906-1997) descobriu Plutão por acaso e não baseado nas predicões erradas de Percival Lowell (1855-1916).

Entre outras coisas, o livro nos mostra como um programa espacial bem estruturado pode, por um lado, ajudar a que não acabemos extintos pela queda de um asteróide na Terra, e, por outro lado, acelerar a nossa extinção ao ser utilizado com fins bélicos. Também nos mostra como o espaço pode oferecer lucro econômico, além do evidente lucro científico, através de projetos que visam, por exemplo, explorar o turismo espacial. O autor deixa transvazar seu entusiasmo ao opinar sobre o futuro da exploração e colonização espacial, mas mantendo uma postura equilibrada e, em alguns casos, até conservadora se comparada com algumas idéias arrojadas que circulam no âmbi-

Cada assunto tratado no livro é sempre complementado com diversos depoimentos de reconhecidos cientistas, produto das entrevistas feitas pelo autor ao longo dos últimos anos, o que contribui para reforçar as idéias e dá ao livro um caráter documentário. Porém, cabe aqui criticar o fato de que quase todos esses depoimentos vêm de cientistas dos Estados Unidos e, apesar da certa liderança que esse país possa ter na exploração espacial, surpreende um pouco a falta de heterogeneidade nesse ponto, particularmente em um livro escrito por um autor latino-americano.

to científico.

Resulta curioso o fato de que quase todos os capítulos são autosuficientes, sendo possível lê-los de forma independente, e no entanto acabam formando um conjunto harmônico que segue uma
linha de raciocínio bem definida. Em suma, trata-se de um livro
ameno, interessante, equilibrado,
e certamente recomendável para
qualquer um que deseje entender
a importância e transcendência
da astronomia em geral e da ciência espacial em particular.

Fernando Roig

Coordenação de Astronomia e Astrofísica, Observatório Nacional (RJ)

Formação & informação científica: jornalismo para iniciados e leigos

Sergio Vilas Boas (org.)

São Paulo, Summus editorial, 128 pp., R\$ 23,90

De um lado, o cientista. De outro, um público leigo fascinado com as novidades da ciência. Entre eles, o jornalista, que muitas vezes não dispõe de uma formação especializada, diante do desafio de divulgar os resultados dos estudos de maneira

que seus leitores compreendam, mas sem banalizar o trabalho dos pesquisadores. O terceiro volume da série Formação & Informação (os outros dois são sobre meio ambiente e esportes) expõe e discute as contradições entre ciência e mídia a partir do ponto de vista de experientes jornalistas científicos em ação no Brasil, que assinam os seis artigos do livro, compondo um painel diversificado de reflexões e propostas. Leitura recomendável para jornalistas e cientistas, a obra não deixa de ser inteligível para curiosos interessados nos bastidores dos meios de comunicação de massa.

Adolpho Lutz: obra completa

Jaime Larry Benchimol e Magali Romero Sá (org.)

Rio de Janeiro, editora Fiocruz, R\$ 50 por exemplar

Em dezembro de 2005, comemoraram-se os 150 anos do nascimento de Adolpho Lutz (1855-1940). Para homenagear o versátil cientista, pioneiro em campanhas sanitárias e estudos sobre doenças infectocontagiosas no Brasil, foram lançados os dois primeiros livros do segundo volume da coleção que compilará todos os seus trabalhos. As obras abordam as pesquisas de Lutz sobre febre amarela, malária, protozoologia e insetos tabanídeos. Elas complementam quatro livros anteriores (do primeiro vo-

lume), que reúnem textos sobre hanseníase, dermatologia e micologia, além dos primeiros estudos de Lutz e um suplemento com sumário, glossário e índices. Todos os livros são bilíngües (português/inglês) e ainda há textos originais em alemão com a devida tradução. Prevista para estar completa no final de 2006, a coleção terá 13 livros separados em três volumes, vendidos em caixas especiais. Para divulgar uma obra tão vasta, também foi inaugurada no final do ano passado a biblioteca virtual de Adolpho Lutz (www.bvsalutz.coc.fiocruz.br), onde estão disponíveis textos científicos, cartas, relatos biográficos na voz da filha de Lutz, trechos de filmes e fotografias.

Seria trágico... se não fosse cômico: humor e psicanálise

Abrão Slavutzky e Daniel Kupermann (org.)

Rio de Janeiro, ed. Civilização Brasileira, 351 pp., R\$ 34,90

Que uma boa gargalhada é capaz de curar as mazelas do espírito, muita gente sabe. O potencial terapêutico do humor, no entanto, foi durante um longo período deixado de lado pela psicanálise. Depois de 100 anos da publicação da obra do médico Sigmund Freud (1856-1939) sobre a relação dos chistes com o inconsciente, os autores dos artigos reunidos neste livro reacendem a discussão sobre a comicidade na teoria psicanalítica. Os en-

saios demonstram como, pela lente do humor, podem surgir as facetas mais originais e inesperadas da experiência humana. Assinados por psicanalistas, os textos exploram as abordagens freudianas, questionam a cultura do riso e lançam desafios para as terapias no mundo contemporâneo, que muitas vezes parece nos obrigar a rir o tempo todo.



Obra-prima renascentista

Em meados de 1553, o médico saxão Georgius Agricola (1494-1555) enviou, da cidade de Chemnitz, hoje na Alemanha, para Basiléia, hoje na Suíça, um fragmento de texto e os esboços das ilustrações que faltavam para tornar realidade o projeto tipográfico no qual o editor da Casa Froben & Episopius já trabalhava havia algum tempo. Mas infelizmente ele não teve o prazer de admirar o primoroso trabalho gráfico realizado para materializar em livro o que representava o coroamento de sua obra. Agricola morreu um ano e meio após a remessa dos últimos manuscritos e ilustrações,

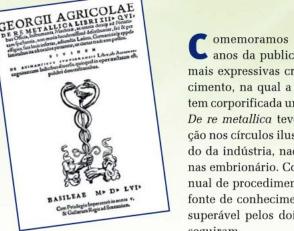
e um ano antes da publicação, em 1556,

(Da mineração e metalurgia, em 12 livros).

do tratado De re metallica libri XII

No alto da página, frontispício da obra De re metallica, de Georgius Agricola, lançada em 1556

Retrato de Georgius Agricola pintado pelo artista alemão Karl Pindl por volta de 1940. Trata-se de cópia da reprodução feita pela empresa alemã Deutsche Fotothek Dresden por ocasião dos 500 anos do nascimento de Agricola e doada à Escola de Minas de Ouro Preto



omemoramos em 2006 os 450 anos da publicação de uma das mais expressivas criações do Renascimento, na qual a ciência moderna tem corporificada uma de suas raízes. De re metallica teve ampla penetração nos círculos ilustrados e no mundo da indústria, naquele tempo apenas embrionário. Como precioso manual de procedimentos e inesgotável fonte de conhecimento, persistiu insuperável pelos dois séculos que se seguiram.

Escritos em latim e ricamente ilustrados por 292 pranchas gravadas em madeira por Hans Rudolf Manuel Deutsch (1525-1571), os 12 livros que compõem De re metallica versam sobre todas as etapas compreendidas entre a mineração e a metalurgia extrativa, sem deixar escapar aspectos econômicos, sociais e até da medicina do trabalho que permeiam essas atividades. Os livros são os seguintes: Em defesa da mineração face aos ataques de seus opositores e demonstração da sua utilidade (Livro I); Do ofício de mineiro e da prospecção de minérios (Livro II); Sobre veios, filões e leitos rochosos (Livro III); Da delimitação dos jazimentos e da oficialidade relacionada à mineração (Livro IV); Da lavra e da arte da topografia subterrânea (Livro V); Das ferramentas, equipamentos e das máquinas de mineração



o anos

MEMÓRIA

(Livro VI); Dos ensaios e análise de minérios (Livro VII); Do tratamento de minérios (Livro VIII); Da fundição (Livro IX); Da separação e extração dos metais nobres (Livro X); Da separação da prata do cobre (Livro XI); Da obtenção de sal, soda, pedra-ume, vitríolo, enxofre, betume e vidro (Livro XII).

É notável a trajetória de *De re metallica* após sua primeira edição. Já em 1557 a mesma editora Froben & Episopius publicou sua tradução para o alemão, que foi seguida de duas outras edições, novamente em alemão e latim. Curiosamente, o chinês é a segunda língua para a qual o livro foi traduzido. O trabalho coube ao jesuíta holandês Niklaas Trigault (1577-1628), em missão na China da dinastia Ming, e foi publicado em 1640. Contam-se hoje nada menos que 36 edições em 10 diferentes línguas, algumas em versão fac-similar. O livro nunca foi editado em português.

Para a divulgação da obra de Agricola em tempos mais recentes e também para torná-la objeto da atenção de bibliófilos, muito contribuiu o meticuloso trabalho de tradução para o inglês realizado pelo engenheiro de minas e, posteriormente, presidente dos Estados Unidos, Herbert Clark Hoover (1874-1964), com a colaboração de sua esposa Lou Henry Hoover (1874-1944), em 1912. Enriquecida por numerosas notas de pé de página e comentários, a tradução de Hoover contém ainda uma biografia do autor e três apêndices que versam sobre a produção intelectual de Agricola, sobre autores que trataram dos temas mineralogia, mineração e metalurgia antes de Agricola, e sobre conversão de pesos e medidas.

Para a qualidade superior de De re metallica e

sua persistência no tempo, atributos que tornaram a obra um marco na história da ciência, concorreram muitos fatores. Mas nenhum deles supera o de sua autoria. Quem, afinal, foi Georgius Agricola?

Georg Pawer (Bauer, no alto alemão) nasceu a 24 de março de 1494 na cidade de Glauchau, que pertencia ao estado livre da Saxônia, hoje estado da federação alemã, como segundo filho do tintureiro e tecelão Gregor Pawer. Seguindo uma tradição da época, latinizou o próprio nome após obter, na Universidade Leipizig, seu primeiro grau acadêmico, Baccalaureus artium, em 1513. Nessa primeira passagem por Leipizig, concluída aos 19 anos, Agricola aprofundou seus conhecimentos de latim e entrou em contato com luminares da época, como Martinho Lutero (1483-1546) e Erasmo de Roterdam (1469-1536), com os quais seu mestre Petrus Mosellanus (1493-1524) mantinha estreita cooperação.

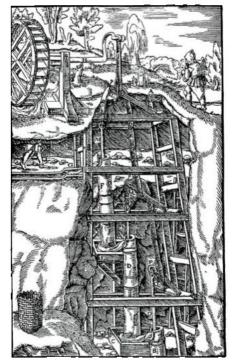
Depois de ensinar latim e grego na cidade saxônica de Zwi-

ckau, Agricola retornou a Leipizig,

agora interessado em estudar medicina. Não vislumbrando grandes possibilidades de progresso nessa matéria em Leipizig, partiu para Bolonha, Itália, à época um centro acadêmico de referência. Deixou Bolonha em 1524, após consolidar o domínio do grego e do hebraico, pré-requisitos para a trajetória futura no ramo da medicina. Seu destino foi Veneza, onde poderia estudar anatomia e cirurgia com intensa atividade prática. Mas a cidade reservou-lhe algo precioso, privilégio de poucos: participação ativa na preparação das edições das obras de Hipócrates (460 a.C.-377 a.C) e Galeno (c. 131-c. 200), na prestigiosa casa Aldus Manutius. Aldus Pius Manutius (1450?-1515) foi um famoso impressor e humanista italiano.

Em 1526, Agricola voltou à sua terra natal, situada em uma região (hoje na fronteira da Alemanha com a República Checa) conhecida como Erzgebirge

> ('montanha dos minérios'). Naquela ocasião, Erzgebirge era um distrito mineiro em franca expansão, que poderia ser comparado, em termos de riqueza, ao Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais ou à Serra dos Carajás, no Pará. Mas não era só isso. Para o professor alemão Martin Guntau de Rostock, estudioso atual da obra de Agricola, Erzgebirge teve para a Europa dos séculos 16 e 17 um papel equivalente ao desempenhado hoje pelo Vale do Silício, na Califórnia. Era, pois, um lugar de conversão imediata de conhecimento em tecnologia.



de alcatruzes conectados a uma corrente dupla, empregado no desaguamento de minas. Observe que o engenho de roda é tocado por força humana. No canto à direita, operário dá manutenção a um eixo do engenho

Sistema

Bomba de sucção (com sistema de pistões em série) empregada no desaguamento de minas. O engenho é tocado por roda d'água

MEMÓRIA

Sistema de concentração de ouro de aluvião denominado canoa ou molinete. O material extraído é levado para uma canaleta de madeira pela qual passa uma corrente de água.
O ouro em partículas finas e mais densas é capturado por um manto de turfa que faz o substrato da canoa. No canto superior direito, operário trabalha em uma turfeira

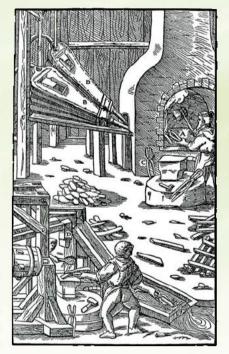
Nesse cenário, Agricola ficou fascinado pela mineração e por tudo que a ela se relacionava.

St. Joachimsthal, emancipada havia apenas 11 anos, recebeu Agricola como médico e farmacêutico em 1527. Foi nessa

pequena cidade da Boêmia (hoje Jachymov, na República Checa) que ele iniciou literalmente sua descida aos subterrâneos da mineração. Fugindo ao comportamento padrão dos acadêmicos da época, Agricola foi ao encontro de minérios e mineiros, dispensando atenção e respeito a esses últimos. Desceu em poços, andou por galerias, examinou e coletou criteriosamente tudo o que encontrou pela frente.

Em 1531, deixou a Boêmia e retornou à Saxônia para assumir o cargo de médico em Chemnitz, onde permaneceu até sua morte, a 21 de novembro de 1555. Em Chemnitz exerceu várias funções públicas, entre elas a de burgomestre (prefeito). É dessa cidade que ele enviou ao prelo uma longa série de trabalhos, iniciada já na sua estada em St. Joachimsthal. Da lista de publicações constam desde um libelo político contra os turcos (que haviam vencido Viena em 1529), até títulos de metrologia, filosofia, mineralogia, geologia de mina e econômica, mineração, zoologia, medicina e história. Duas

Mineiros em atividade de prospecção. Chama a atenção o emprego da radiestesia (sensibilidade às radiações) na busca de veios mineralizados. Em A, mineiros usam forquilha (prática cuja eficácia era, segundo Agricola, muito discutida entre esses profissionais); em B, eles abrem trincheiras e examinam o material extraído



das obras publicadas nesse período levaram Agricola a ser considerado o pai da mineralogia: De ortu et causis subterraneorum livri V (Gênese dos materiais no interior da Terra, em cinco livros) e De natura fossilium libri X (Os minerais, em 10 livros), ambas de 1546.

Ao que tudo indica, a obraprima De re metallica começou a ser escrita em 1533. O tempo aparentemente longo de sua preparação é um detalhe sem importância se considerarmos que, à exceção do último livro, baseado na obra De la pirotechnia (Sobre a pirotecnia), do metalurgista de Siena (Itália)

Vannoccio Biringuccio (1480?-1539?), publicado em 1540, todos os demais são genuínos, tratando daqueles temas pela primeira vez, com uma abordagem totalmente original, própria do Renascimento. Na composição de *De re metallica*, a grande tarefa de Agricola consistiu, além de compilar observações próprias, em tratar e organizar em livro um vasto conjunto de conhecimentos e práticas em franco desenvolvimento, para as quais sequer havia terminologia latina apropriada. Mas ele não fugiu ao desafio de cunhar um sem-número de termos novos em latim, que tentavam traduzir expressões alemãs dos mineiros da Erzgebirge.

A gestação de De re metallica foi claramente anunciada por Agricola em sua segunda publicação, intitulada Bermannus sive de re metallica (Bermannus ou um diálogo sobre a mineração), de 1530. Tratase de uma interessante discussão sobre a mineração e sua razão de ser, travada entre Bermannus, um mineiro letrado e sábio, que personificava, com sobrenome latinizado, seu amigo e interlocutor Lorenz Wermann e dois outros personagens, Ancon e Naevius, representando as tradições árabe e greco-latina, respectivamente. A obra foi prefaciada por ninguém menos que Erasmo de Roterdam, que fez vários elogios à atitude de Agricola perante o mundo e o destacou como homem de espírito tipicamente renascentista. Para os estudiosos de Agricola, Bermannus contém na realidade um projeto que, integralmente executado, só pôde se tornar público em 1556. Passaram-se 450 anos, e é como preciosa pedra da lavra humana que De re metallica chega aos nossos dias.

Fernando Flecha Alkmim

Departamento de Geologia, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto (MG)

Religião mais cara

Estou me dirigindo à revista por não ter como fazer contato com o sociólogo Antonio Flávio Pierucci. Gostaria de contribuir com um dado ao qual o ilustre sociólogo talvez não tenha acesso (acesso que tenho como religioso) e que talvez acrescente algo a sua excepcional pesquisa e entrevista (CH nº 222). As religiões afrobrasileiras tornaram-se muito caras para grande parcela da população, justamente aquela de menor poder aquisitivo. Não me refiro somente à quantia que normalmente deve ser paga ao 'pai-de-santo', mas também aos produtos usados nas 'obrigações'. Em tempo, não falo apenas como religioso praticante de um culto afro-brasileiro, mas como historiador em formação, que pretende dedicar-se a esse ramo de pesquisa.

CARLOS VIANNA POR E-MAIL

Ervas-de-passarinho

Faço doutorado em ecologia no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa) e estudo atualmente as ervas-de-passarinho. Achei interessante a reportagem 'Um hóspede indesejado' (CH nº 222), por mostrar como muitos organismos que ocorrem no ambiente urbano, entre eles as ervas-de-passarinho, são pouco notados ou até negligenciados. Mas não pude deixar de notar informações inconsistentes com o que encontramos na literatura científica. 1) as ervas-de-passarinho compreendem a família Loranthaceae, como diz o texto, e mais cinco famílias que, juntas, totalizam 1.400 espécies; 2) em geral, tais plantas obtêm apenas substâncias do xilema do hospedeiro e pouca ou nenhuma seiva do floema (salvo raras exceções), diferentemente do que foi sugerido, sendo por isso consideradas hemiparasitas; 3) ao contrário do que diz o texto, elas não têm a capacidade de matar o hospedeiro por estrangulamento, como fazem algumas figueiras (gênero Ficus); 4) as aves não se alimentam das sementes, mas ingerem o fruto e regurgitam ou defecam a semente sobre o galho de uma planta hospedeira; 5) os frutos das lorantáceas possuem um exocarpo que protege a semente e que deve ser removido pelo dispersor para permitir a fixação do parasita, impedindo que a infecção ocorra de forma passiva; 6) a informação de que a erva 'prefere' uma espécie de planta hospedeira a outra não pode ser comprovada até que se saiba a abundância relativa dessas plantas no ambiente urbano. (...)

RODRIGO F. FADINI MANAUS, AM

M O pesquisador ouvido na matéria, Flávio Zanette, comentou as observações: "1. As cinco espécies-problema em Curitiba (...) pertencem à família Loranthaceae. Mas, de fato, as mais de 1.400 espécies denominadas ervas-de-passarinho englobam pelo menos mais cinco famílias botânicas. 2. É hemiparasita porque também faz fotossíntese, mas seus haustórios (ao menos os das plantas estudadas) se desenvolvem também no floema. (...) 3. Certamente o processo de parasitismo não é o mesmo das figueiras 'mata-pau'. No entanto, S. polirizus sufoca o ramo no ponto de fixação e T. acutifolious pode, com suas raízes bem desenvolvidas. causar danos semelhantes aos da figueira. 4. Não é preciso dizer que o pássaro não descasca o fruto para comer só a semente. 5. O fruto tem tecido adesivo (viscina) e pode se fixar nas plantas, segundo estudos de outros pesquisadores, mas os pássaros são os principais vetores da disseminação. 6. Quanto às espécies parasitadas ou não, nos baseamos em observações práticas, pois cientificamente não é possível afirmar isto ou aquilo. Enfocamos a erva-de-passarinho como um problema na arborização urbana e na fruticultura. Não estudamos a erva em si."

Origem das espécies I

Li o artigo (muito oportuno) 'Ler ou não ler?' (CH nº 223) e pergunto: Qual

a editora ou tradução recomendada? Ainda não consegui ler, pois deparei-me com essa dúvida. Consegui uma biografia, uma edição especial da *Scientific American* e li *Darwin: do telhado das Américas* à teoria da evolução, da coleção Imortais da Ciência. Sou estudante de ciências biológicas à noite na UFRJ e gostaria de compreender melhor a teoria da evolução pela seleção natural, de Charles Darwin.

PETER SANTOS TAVARES RIO DE JANEIRO, RJ

Muitas editoras relançaram recentemente o livro no Brasil, entre elas a Itatiaia (2002), a Hemus (2003), a Madras (2004), a Ediouro (2004) e a Martin-Claret (2004) – as melhores edições apresentam o texto completo (e não condensado) e traduzido por especialistas. Há edições de bolso (como a da Martin-Claret), com preços mais acessíveis.

Origem das espécies II

Já li e reli muitas vezes a ótima tradução brasileira de *A origem das espécies*, de Darwin. (...) Concordo com as suas suposições sobre a não-leitura da obra. Especialmente com sua comparação com Einstein. A *Bíblia* também vende demais porque é demais imposta, como o 'livro vermelho'. Tudo farinha do mesmo saco. Não é o conteúdo o que importa. Importa a simbologia associada.

NASSIF POR E-MAIL

Fonte de consulta

Recebemos a *CH* e agradecemos. Informamos que ela é consultada com freqüência por nossos usuários, alunos de graduação e pós-graduação.

Ana Paula Matos Bazílio Biblioteca do Instituto Biomédico da Universidade Federal Fluminense Niterói, RJ

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

E-MAIL:

cienciahoje@cienciahoje.org.br

🖹 CARTAS À REDAÇ

Religião mais cara

Estou me dirigindo à revista por não ter como fazer contato com o sociólogo Antonio Flávio Pierucci. Gostaria de contribuir com um dado ao qual o ilustre sociólogo talvez não tenha acesso (acesso que tenho como religioso) e que talvez acrescente algo a sua excepcional pesquisa e entrevista (CH nº 222). As religiões afrobrasileiras tornaram-se muito caras para grande parcela da população, justamente aquela de menor poder aquisitivo. Não me refiro somente à quantia que normalmente deve ser paga ao 'pai-de-santo', mas também aos produtos usados nas 'obrigações'. Em tempo, não falo apenas como religioso praticante de um culto afro-brasileiro, mas como historiador em formação, que pretende dedicar-se a esse ramo de pesquisa.

CARLOS VIANNA POR E-MAIL

Ervas-de-passarinho

Faço doutorado em ecologia no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa) e estudo atualmente as ervas-de-passarinho. Achei interessante a reportagem 'Um hóspede indesejado' (CH nº 222), por mostrar como muitos organismos que ocorrem no ambiente urbano, entre eles as ervas-de-passarinho, são pouco notados ou até negligenciados. Mas não pude deixar de notar informações inconsistentes com o que encontramos na literatura científica. 1) as ervas-de-passarinho compreendem a família Loranthaceae, como diz o texto, e mais cinco famílias que, juntas, totalizam 1.400 espécies; 2) em geral, tais plantas obtêm apenas substâncias do xilema do hospedeiro e pouca ou nenhuma seiva do floema (salvo raras exceções), diferentemente do que foi sugerido, sendo por isso consideradas hemiparasitas; 3) ao contrário do que diz o texto, elas não têm a capacidade de matar o hospedeiro por estrangulamento, como fazem algumas figueiras (gênero Ficus); 4) as aves não se alimentam das sementes, mas ingerem o fruto e regurgitam ou defecam a semente sobre o galho de uma planta hospedeira; 5) os frutos das lorantáceas possuem um exocarpo que protege a semente e que deve ser removido pelo dispersor para permitir a fixação do parasita, impedindo que a infecção ocorra de forma passiva; 6) a informação de que a erva 'prefere' uma espécie de planta hospedeira a outra não pode ser comprovada até que se saiba a abundância relativa dessas plantas no ambiente urbano. (...)

RODRIGO F. FADINI MANAUS, AM

M O pesquisador ouvido na matéria, Flávio Zanette, comentou as observações: "1. As cinco espécies-problema em Curitiba (...) pertencem à família Loranthaceae. Mas, de fato, as mais de 1.400 espécies denominadas ervas-de-passarinho englobam pelo menos mais cinco famílias botânicas. 2. É hemiparasita porque também faz fotossíntese, mas seus haustórios (ao menos os das plantas estudadas) se desenvolvem também no floema. (...) 3. Certamente o processo de parasitismo não é o mesmo das figueiras 'mata-pau'. No entanto, S. polirizus sufoca o ramo no ponto de fixação e T. acutifolious pode, com suas raízes bem desenvolvidas. causar danos semelhantes aos da figueira. 4. Não é preciso dizer que o pássaro não descasca o fruto para comer só a semente. 5. O fruto tem tecido adesivo (viscina) e pode se fixar nas plantas, segundo estudos de outros pesquisadores, mas os pássaros são os principais vetores da disseminação. 6. Quanto às espécies parasitadas ou não, nos baseamos em observações práticas, pois cientificamente não é possível afirmar isto ou aquilo. Enfocamos a erva-de-passarinho como um problema na arborização urbana e na fruticultura. Não estudamos a erva em si."

Origem das espécies I

Li o artigo (muito oportuno) 'Ler ou não ler?' (CH nº 223) e pergunto: Qual

a editora ou tradução recomendada? Ainda não consegui ler, pois deparei-me com essa dúvida. Consegui uma biografia, uma edição especial da *Scientific American* e li *Darwin: do telhado das Américas* à teoria da evolução, da coleção Imortais da Ciência. Sou estudante de ciências biológicas à noite na UFRJ e gostaria de compreender melhor a teoria da evolução pela seleção natural, de Charles Darwin.

PETER SANTOS TAVARES RIO DE JANEIRO, RJ

Muitas editoras relançaram recentemente o livro no Brasil, entre elas a Itatiaia (2002), a Hemus (2003), a Madras (2004), a Ediouro (2004) e a Martin-Claret (2004) – as melhores edições apresentam o texto completo (e não condensado) e traduzido por especialistas. Há edições de bolso (como a da Martin-Claret), com preços mais acessíveis.

Origem das espécies II

Já li e reli muitas vezes a ótima tradução brasileira de *A origem das espécies*, de Darwin. (...) Concordo com as suas suposições sobre a não-leitura da obra. Especialmente com sua comparação com Einstein. A *Bíblia* também vende demais porque é demais imposta, como o 'livro vermelho'. Tudo farinha do mesmo saco. Não é o conteúdo o que importa. Importa a simbologia associada.

NASSIF POR E-MAIL

Fonte de consulta

Recebemos a *CH* e agradecemos. Informamos que ela é consultada com freqüência por nossos usuários, alunos de graduação e pós-graduação.

Ana Paula Matos Bazílio Biblioteca do Instituto Biomédico da Universidade Federal Fluminense Niterói, RJ

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

E-MAIL:

cienciahoje@cienciahoje.org.br

🖹 CARTAS À REDAÇ

De volta ao tabuleiro

Marco Moriconi

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

m uma das colunas passadas, analisamos o 'pro-

blema do xilindró', que se passava em um tabulei-

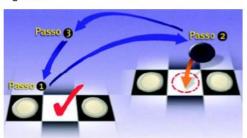
ro. Este mês, voltamos ao tabuleiro, mas com um pro-

blema bem diferente e que ilustra uma técnica ma-

temática interessante. Pegue seu tabuleiro de xadrez



Figura 1.



(preto e branco mesmo, pois, desta vez, não será preciso pintá-lo; mas, se ainda estiver pintado, não tem problema...) e distribua quantas peças quiser sobre ele, ocupando tanto as casas brancas quanto as pretas, podendo até preenchê-lo to-

dendo até preenchê-lo totalmente (64 peças). Regra: uma peça por casa.

O jogo é o seguinte: se uma casa estiver vazia, mas duas ou mais vizinhas dela estiverem ocupadas, então ela tem que ser ocupada por uma peça (figura 1).

O algoritmo do jogo: 1) localize no tabuleiro as casas vazias que têm duas ou mais vizinhas ocupadas; 2) ponha peças nessas casas marcadas (primeiro movimento); 3) volte ao passo 1. O objetivo é partir de uma configuração inicial de modo que, depois de repetir certo número de vezes os passos 1, 2 e 3, o tabuleiro esteja completamente coberto. Primeira pergunta: existe essa configuração inicial? Segunda: qual o menor número de casas que devem ser ocupadas para alcançar nosso objetivo?

Resposta da primeira pergunta: sim. E é até fácil en-

contrar uma configuração inicial. Por exemplo, ocupe todas as casas menos uma. Esta terá, pelo menos, dois vizinhos ocupados (caso em que ela é um dos quatro cantos). Depois de um movimento, voilá! Acabou o jogo. Mas, para isso, usamos 63 peças! A pergunta mais interessante é: qual será o menor número do qual podemos partir?

Bem, a resolução dessa parte requer um pouquinho de engenhosidade. Olhe de novo a figura 1. Quando colocamos a peça sobre a casa do meio, dois lados das casas já ocupadas 'desaparecem', mas, com isso, acabamos introduzindo dois lados. Isso significa que o perímetro total das peças fica o mesmo (se chamarmos de 'L' o lado de uma casa, teremos na figura 1, tanto antes quanto depois do acréscimo da peça, um perímetro total igual a 8L). No caso de três casas vizinhas ocupadas, 'desaparecem' três lados, sendo que apenas um é introduzido. Portanto, o perímetro total fica duas unidades menor (no caso, passa de 12L para 10L). Finalmente, no caso de quatro vizinhas ocupadas, quatro lados 'somem', sem que se introduza nenhum. Assim, o perímetro total passa de 16L para 12L.

Resumo: o perímetro total fica o mesmo ou diminui, mas nunca aumenta.

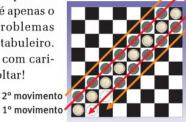
"Ótimo... e daí?", perguntaria o leitor. Aqui entra o argumento final: como o perímetro total permanece constante ou diminui, olhando para a configuração final, podemos dizer qual é o menor valor possível para o perímetro inicial. O perímetro final, quando todo o tabuleiro está coberto, é 8L + 8L + 8L + 8L = 32L. Agora, o que nos resta é tentar encontrar uma configuração inicial de perímetro 32L que resolva nosso problema.

Aqui entra um pouco de arte e... bem, sorte, pois só mostramos que, no início, o perímetro é de, pelo menos, 32L, mas não que deva ser exatamente 32L. Mas hoje é nosso dia de sorte. A configuração da figura 2 resolve nosso problema:

Você pode ver que, a partir dessa configuração,

cobrimos o tabuleiro depois de sete movimentos. Este é apenas o segundo de muitos problemas que se passam em um tabuleiro. Portanto, cuidem dele com carinho. O tabuleiro vai voltar!

Figura 2.



SOLUÇÃO DO DESAFIO PASSADO

O problema dos copos é muito parecido com o problema da festa. No início, temos três copos para baixo e zero para cima (está vendo por que o zero é uma grande invenção?). A cada movimento, viramos: a) dois para cima; ou b) dois para baixo; ou c) um para cima e um para baixo. Em cada um desses movimentos, o número de copos para cima é alterado em + 2, - 2 ou 0, o que mantém a paridade inicial (par). Portanto, jamais conseguiremos chegar a + 3, que é ímpar! Na coluna anterior, perguntei por que o argumento usado no problema do ponto fixo não é 100% correto. Resposta: porque nem sempre a sombra está totalmente contida na sombra anterior! Ela pode ser igual, por exemplo. Mas, apesar disso, confie em mim: o teorema está certo.

DESAFIO

E se o tabuleiro for 6 por 8? Qual é a solução?