

- Um estranho fenômeno no vácuo
- A misteriosa fauna das cavernas



Mutantes de laboratório

ATALHO PARA UMA VIDA MELHOR



Você sabe o que é a Fundação Bradesco?



- ✓ 42 anos de investimento na educação de crianças, jovens e adultos.
- ✓ Escolas em 23 dos 26 Estados brasileiros, além do Distrito Federal.
- ✓ Mais de 97 mil alunos sendo atendidos em 1998.
- ✓ Cursos de Educação Infantil, Ensino Fundamental, Ensino Médio-Profissionalizante, Educação de Jovens e Adultos e Educação Profissional Básica.
- ✓ Ensino, material escolar, alimentação, assistência médica e odontológica.
Tudo gratuitamente.



Fundação Bradesco

A revolução **genética**

A engenharia genética estará definitivamente associada à melhoria da qualidade de vida nas próximas décadas. Com o uso de animais como 'fábricas' de proteínas essenciais aos seres humanos, a substituição de genes 'defeituosos' e o transplante de tecidos ou órgãos de uma espécie para outra, serão dados grandes passos na medicina, revolucionando o controle das doenças. Na agroindústria, o desenvolvimento de animais que crescem mais rápido ou com menor percentual de gordura e o cultivo de plantas resistentes a pragas ou mais bem adaptadas ao clima e ao solo ajudarão a acabar com o flagelo da fome. É nessa área promissora da pesquisa biológica que os organismos transgênicos ganham destaque. *Ciência Hoje* mostra o que vem sendo feito na área e aponta para os benefícios e riscos que a atividade envolve.

Quem imagina que o vácuo é algo ermo, quieto ou inerte engana-se. Segundo a teoria quântica – ramo da física que estuda o microuniverso dos átomos e das moléculas – o vácuo abriga uma tormenta de fenômenos microscópicos. Tal interpretação mostrou que as idéias defendidas pelo filósofo grego Aristóteles não estavam de todo incorretas: o vazio 'absoluto' inexistente. E é nesse cenário turbulento do vácuo quântico que ocorre o efeito Casimir – o surgimento de uma força atrativa entre placas eletricamente neutras! No mínimo intrigante, o fenômeno descoberto há meio século pelo físico holandês Hendrik Casimir é estudado até hoje por vários grupos de pesquisa do país.

No escuro das cavernas, é possível encontrar um tipo de fauna de hábitos peculiares. Longe da luz solar, muitos desses pequenos seres só obtêm alimento nos dejetos – o guano – de animais maiores, como os morcegos, que saem das cavernas para buscar sua comida. *Ciência Hoje* apresenta alguns desses inusitados organismos e debate como as condições do ambiente influenciaram sua evolução.



A redação

PROJETO CIÊNCIA HOJE

Responsável pelas publicações de divulgação científica da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC). Compreende: revistas *Ciência Hoje* e *Ciência Hoje das Crianças*, *CH on line* (internet), *Ciência Hoje na Escola* (volumes temáticos) e *Ciência Hoje das Crianças Multimídia* (CD-ROM). Mantém intercâmbio com as revistas *Ciencia Hoy* (Corrientes 2835, Cuerpo A, 50 A, 1193, Buenos Aires/Argentina, tels.: (00541)961-1824/962-1330) e *La Recherche* (Paris/França); e conta com o apoio do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF/CNPq), Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC/CNPq) e Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

CONSELHO DIRETOR

Alberto Passos Guimarães Filho (CBPF/CNPq);
Darcy Fontoura de Almeida (Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho/UFRJ);
Otávio Velho (Museu Nacional/UFRJ);
Reinaldo Guimarães (UERJ/Membro convidado);
Roberto Lent (Instituto de Ciências Biomédicas/UFRJ);
Fernando Szklo
Maria Elisa da C. Santos
Fernando Szklo
Ciências Humanas – Carlos Fausto (Museu Nacional/UFRJ)
Ciências Ambientais – Olaf Malm (Instituto de Biofísica/UFRJ)
Ciências Exatas – Ronald Cintra Shellard (CBPF e PUC-RJ)
Ciências Biológicas – Débora Foguel (Instituto de Ciências Biomédicas/UFRJ)

Secretária
Diretor Executivo
Editores Científicos

CIÊNCIA HOJE • SBPC

REDAÇÃO

Editora Executiva: Alicia Ivanishevich
Secretária de Redação: Valquíria Daher
Editor de Texto: Ricardo Menandro
Setor Internacional: Micheline Nussenzveig
Repórteres: Bianca da Encarnação, Danielle Nogueira e Fernando Paiva
Revisoras: Elisa Sankuevitz e Maria Zilma Barbosa
Secretária: Theresa Coelho
Colaboraram neste número: Bernardo Esteves, Dagoberto Souto Maior, Daniela Evelyn, Eliza Muto, Paul Wymer e Roberto Caruso (reportagem), Cássio Leite Vieira (edição)

ARTE

Diretora de Arte: Ampersand Comunicação Gráfica S/C Ltda.
Programação Visual: Claudia Fleury (E-mail: ampersan@uol.com.br)
Computação Gráfica: Carlos Henrique Viviane e Raquel P. Teixeira
Secretária: Luiz Baltar
Irani F. de Araújo

SUCURSAIS

BELO HORIZONTE

Coordenador Científico: Ângelo Machado (Instituto de Ciências Biológicas/UFMG)
Correspondente: Roberto Barros de Carvalho (E-mail: ch-mg@icb.ufmg.br)
End.: Departamento de Zoologia, Instituto de Ciências Biológicas/UFMG
Caixa postal 486, CEP 31270-901, Belo Horizonte, MG.
Telefax: (031) 443-5346

SÃO PAULO

Correspondente: Vera Rita da Costa (E-mail: chojesp@sbpcnet.org.br)
End.: Prédio da Antiga Reitoria da USP, Av. Prof. Luciano Gualberto, 374, travessa J, sala 232, Cidade Universitária, CEP 05508-900, São Paulo, SP. Tel.: (011) 814-6656 e Telefax: (011) 818-4192

REPRESENTAÇÕES

BRÁSILIA

Coordenadora Científica

Maria Lúcia Maciel (UnB)
End.: Edifício Multi-uso 1, Bloco C, térreo, sala CT65, Campus Universitário/UnB, Caixa postal 0423, CEP 70910-900, Brasília, DF, telefax: (061) 273-4780

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.: (071) 247-2033, fax: (071) 235-5592

PUBLICIDADE

Diretor Comercial
Supervisora de Operações
Contato Comercial

Ricardo Madeira (E-mail: rmadeira@dialdata.com.br)
Sandra Soares
Marcos Martins (E-mail: marconiz@dialdata.com.br)
End.: Rua Maria Antônia 294, 4º andar, CEP 01222-010, São Paulo, SP. Telefax: (011) 258-8963

REPRESENTANTES COMERCIAIS

BRÁSILIA

PROJETO NORDESTE

Deusa Ribeiro – Tel.: (061) 577-3494/989-3478, Fax: (061) 273-4780
Rudiger Ludemann – Telefax: (071) 379-7716

ADMINISTRAÇÃO

Gerente Financeira
Produtora
Pessoal de Apoio

Lindalva Gurfield
Maria Elisa da C. Santos
Luiz Tito de Santana, Pedro P. de Souza, Ailton B. da Silva, Luiz Cláudio Tito, Marly Onorato, Cathia Leiras, Neusa Soares e Flávia de Souza

ASSINATURAS

Gerente de Circulação
Assistente
Pessoal de Apoio

Adalgisa Bahri
Maria Lúcia Pereira
Francisco R. Neto, Luciene de Azevedo, Selma Azevedo Jesus, Delson Freitas, Márcio de Souza, Eliomar Santana, Sérgio Pessoa e Márcia Silva

PRODUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO

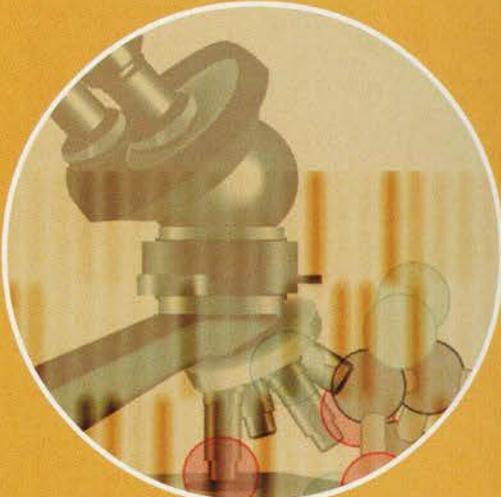
Fotolito
Impressão
Distribuição em Bancas

Open Publish Soluções Gráficas
Gráfica JB S/A
Fernando Chinaglia Distribuidora S/A – ISSN: 0101-8515

CIÊNCIA HOJE

Redação

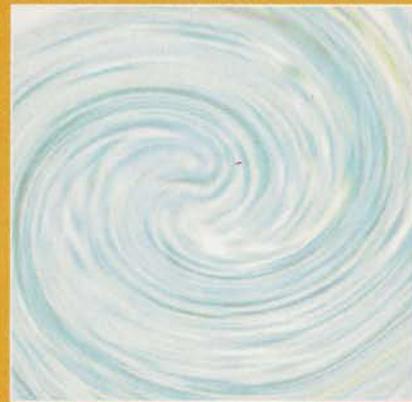
Av. Venceslau Brás, 71, fundos – casa 27 – CEP 22290-140, Rio de Janeiro-RJ
Tel.: (021) 295-4846 – Fax.: (021) 541-5342
E-mail: chojered@sbpcnet.org.br



Animais transgênicos e nocautes: soluções para muitos enigmas 16

Técnicas como a inclusão de genes de outra espécie ou a inativação de genes escolhidos em animais de laboratório podem revolucionar o tratamento de doenças humanas e ajudar a aumentar a produção de alimentos animais e vegetais.

Por Antonio José Oliveira-dos-Santos



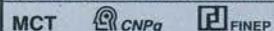
Tormenta no vazio: o vácuo quântico e o efeito Casimir 26

Em 1657, uma famosa experiência fez os cientistas da época acreditarem que o vácuo absoluto podia ser criado. Hoje, três séculos depois, sabe-se que o vácuo, na verdade, abriga uma tormenta de fenômenos microscópicos, como o intrigante efeito Casimir.

Por Marcus Venicius Cougo-Pinto, Carlos Farina e Alexandre Tort

REVISTA FINANCIADA COM RECURSOS DO

Programa de Apoio a Publicações Científicas

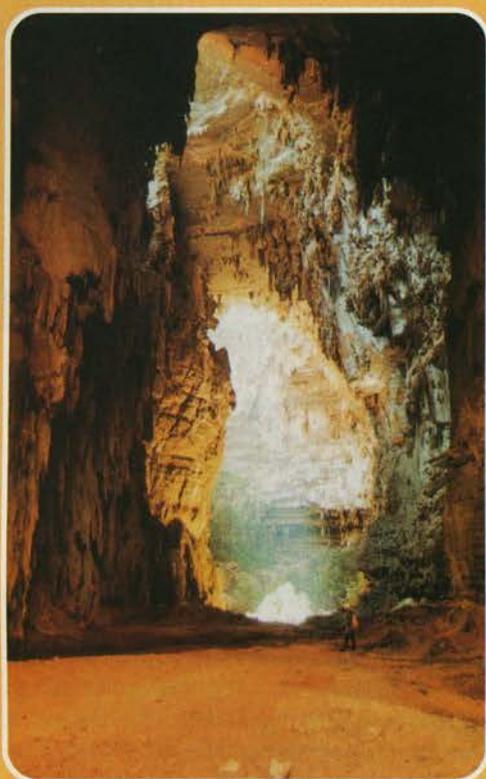


ATENDIMENTO AO ASSINANTE E NÚMEROS AVULSOS

TEL.: 0800 264846

CH on-line:

<http://www.ciencia.org.br>



Guano de morcegos: fonte de vida nas cavernas 34

Conseguir alimento em cavernas, em especial as mais isoladas do exterior, é um sério problema para muitos animais que ali vivem.

Para alguns, a única fonte de nutrientes é o guano de animais como os morcegos, que podem sair para buscar sua comida.

Por Rodrigo Lopes Ferreira e Rogério Parentoni Martins



Capa: foto de Pedro Oswaldo Cruz

O LEITOR PERGUNTA

- Qual a alteração introduzida na soja transgênica e que riscos ela pode trazer para o meio ambiente e a saúde humana?  4
- A aspirina é totalmente eliminada ou parte dela permanece no organismo? 4
- Se estivéssemos em um trem à velocidade da luz e acendêssemos uma lanterna na mesma direção do movimento do trem, ela clarearia o outro lado da parede? 5

ENTREVISTA

- Yves Legrand**  6
Novas armas contra um inimigo versátil

MUNDO DE CIÊNCIA

- Mais perto dos órgãos artificiais  10

HUMOR

EM DIA

- De volta ao coração do Brasil  42
- Um saca-rolha para o coração 44
- Instinto materno 45
- A rede como mestre 46
- Uma luz para a versão humana do mal da vaca louca 47

EM FOCO

OPINIÃO

- Impasse na proteção do clima  52

PRIMEIRA LINHA

- O desaparecimento de pequenos rios brasileiros  56
- Caminhos da biodiversidade 62

TECNOLOGIA

- Bioespuma pode substituir isopor  65
- Longa vida para os tubos de aço 67

PERFIL

- Padre Henrique Cláudio de Lima Vaz**  68
A dignidade da razão

BESENHA

- Muito além das 'caras e bocas' 74

MEMÓRIA

- Sob a poeira do tempo  76

FICÇÃO

- De volta para o passado 78

CARTAS

80

? Qual foi a alteração introduzida na **soja transgênica Roundup Ready** e que riscos ela pode trazer para o meio ambiente e a saúde humana?

CARLOS DA GAMA LOBO, NOVO HAMBURGO/RS

A principal alteração da soja transgênica é a introdução de um segmento de DNA (material genético), através de técnicas biotecnológicas, que codifica a expressão de proteínas bacterianas até então ausentes na planta original. Sequências de nucleotídeos de origem viral com função regulatória também fazem parte do material genético introduzido. A nova soja é resistente ao herbicida Roundup, cujo princípio ativo – o glifosato – controla plantas daninhas inibindo a enzima 5'-enolpiruvato-chiquimato-3-fostato-sintase (EPSPS). Essa enzima catalisa uma reação na cadeia de biossíntese dos aminoácidos aromáticos (fenilalanina, triptofano e tirosina) presente em plantas e microrganismos e ausente em animais, peixes e aves. Quando aplicado, o glifosato acaba matando as plantas de soja, pois a enzima nativa tem baixa resistência ao referido herbicida.

Genes heterólogos ao da soja já estudados em outras espécies apresentam níveis variáveis de resistência ao herbicida. O gene CP4 EPSPS, que confere alto nível de

resistência ao herbicida, foi retirado da *Agrobacterium* estirpe CP4 e introduzido na soja, onde é responsável pela produção da enzima CP4 EPSPS em grandes quantidades (0,2% das proteínas da semente). O grau de similaridade com a enzima nativa da soja é de 51%.

Vários são os riscos à saúde humana segundo trabalhos de Mae-Wan Ho, da Open University, na Inglaterra. A soja alterada geneticamente contém sequências de bactérias, de vírus e da petúnia, que não fazem parte da nossa alimentação. Também são desconhecidos seus efeitos no aumento ou na diminuição da alergenicidade (capacidade de provocar alergia) que a soja já apresenta naturalmente. Seus possíveis efeitos pleiotrópicos (produzidos por genes que levam a duas ou mais características diferentes) ou epistáticos (interferência de um gene na expressão de outros) não são conhecidos. Embora estudos já tenham comprovado que houve, na soja transgêni-



? Como age a **aspirina**? A substância é totalmente eliminada ou parte dela permanece no organismo?

ZILDA TOSCA, RIO DE JANEIRO/RJ

O ácido acetilsalicílico (AAS) ou aspirina é o protótipo de um grande grupo de medicamentos com propriedades analgésica, antipirética e antiinflamatória. Esses efeitos decorrem da inibição da enzima ciclo-oxigenase dos ácidos graxos (COX), responsável pelo início da síntese de prostaglandinas (PGs), tromboxanas (TXAs) e prostacilinas (PGIs), que podem ser produzidas praticamente por qualquer célula do nosso organismo. As PGs são responsáveis pelo aumento do fluxo sanguíneo e vermelhidão e pela sensibilização à dor das terminações nervosas sensitivas em locais inflamados (hiperalgesia). Além disso, sua produção no hipotálamo determina a elevação da

temperatura corporal. Assim, o AAS, ao inibir a síntese de PGs, reduz a vermelhidão e o edema no local inflamado, abole a hiperalgesia e reduz a temperatura ao normal. Dor de dente, dor de cabeça e dor lombar são exemplos de hiperalgesia.

Uma característica particular do AAS é a irreversibilidade da inibição da COX. As células intactas recuperam-se graças à sua capacidade de produzir COX de novo. O mesmo não ocorre nas plaquetas ou trombócitos, que são fragmentos de célula, impedindo permanentemente a síntese de TXA até que novas plaquetas sejam produzidas. A formação de coágulos em áreas onde a parede vascular foi lesada depende ini-

cialmente da agregação de plaquetas, que é estimulada pela TXA. A célula da parede vascular produz PGI₂, que é inibidora da agregação plaquetária ou formação de trombo. Após ingestão de um só comprimido de AAS, todo o salicilato levará cerca de 20 horas para ser eliminado. O efeito antitrombotático persiste, entretanto, até sete dias, porque as células endoteliais que foram a parede vascular se recuperaram com a síntese de nova COX, mas não as plaquetas.

Dalton Luiz Ferreira Alves
Departamento de Farmacologia,
Universidade Federal
de Minas Gerais



ca, um aumento na expressão do inibidor da tripsina (proteína alergênica) e que pode provocar desnutrição em ratos, a empresa que desenvolveu tal soja insiste em considerá-la quimicamente equivalente à soja não-transgênica. Essa equivalência foi aceita pela Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) em 24 de setembro de 1998, quando considerou que o produto não apresentava risco à saúde humana e ao meio ambiente.

Outro aspecto importante é que a soja contém fitoestrógenos — substâncias envolvidas com anomalias reprodutivas em camundongos, ratos e humanos. Sabe-se que o glifosate induz a síntese do fitoestrógeno em algumas leguminosas, o que pode ocorrer também na soja. Como nenhum resultado experimental relacionado ao assunto foi apresentado para a soja transgênica submetida à aplicação do herbicida glifosate, não é possível prever o risco que o produto consumido, se conter resíduo do herbicida, pode causar. Resíduos do herbicida já foram detectados em moranginho, alface, cenoura, cevada e peixes.

Também não constam do processo enviado à CTNBio dados sobre os resíduos do glifosate em partes da planta ou em seus produtos. Na Califórnia, esse herbicida é, entre os agrotóxicos, o terceiro mais comum a provocar problemas, como irritação da pele e dos olhos, depressão cardíaca e vômitos. A toxicidade crônica do produto causou câncer nos testículos de ratos e reduziu seu número de espermatozoides. Outros estudos indicaram que fórmulas

contendo glifosate causam mutações em genes.

Do ponto de vista ambiental os riscos também são altos. O herbicida usado mata plantas indiscriminadamente, com efeitos diretos na dinâmica populacional de bactérias, fungos e insetos. O herbicida pode ser altamente tóxico para peixes, minhocas e fungos micorrízicos.

Outro aspecto é que o aumento da aplicação de um mesmo produto químico acelera o desenvolvimento de plantas resistentes. Já existem várias espécies resistentes ao herbicida glifosate que podem causar prejuízos à agricultura brasileira. Não se exclui também a possibilidade da transferência desse gene de resistência ao herbicida para outras variedades ou espécies por polinização cruzada. A transferência horizontal dos genes, via infecção, para organismos do solo também é um risco. Se microrganismos do solo suscetíveis ao glifosate adquirem resistência ao herbicida, sua dinâmica populacional deverá se alterar profundamente, sem que se saiba quais serão as reais conseqüências.

Dados os riscos que a soja transgênica apresenta, a SBPC considera sua liberação para cultivo e consumo prematura, pois não há garantia de que o produto seja sadio, seguro e vantajoso para a agricultura brasileira.

Rubens Onofre Nodari

*Departamento de Fitotecnia,
Universidade Federal de Santa Catarina*

? Se estivéssemos em um trem à velocidade da luz e acendêssemos uma lanterna na mesma direção do movimento do trem, ela clarearia o outro lado da parede?

ANDRÉ DE SOUZA, POR E.MAIL

Infelizmente, esta pergunta não tem resposta porque não existem trens que andam à velocidade da luz. Nenhum corpo material pode viajar a essa velocidade (300 mil km/s). Mas poderíamos imaginar um trem todo feito de luz. Um primeiro pulso de luz, gerado por uma máquina de flash, representaria a parede da frente do trem, e um segundo pulso de luz, emitido um pouco mais tarde, representaria o fim do trem e a lanterna.

Evidentemente uma onda de luz emitida por essa 'lanterna luminosa' nunca sairia da lanterna, pois viaja à mesma velocidade dela e, conseqüentemente, nunca alcançaria o primeiro pulso de luz (a frente do trem). Então, a resposta à pergunta seria negativa? Não, porque o trem feito de luz não é propriamente um trem de verdade. A distância espacial entre a frente do trem e a traseira, para o 'observador luminoso' sentado no 'trem de luz', seria infinita! Mas, como um trem de verdade tem que ter um comprimento finito, mesmo admitindo objetos feitos de luz, não poderíamos conceber um trem que andasse à velocidade da luz, e a pergunta do leitor ficaria sem resposta sempre.

Bernhard Lesche

Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro



CARTAS À REDAÇÃO

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

E-MAIL:
chojered@sbpcnet.org.br

Yves Legrand

Novas armas contra um inimigo versátil



A versatilidade é uma das características que tornam o câncer um inimigo tão difícil de ser vencido pela ciência. A opinião é do francês Yves Legrand, diretor da unidade 353 do Instituto Nacional de Saúde e Pesquisa Médica (Inserm), em Paris, e um dos principais especialistas no desenvolvimento de um promissor tratamento contra a doença: as terapias antiangiogênicas. O princípio desse tipo de estratégia é impedir a angiogênese do tumor, ou seja, bloquear a sua vascularização, essencial para sua nutrição e futuro desenvolvimento. Sem a formação de vasos sanguíneos a sua volta, o tumor fica isolado, faminto, sem oxigenação e regride.

Legrand e seu grupo escolheram a engenharia genética como ferramenta para combater a angiogênese. Tomaram um caminho diferente do trilhado pelos pesquisadores da Universidade de Harvard (EUA), que ficaram conhecidos mundialmente, ao combaterem tumores em ratos com uma combinação de duas drogas, angiostatina e endostatina. Os pesquisadores do laboratório 353 do Inserm injetaram nos tumores de camundongos uma cópia geneticamente modificada de uma parte da enzima uroquinase, capaz de impedir a progressão do câncer. As experiências com as cobaias foram bem-sucedidas, mas testes com humanos ainda não estão previstos. “Com esse tipo de terapia, as células produzem o seu próprio remédio”, diz o pesquisador.

No segundo semestre do ano passado, Legrand visitou o Brasil pela segunda vez, como parte de um programa de intercâmbio entre seu laboratório e o Departamento de Biologia Celular e Genética do Instituto de Biologia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, promovido pelo convênio CNPq/Inserm. Nesta entrevista, o chefe do laboratório 353 falou de seus trabalhos com a uroquinase e das esperanças da cura do câncer.

ENTREVISTA CONCEDIDA A **DÉBORA FOGUEL** (INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOMÉDICAS/UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO), **VERÔNICA MORANDI** (INSTITUTO DE BIOLOGIA ROBERTO ALCÂNTARA GOMES/UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO) E **VALQUÍRIA DAHER** (CIÊNCIA HOJE/RJ)

Quais as pesquisas mais promissoras hoje em dia na direção da cura do câncer?

Algumas das terapias mais importantes são as que visam provocar a apoptose ou suicídio das células cancerosas. Por exemplo, os genes suicidas são introduzidos nos tumores com a ajuda de um vírus portador. Em uma etapa posterior do tratamento, o gene suicida é ativado por um tipo de droga. Essa linha de pesquisa foi aplicada recentemente em cânceres de pele, como os melanomas severos. Esse parece ser um caminho promissor. Outro campo é no que estamos envolvidos em nosso laboratório, no qual a estratégia é lutar contra a angiogênese do tumor, impedindo sua vascularização. A vascularização é essencial para a nutrição dos tumores sólidos e conseqüentemente para seu crescimento e sua disseminação pelo organismo. Acho que a razão dessa estratégia ser promissora é que quando o alvo são as células endoteliais (principais células da parede dos vasos sanguíneos) sabemos exatamente que tipo de célula estamos enfrentando. Apesar das células endoteliais de veias, artérias e capilares apresentarem algumas diferenças nos diversos órgãos, elas mantêm características mínimas comuns. As células cancerosas, ao contrário, são muito versáteis e podem corresponder a diferentes clones de células dentro de um mesmo tumor. Assim, freqüentemente, quando atacamos as células cancerosas, não obtemos os mesmos resultados sobre esses clones e muitas vezes atingimos células normais.

O bloqueio da vascularização acarreta interrupção no fornecimento de alimentos e oxigênio para as células e tumores e, em conseqüência, sua morte

Para fazer um recente histórico do que está sendo feito, é preciso falar do trabalho do grupo de Judah Folkman, na Harvard Medical School, que descobriu a angiostatina, derivada da molécula de plasminogênio, e que apresenta alta afinidade para células endoteliais. Folkman usou a angiostatina e a endostatina – esta criada recentemente por Michael O'Reilly – como uma forma de parar a angiogênese e, conseqüentemente, o progresso do câncer e a metástase. Folkman utilizou uma mistura das duas drogas administradas na circulação. Um grupo do Instituto Gustave Roussy, em Villejuif (França), liderado pelo professor Michel Perricaudet, que é diretamente associado a nós, teve sucesso ao transferir o gene da angiostatina para um tumor de seio em ratos. O gene foi infiltrado nos tumores com a ajuda de um vetor que, no caso, foi o adenovírus. Na experiência, foi observada uma parada no desenvolvimento do tumor devido à interrupção da angiogê-

nese. Ainda não se sabe muito bem como a angiostatina e a endostatina agem e como provocam a apoptose na célula cancerosa.

A terapia antiangiogênica desenvolvida no laboratório 353 é bastante diferente disso, não?

Sim, o que nós fizemos em nosso laboratório foi diferente. Baseamos nossa estratégia no uso de uma molécula, a uroquinase. Essa enzima é conhecida há muitos anos por ser um dos nove ativadores do sistema fibrinolítico, que desfaz os chamados coágulos do sangue. Além de atuar no sistema vascular, essa enzima também age nos tecidos. A uroquinase é peça crucial no crescimento dos tumores e no desenvolvimento da metástase. Para ficarem livres para migrar para locais distantes do tumor, as células tumorais precisam degradar a matriz protéica circundante na qual estão imersas. Para isso, enzimas proteolíticas precisam ser ativadas, pois são elas que vão digerir as proteínas da matriz. As células endoteliais também precisam migrar nessa matriz para gerar novos capilares e irrigar os tumores. A uroquinase inicia esse processo de migração, ao favorecer a ativação da primeira enzima da 'cascata proteolítica', a plasmina, que atua diretamente na degradação da matriz e também ativa outras enzimas que acentuam o processo de degradação.

O ponto inicial desse processo é, portanto, a secreção da uroquinase e sua ligação ao receptor que é expresso tanto pelas células endoteliais como pe-



las células cancerosas invasivas. Este é um ponto importante: essa enzima funcionará com todo seu potencial só se estiver ligada a seu receptor, presente na membrana da célula. Se conseguíssemos bloquear a ligação dessa proteína a seus receptores, poderíamos então bloquear essa cascata de reações.

Nós obtivemos o bloqueio, produzindo, por engenharia genética, um pedaço da molécula da uroquinase contendo apenas a porção envolvida na ligação ao seu receptor, desprovida de qualquer atividade enzimática. Esse pedaço foi denominado ATF (fragmento amino-terminal). Utilizando um adenovírus como vetor, introduzimos uma cópia desse gene ATF em células de tumores muito invasivos de ratos. Dessa forma, o fragmento ATF passa a ser produzido pelas próprias células do tumor. A terapia genética é muito útil já que afeta apenas as células que receberam o gene em questão e mais nenhuma outra célula do organismo. Após algumas semanas ▶

observamos que esses tumores eram muito menores e pouco irrigados, apresentando coloração clara, o que sugeria a ausência de sangue dentro e ao redor dos mesmos, ou seja, de vascularização.

O que nós sabemos agora é que esse fragmento da uroquinase atua nas células endoteliais, bloqueando a angiogênese, e também nas células tumorais já que estas também expressam o receptor para uroquinase. O bloqueio da vascularização acarreta interrupção no fornecimento de alimentos e oxigênio para as células e tumores e, em consequência, sua morte. A angiostatina não apresenta esse duplo efeito já que age apenas nas células endoteliais.



Se esse tratamento funcionar, acho que será tão concentrado em um determinado ponto que não haverá risco de toxicidade para o resto do organismo

Quando o senhor começou a trabalhar com esse tipo de estratégia?

No nosso laboratório, as primeiras observações sobre a uroquinase e seu receptor em células cancerosas foram feitas há cerca de 10 anos pela professora Claudine Soria e pelo professor He Lu, um chinês que participava de nosso programa. Eles observaram que células cancerosas do ovário migravam prontamente quando expressavam alta concentração de receptor de uroquinase. Assim, começamos nosso interesse em relacionar a uroquinase e o tratamento do câncer. Esse mesmo grupo teve a idéia de cortar a molécula de uroquinase e isolar o ATF e imaginaram um tipo de construção gênica, que foi usada *in vitro*, provocando a inibição da migração das células endoteliais. Observamos também a inibição da angiogênese, em um modelo do mesmo tipo do que está sendo feito por nossos colaboradores aqui no Brasil. Nós mostramos que isso era perfeitamente eficiente para bloquear também a migração das células cancerosas. E esse foi o início da idéia de usar esse tipo de terapia genética em ratos, o que começou, eu acho, entre 1994 e 1995, assim como a cooperação entre nosso laboratório e o de Michel Perricaudet. Mas a relação entre angiogênese e o crescimento de tumores é conhecida desde 1971, quando Judah Folkman publicou suas primeiras observações sobre o assunto.

Esse tipo de estratégia visa a uroquinase.

Essa enzima pode ser usada como alvo em todos os tipos de câncer?

O que nós sabemos é que o receptor da uroquinase é expresso por todas as células endoteliais e pela

maioria das células cancerosas invasivas. Existem muitos trabalhos na literatura que mostram que no câncer de seio, ovário e cólon, entre outros, as células cancerosas invasivas expressam o receptor da uroquinase. Mas, a terapia não poderá ser usada no combate a cânceres móveis, como a leucemia, por exemplo. Acredito que impedir a vascularização para combater um tumor é uma estratégia simples e eficaz, mesmo quando o tratamento estiver sendo realizado em mulheres, que durante a menstruação tem maior vascularização no útero. Eu não acho que haverá diferenças entre homens e mulheres na resposta ao tratamento porque o procedimento é muito concentrado no ponto afetado pela doença.

Os estudos foram feitos com ratos.

Há previsão de testes em humanos?

Ainda não. É uma esperança. É impossível dizer quando, mas estamos em um caminho promissor. Se esse tratamento funcionar, acho que será tão concentrado em um determinado ponto que não haverá risco de toxicidade para o resto do organismo.

Como será o tratamento em humanos?

Será doloroso?

Será uma simples e direta injeção no tumor. Mas, isso vai depender, de onde o tumor está localizado, algumas vezes teremos de usar laparoscopia. Não é invasivo, não é necessária uma cirurgia. Será, com certeza, menos doloroso do que o câncer.

Então o senhor acha que a estratégia de introduzir os adenovírus portadores de genes 'terapêuticos' nas células dos tumores será mais eficiente do que o uso de uma droga?

Sim, porque com as drogas temos que controlar os efeitos secundários. Outro ponto é que, ao tentar impedir a angiogênese usando drogas injetáveis na circulação, seu propósito será agir sobre o paciente para que ele possa conviver e viver com o câncer, que deixará de ser danoso. Entretanto, nesse tipo de tratamento é preciso injetar, reinjetar, reaplicar, reusar as drogas no paciente continuamente, pelo menos enquanto o tumor estiver presente. É claro que esse tratamento será doloroso, difícil e também muito caro. Enfim, é uma estratégia difícil. Se fomos bem-sucedidos com a terapia genética, com a própria célula produzindo seu 'remédio' através desse tipo de adenovírus, o tratamento não precisa-

rá ser repetido freqüentemente, talvez até nunca mais. Isso é muito mais confortável para o paciente.

Uma vacina contra o câncer está muito distante?

É uma resposta difícil. Encontrar o alvo da vacina é muito complicado devido a uma grande variedade de clones de células cancerosas dentro de um mesmo tumor. Mesmo a estratégia da terapia gênica apresenta alguns problemas a serem resolvidos nos próximos anos. Não obtivemos, por exemplo, uma interrupção total do câncer. Temos na realidade uma inibição da progressão do câncer. Como eu disse antes, o gene transferido às células com o auxílio dos adenovírus se extingue em poucos meses, ou seja, a proteína ATF deixa de ser produzida dentro do tumor após esse prazo. Esses vetores adenovirais de que dispomos no momento não são realmente os mais competentes para essa tarefa. Eu sei que o laboratório do professor Perricaudet está envolvido na construção de uma segunda geração de adenovírus, para melhorar o que chamamos de 'vetorização' do gene, ou seja, para que o gene transplantado permaneça mais tempo ativo no tecido tumoral. Outros problemas a serem resolvidos dizem respeito às co-reações imunológicas que podem resultar das repetidas injeções do adenovírus, inevitáveis enquanto perdurar a extinção do gene. Esse, com certeza, é um problema a ser solucionado no futuro.

O senhor acha sensacionalismo noticiar que a cura do câncer está muito próxima? É uma falsa esperança?

Nós não dizemos para o público em geral que estamos prontos para curar o câncer, porque ainda existem muitos passos a serem dados. Mas, é verdadeiro pensar que existe uma esperança concreta, seja com o nosso tipo de estratégia ou com o gene suicida provocando apoptose ou com uma combinação das duas. Eu acho que as coisas estão realmente progredindo no momento para um novo caminho, que nos dá pela primeira vez uma esperança real. Mas temos que ser conscientes e, por isso, não podemos prever quanto tempo levaremos para curar o câncer.

Com todos os avanços nas pesquisas, o câncer ainda é um dos maiores desafios da medicina hoje?

Não é o único. Existem também as doenças cardiovasculares, a Aids e muitas doenças infecciosas espalhadas pelo mundo. Algumas como a tuberculose são recorrentes. Mas o câncer continua, é claro, sendo um importante desafio, porque existem tantas variedades de câncer e com tantos fatores de risco... O câncer deverá continuar sendo um inimigo para combatermos no futuro, mesmo que o arsenal de tratamentos esteja crescendo e melhorando rapidamente. A meta é fazer com que os pacientes convivam com o câncer que se tornará inofensivo, porque os tumores estarão famintos. ■

Uma colaboração profícua

O papel de dezenas de moléculas na metástase e no crescimento de tumores cancerosos está sendo estudado atualmente em diversos laboratórios do mundo. O Brasil não está fora desse circuito. Um dos grupos envolvidos nessa linha de pesquisa está no Departamento de Biologia Celular e Genética do Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (Uerj). Um convênio de cooperação bilateral firmado em 1995 com o Instituto Nacional de Saúde e de Pesquisa Médica (Inserm) marcou o início das pesquisas no Rio de Janeiro.

"Quando estava fazendo meu doutorado em Paris, tive a oportunidade de contribuir nos estudos iniciais da equipe do Inserm com as células endoteliais, que geram os vasos sanguíneos durante a progressão tumoral, e assim foi proposta a continuidade da colaboração,

após meu retorno ao Brasil", conta Verônica Morandi, coordenadora do grupo. "Hoje somos o único laboratório brasileiro a pesquisar a angiogênese *in vitro*", completa.

Os brasileiros estão trabalhando com uma glicoproteína chamada trombospondina (TSP), produzida principalmente pelas plaquetas sanguíneas. "Apenas no início dos anos 80 sua presença em outros tipos de célula começou a ser estudada com mais interesse. Seu papel na enorme variedade de células já descritas, capazes de secretá-la, é ainda muito mal compreendido", diz Verônica.

Atualmente, o grupo da Uerj, em colaboração constante com a equipe de Chantal Legrand, está pesquisando a 'contraditória' função da trombospondina na angiogênese (a vascularização dos tumores essencial para seu crescimento). "Essa molécula

pode, aparentemente, exercer efeitos antagônicos sobre a angiogênese, inibindo ou ativando o processo, dependendo da região da molécula. Nos últimos meses, descobrimos uma parte da TSP com efeito estimulante da angiogênese *in vitro*. Isto difere de trabalhos prévios, que se concentraram nos efeitos inibitórios dessa molécula sobre a angiogênese", explica Verônica.

Mas ainda há muita pesquisa pela frente até serem iniciados testes com animais. "Minha preocupação no momento é o corte de quase 70% no orçamento do CNPq para cooperações internacionais. Nossos colaboradores do Inserm podem ser considerados membros virtuais de nosso grupo aqui no Brasil", conclui.

Valquíria Daher
Ciência Hoje/RJ



MEDICINA

Mais perto dos órgãos artificiais



A técnica de cultura de tecidos (animais e vegetais), iniciada no final dos anos 50 e continuamente aperfeiçoada, tornou-se um alicerce da pesquisa biomédica e da biotecnologia. Um novo marco na história dessa técnica foi relatado na revista *Science* (v. 282, pp. 1.145-1.147) por James A. Thomson, Joseph Itskovitz-Eldor e Sander S. Shapiro, entre outros pesquisadores do Centro de Pesquisas em Primatas de Wisconsin e médicos da Faculdade de Medicina de Wisconsin, nos Estados Unidos. A expectativa é de que os resultados obtidos tenham muitas aplicações na medicina e na biotecnologia.



Thomson e seus colegas obtiveram, por doação consentida, 36 óvulos fecundados e ainda embriões humanos em estágios muito iniciais (fase de clivagem do ovo). Um caldo de cultura com os nutrientes indispensáveis manteve esses ovos humanos vivos, em tubos de ensaio, até atingirem o estágio de blastocisto (composto por uma vesícula simples com um pequeno broto de células).

Os pesquisadores retiraram a vesícula externa, e por meio de microcirurgia, sugaram grupos de células do interior, cultivando-as sobre uma camada de células embrionárias de rato. Estas funcionaram como 'babás', alimentando e impedindo a morte das células humanas. As células humanas deram origem a uma colônia de células capazes de se dividir indefinidamente no tubo de ensaio, sem perder o caráter de célula primitiva indiferencia-

da. Tal colônia podia ser facilmente congelada e depois descongelada, voltando a crescer no tubo de ensaio.

As propriedades bioquímicas e biológicas de uma dessas linhagens celulares, batizada de H9, indicaram que se tratava de 'células-tronco embrionárias' pluripotentes, capazes de originar todos os tecidos que compõem o ser humano, do cérebro até unhas e cabelos. Essas células nunca haviam sido obtidas da espécie humana.

Ao serem colocadas em cultura, tais células empilhavam-se e começavam a se diferenciar, dando origem a diferentes tipos de células encontradas no corpo humano. Injetadas em camundongos SCID (que não têm sistema imunológico e, por isso, aceitam sem rejeição células de outras espécies), as células H9 deram origem a um tumor (cisto). O tumor, uma massa esférica, continha

praticamente todos os tipos de tecidos humanos, embora de forma desorganizada: osso, cartilagem, músculo, tubo digestivo, rim, tecido nervoso e outros.

Essas bolas de tecido humano, conhecidas na medicina como 'teratomas', são encontradas eventualmente no abdome de algumas pessoas, talvez como resultado de um pequeno acidente embriológico durante sua gestação. A presença de teratomas humanos nos camundongos que receberam a célula H9 mostra que essas células primitivas podem dar origem a qualquer tipo de tecido ou de órgão humano, desde que estejam em um ambiente favorável, como o que o camundongo imunodeficiente fornece. Nenhuma anormalidade genética foi encontrada nessas células primitivas.

Que utilidade têm essas células que podem ser cultivadas e congeladas por tempo indefinido? Na pesquisa básica, elas ajudarão a estudar os fatores moleculares que regulam a diferenciação dos tecidos humanos. Para a biotecnologia, elas serão muito importantes para a produção em laboratório de diferentes órgãos puros, como o coração e o rim. As 'cópias' de órgãos permitirão testar os efeitos de novos remédios diretamente sobre células humanas, e não mais em experiências com animais.

Para a medicina, essas células prestarão o inestimável serviço de gerar órgãos humanos novos e saudáveis, como pâncreas, tireóide e fígado, que poderão ser usados em transplantes. Uma dificuldade para isso será a rejeição dessas células estranhas pelo sistema imunológico do paciente, mas essa área da imunologia está avançando rapidamente, e soluções práticas são possíveis a médio prazo. Uma alternativa é a criação de um banco de células embrionárias primitivas, com as mais variadas composi-

ções genéticas. Assim seria possível escolher uma célula 'parecida' imunologicamente com os tecidos do próprio paciente, minimizando a rejeição.

A disponibilidade inédita de células-tronco embrionárias humanas poderá ainda ser utilizada para desenvolver novos e melhores métodos de terapia gênica, trocando tecidos defeituosos por tecidos saudáveis. Isso dependerá do desenvolvimento de métodos de induzir tolerância imunológica nos pacientes. A curto ou médio prazos, porém, não há possibilidade de que essas células sejam utilizadas para algum tipo de clonagem de seres humanos. Além do forte controle social e político sobre essas possíveis atividades, ainda não existe tecnicamente uma forma conhecida de permitir que tais células originem seres humanos organizados, se reinjetadas em mulheres.

É possível, quando muito, especular que algum país do Primeiro Mundo poderia no futuro descobrir como reconstruir com perfeição o blastocisto humano no laboratório. Nesse caso a clonagem de humanos seria possível a partir de células H9 (sempre femininas). Por suas profundas implicações éticas e religiosas, questões como essa estão sob intenso debate e sob rígido controle social na atualidade. É importante assegurar a participação crescente da sociedade na tomada de decisões quanto à política científica referente a essa área, sem cair no extremo oposto do obscurantismo radical. É preciso lembrar que as pesquisas com essas células são importantes para obter um banco de órgãos humanos no futuro, e isso significa a cura de numerosas doenças que hoje não têm solução.

George Alexandre dos Reis
Instituto de Biofísica,
Universidade Federal
do Rio de Janeiro

PALEONTOLOGIA

NOVA ESPÉCIE DE DINOSSAURO BÍPEDE

Uma equipe internacional de pesquisadores liderada pelo paleontólogo Paul C. Sereno, da Universidade de Chicago (Estados Unidos), descobriu no deserto de Teneré, na Nigéria, o esqueleto extremamente bem conservado de nova espécie de dinossauro, com 100 milhões de anos. O *Suchomimus tenerensis*, como foi batizado, era um dinossauro bípede, como o *Tyrannosaurus rex* e o *Velociraptor*. Com 11 m de comprimento, 3,5 m de altura e 5 toneladas, tinha uma mandíbula longa, lembrando a de um crocodilo, com uma centena de dentes cônicos e garras em forma de foices com cerca de 30 cm de comprimento. A família dos espinossaurídeos, à qual o *S. tenerensis* pertencia, alimentava-se tanto de carne como de peixes. Outros fósseis dessa família haviam sido descobertos na Grã-Bretanha, no Egito e no Brasil. A nova espécie, descoberta ao sul do equador, está mais próxima dos fósseis do hemisfério Norte, sugerindo que teria migrado para o sul através de uma ponte terrestre entre os dois hemisférios, no Cretáceo.

Science, 13/11/98



MEDICINA

NOVAS DROGAS RETARDAM A AIDS

Uma forte terapia contra o HIV parece atrasar o aparecimento da doença e a morte dos infectados, reduzindo a destruição das células de defesa CD4. A equipe do pesquisador Roger Detels, da Universidade da Califórnia, em Los Angeles, observou que uma terapia bem forte em pacientes com Aids, iniciada em 1995, mostrou retardar o aparecimento da doença, assim como a morte. Além disso, a redução do número de células CD4 foi menor. O combate à Aids, baseado até 1993 em monoterapia, passou a usar terapias combinadas entre 1993 e 1995 e desde 1995 vem sendo feito com o emprego de drogas com maior potência.

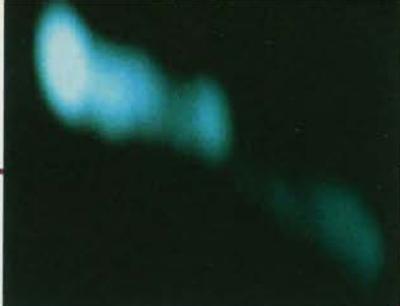
Journal of the American Medical Association, 4/11/98

ASTRONOMIA

OS JATOS DE GALÁXIAS ATIVAS

O físico John Wardle e colaboradores, da Universidade de Brandeis (Estados Unidos), conseguiram determinar a natureza de um tipo de material ejetado com velocidade próxima à da luz por quasares e outros núcleos galácticos ativos. Acredita-se que em todos esses objetos, alguns dos mais luminosos do universo, existe um buraco negro supermassivo central. Uma nuvem de gás forma o chamado disco de acreção em torno do núcleo, deslocando-se em direção ao buraco negro e caindo dentro dele. O material ejetado é um plasma formado por elétrons e cargas positivas que os neutralizam. Até agora não se sabia se as cargas positivas seriam prótons, por exemplo. Wardle e colaboradores usaram uma rede de 10 radiotelescópios (*Very Long Baseline Array – VLBA*) para analisar ondas de rádio emitidas pelos jatos do quasar 3C279. Com base nessas observações, determinaram que a grande maioria das cargas positivas é de pósitrons (antielétrons).

Nature, 1/10/98

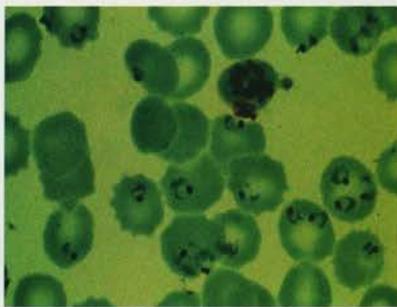


GENÉTICA

AVANÇO NO COMBATE À MALÁRIA

A equipe de Stephen L. Hoffman, do Instituto Naval para Pesquisas Médicas, e a de J. Craig Venter, do Instituto para Pesquisas Genômicas, em Rockville, no estado de Maryland (Estados Unidos), efetuaram o primeiro seqüenciamento completo de um cromossomo do parasita da malária, o *Plasmodium falciparum*. O cromossomo 2 tem 209 genes. Inclui uma família de proteínas, as rifinas, únicas desse parasita. Tais proteínas, embora de função ainda desconhecida, estão presentes em grande número. Deve haver 500 ou mais genes produtores de rifina no genoma inteiro. Os casos de malária vêm aumentando em algumas partes do mundo com o aumento da resistência do parasita a drogas e do mosquito vetor a inseticidas. Entender a biologia do parasita é um passo importante para a procura de vacinas ou de medicamentos que influenciem seu ciclo de vida.

Science, 6/11/98



BIOLOGIA



OS BENEFÍCIOS DO PACIFISMO

Pesquisas realizadas por David A. Holway e colaboradores, da Universidade da Califórnia, em San Diego (Estados Unidos), mostram que as formigas mais pacíficas são mais produtivas. Sem o desgaste de atacar outros insetos, elas conseguem invadir várias áreas. As formigas que defendem ferozmente seu território, como as formigas nativas da Argentina, são chamadas territoriais. Essas mesmas formigas argentinas, porém, tendem a não ter território em regiões como no Mediterrâneo ou na Califórnia. Elas vivem em colônias praticamente sem fronteiras, repartem as áreas de busca de alimentos e unem-se para formar supercolônias. Para comparar as atividades dos dois tipos, os cientistas montaram colônias de formigas argentinas no sul da Califórnia, e verificaram que as colônias de formigas pacíficas cresceram bem mais que as das agressivas. Outro benefício do pacifismo é a redução da taxa de mortalidade nessas formigas. Até agora, pouco se sabe sobre a invasão biológica, principalmente de insetos, que provoca um desequilíbrio ambiental difícil de controlar na agricultura e nos sistemas naturais.

Science, 30/10/98

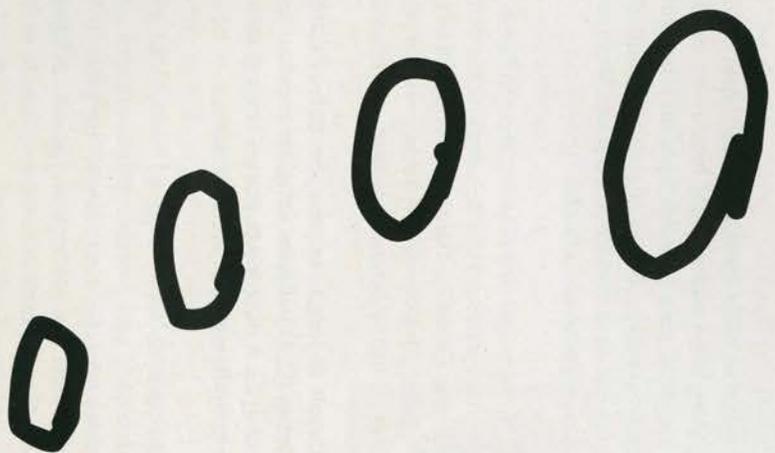
ECOLOGIA

AMAZÔNIA ULTRA-SENSÍVEL A QUEIMADAS

Os pesquisadores Mark Cochrane, do Centro de Pesquisas de Woodshall, e Mark Schultze, da Universidade Estadual da Pensilvânia (Estados Unidos), descobriram que focos de fogo considerados muito pequenos na floresta amazônica provocam incêndios muito maiores no ano seguinte. Durante um período típico de 16 dias de seca, apenas 5% de uma floresta tropical intacta ressecam o suficiente para pegar fogo. Em geral, as chamas elevam-se a menos de 10 cm, percorrendo cerca de 100 m por dia. Apagam-se ao anoitecer e recomeçam na manhã seguinte. Destroem árvores jovens, deixando intactos 90% da biomassa. Entretanto, um ano depois, as árvores fornecem apenas 60% de sombra em lugar de 85% a 95%, como antes. Isso favorece novo incêndio, que passa a queimar cerca de 40% da biomassa, incluindo árvores grandes. Isso é o que vem acontecendo em certa região do Pará, onde áreas atingidas por incêndios acidentais queimam novamente a cada três anos, impedindo a regeneração da floresta. O intervalo histórico entre incêndios florestais sucessivos era no mínimo de 400 anos.

Science News, 2/10/98

Você vive no mundo da Lua?



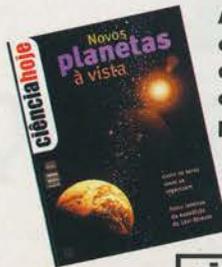
Com as publicações SBPC você coloca os dois pés nela!



A única revista de divulgação científica para crianças em todo o mundo. Apresenta diversas matérias e brincadeiras que ensinam ciência de uma maneira muito divertida e educativa.



Troque uma ideia com ela



A melhor e mais completa revista de divulgação científica do país.



Aventure-se no conhecimento

Ciência Hoje
na escola

Volumes especiais abordando diversos aspectos da ciência. Todos apresentam várias matérias e experiências para tornar a leitura ainda mais interessante e divertida. Ideal para o apoio à educação dos seus filhos.



O melhor companheiro para as pesquisas escolares. Uma viagem da Terra ao Espaço. Um presente inesquecível para todas as crianças.



Não fique perdido no espaço. Na revista Ciência Hoje você encontrará matérias atualizadas, simples e dinâmicas, escritas com exclusividade por quem entende do assunto. Conquiste o universo da ciência e do conhecimento com as publicações SBPC.

PR52

Ligue grátis:
0800-264846
e dê o código PR52

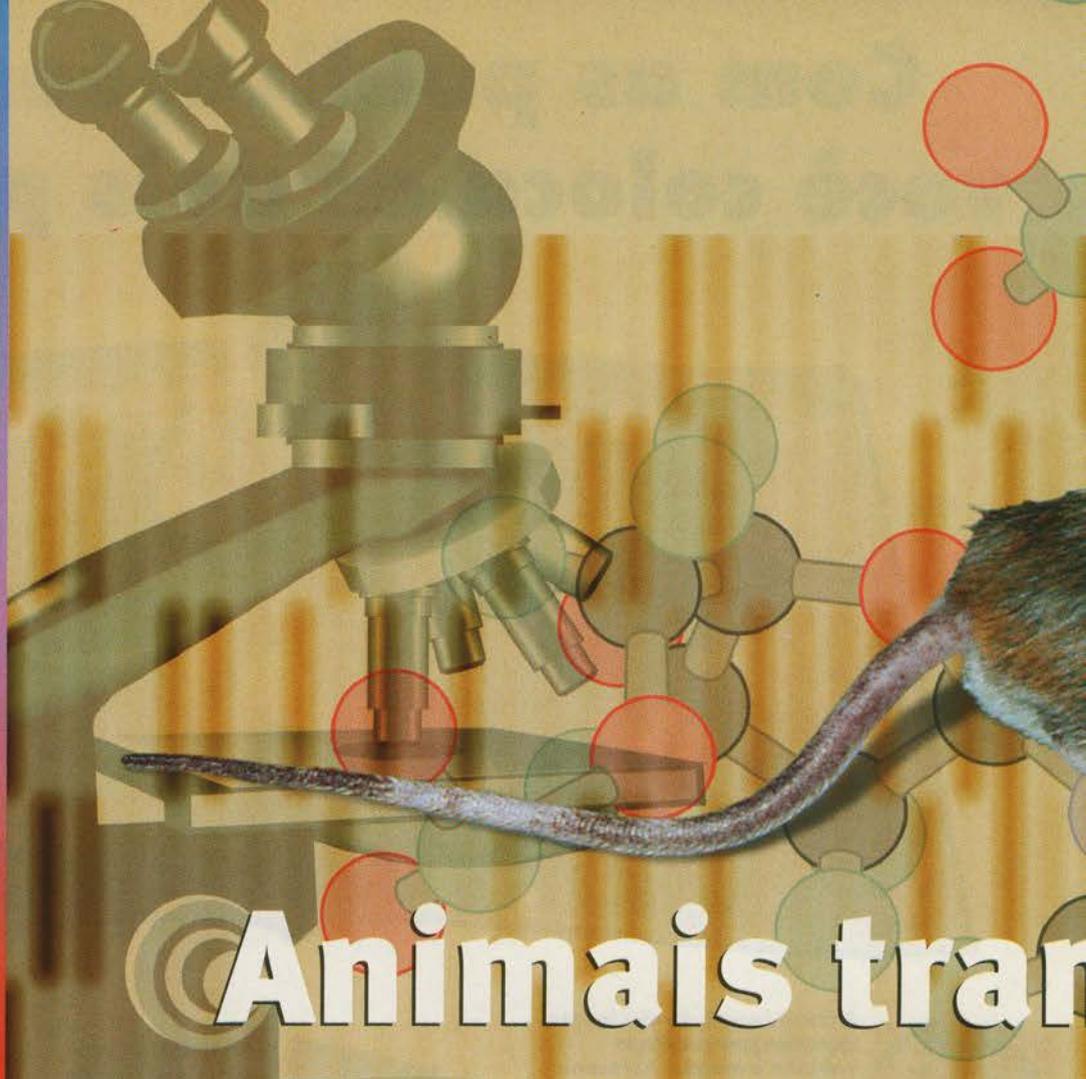


ciênciahoje
Aventure-se no conhecimento

Departamento de Assinaturas
Av. Venceslau Brás, 71 - casa 27
CEP 22290-140
Botafogo - Rio de Janeiro/RJ
Tel.: (021) 295-4846/ Fax:(021) 541-5342
www.ciencia.org.br

Modificar genes escolhidos, substituindo-os por fragmentos de material genético externo ou inativando-os para que as proteínas deles derivadas não sejam produzidas, é hoje uma das estratégias mais promissoras da pesquisa biológica. Os animais, em especial camundongos, em que essas mutações são induzidas permitem estudos que podem revolucionar o tratamento de doenças humanas e abrem caminho para outros avanços, como os transplantes entre espécies diferentes e a produção de animais ou vegetais mais adequados para consumo e de crescimento mais rápido

Antonio José Oliveira-dos-Santos
Amgen Institute,
Ontario Cancer Institute
eDepartment of Immunology,
University of Toronto (Canada)



Animais transgênicos: soluções para medicina

O objetivo das ciências biológicas, desde seus primórdios, é entender como funcionam os seres vivos, sejam unicelulares como as bactérias ou multicelulares como nós mesmos. Para isso, usamos o método científico: estudamos partes isoladas de um dado sistema (variáveis) e tentamos deduzir suas possíveis funções no sistema como um todo. Essa metodologia, apesar de suas limitações no estudo de sistemas complexos, como os biológicos, foi responsável pela revolução científica.

Nas ciências biomédicas, em um primeiro momento, buscava-se compreender a função de determinado tecido ou órgão, removendo-o ou inativando-o em animais de experimentação e observando as alterações que o organismo sofria. Demonstrou-se assim, por exemplo, o papel do pâncreas na regulação do nível de glicose no sangue através da produção de insulina, cuja deficiência caracteriza o *diabetes mellitus*.

Quando o código genético foi decifrado, ficou claro que o DNA de cada célula é um banco de



sgênicos e nocautes

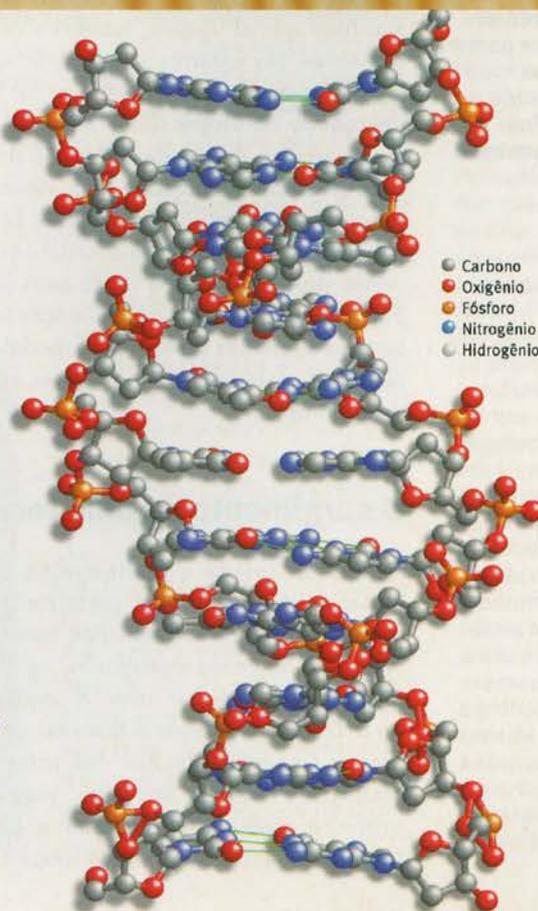
itos enigmas

dados bioquímico: ele armazena a informação genética e permite seu uso e sua transmissão à prole. O DNA (ácido desoxirribonucléico) é composto por quatro subunidades ('bases nucleotídicas') encadeadas em duas longas seqüências (fitas), unidas por interações químicas entre bases situadas em fitas opostas (figura 1).

As interações químicas entre fitas opostas formam sempre os mesmos pares de bases nucleotídicas (figura 2). Se cada base for tomada como uma letra, a combinação de três bases em uma das fitas corresponde a uma palavra ('códon'), e cada gene pode ser visto como uma frase do código genético. O genoma humano – conjunto de genes presentes no núcleo de cada uma de nossas células – corresponde a um banco de dados com cerca de três bilhões de bases (ou letras).

A informação contida em cada gene é reproduzida ('transcrição') em cadeias intermediárias de nucleotídeos (RNA), que funcionam como 'moldes' para a síntese de proteínas ('tradução'). As proteí-

Figura 1. Parte da estrutura de fita dupla de DNA (vista lateralmente), com os átomos que formam a molécula representados por pequenas esferas



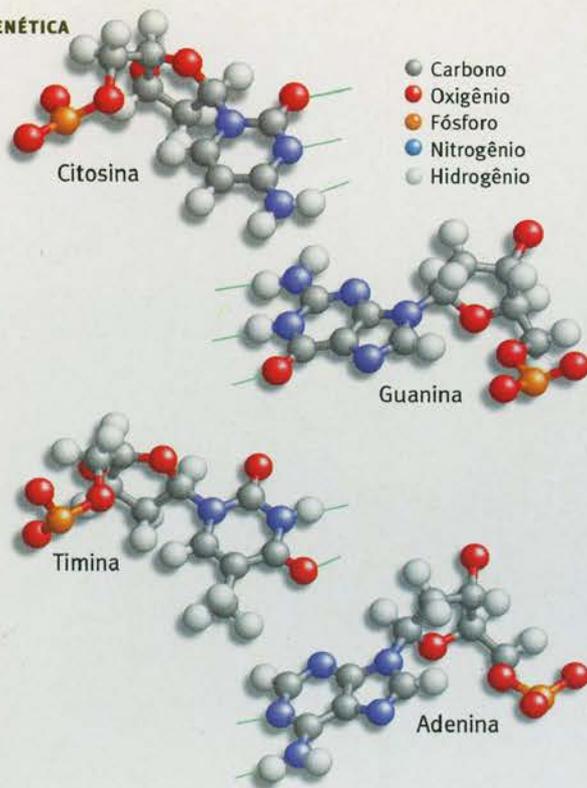


Figura 2. As bases nucleotídicas de fitas opostas de DNA unem-se sempre formando os mesmos pares: adenina com timina e citosina com guanina

nas também são compostas pelo encadeamento de subunidades (aminoácidos), e cada códon em um gene corresponde a um aminoácido em uma proteína. Há portanto uma equivalência: um gene ↔ uma proteína.

Esse fato fez as ciências biomédicas mudarem seu foco inicial (órgãos, tecidos e células) para as proteínas. No entanto, avaliar a função de proteínas em mamíferos vivos sempre foi um desafio. A descoberta de drogas que ativam ou inibem proteínas permitiu desvendar a função de algumas, e a identificação de pessoas com doenças genéticas (alterações na seqüência de bases do DNA) tornou possível entender como a ausência ou disfunção de certas proteínas afeta o organismo como um todo. Por analogia, animais com doenças genéticas similares às humanas tornaram-se modelos valiosos no estudo de tais enfermidades e na busca de novos tratamentos.

O surgimento de uma tecnologia

O aprimoramento e a automação de técnicas de biologia molecular vêm permitindo identificar e seqüenciar ('ler' a ordem das bases) um número crescente de genes e proteínas, em velocidade inimaginável há poucos anos. A seqüência completa do DNA da nossa espécie deve ser conhecida – pelo projeto Genoma Humano – na primeira década do século 21. Decifrar um gene, porém, é apenas o primeiro passo. Compreender a função de uma proteína é tarefa muito mais longa e complexa.

Uma alternativa para isso seria induzir uma alteração ('mutação') em uma base ou um códon de um gene, alterando assim a proteína equivalente. Isso permitiria obter animais geneticamente modificados, permitindo estudar os efeitos das mutações (ausência ou disfunção de uma proteína) sobre a fisiologia do organismo.

O método tradicional para estudar a função de um gene é baseado na identificação de variedades ('alelos') desse gene entre indivíduos de uma espécie. Na maioria das vezes, isso significa trabalhar com grande número de indivíduos. No caso de seres unicelulares, como bactérias e fungos, é possível estudar não só variedades naturais como mutações induzidas por drogas ('mutagênese química'), que danificam um ou mais genes, dependendo da droga e da dose. Em grandes populações de bactérias, é possível selecionar as que têm mutações em um gene específico e mantê-las em cultura, criando uma linhagem mutante para o estudo desse gene.

Estratégia semelhante é usada com seres multicelulares, como *Caenorhabditis elegans*, verme minúsculo do solo, ou *Drosophila melanogaster*, a mosca-das-frutas. No entanto, mesmo em animais simples, o estudo genético através de mutagênese química apresenta dificuldades crescentes, começando pelo tamanho dos genomas. A bactéria *Escherichia coli* contém três mil genes, enquanto a mosca-das-frutas tem cerca de 20 mil e o camundongo carrega um conjunto estimado em 200 mil genes.

Outro problema é o trabalho com grandes populações: quanto maior o genoma, maior a população necessária. O exame de um bilhão de bactérias é relativamente simples, mas isso é impensável com moscas. Nesse caso, 100 mil indivíduos já é um grande experimento. Com camundongos, tal limite estaria em torno de mil indivíduos. Além disso, a maioria dos seres multicelulares herda duas cópias de cada gene, um alelo de cada progenitor, e a mutação de apenas um desses alelos não altera muito o organismo. Assim, é preciso um longo e caro trabalho de cruzamento e seleção de descendentes até obter indivíduos com dois alelos mutantes.

Camundongos estão separados dos homens por milhões de anos de evolução, mas estima-se que 99% dos seus genes sejam similares e exerçam a mesma função. Por isso, experimentos de manipulação genética em camundongos permitem estudar *in vivo* genes humanos – hoje identificados em ritmo acelerado – cuja função ainda é desconhecida em nosso organismo. Assim, induzir a mutação específica de um gene em camundongos nos daria uma chance rara de estudar seus efeitos.

Embora a idéia fosse bastante atrativa, foi necessário superar vários obstáculos técnicos – tarefa a

que vários grupos de geneticistas, embriologistas, bioquímicos e biólogos moleculares se dedicaram a partir dos anos 70 (figura 3) – antes de torná-la realidade. Hoje é possível alterar de modo específico o DNA de camundongos, plantas e, recentemente, bovinos. Este artigo discute os principais passos no desenvolvimento de animais transgênicos e nocautes, os tipos de organismos geneticamente modificados e o impacto dessa tecnologia em diversas atividades humanas.

Mas o que são animais transgênicos e nocautes? Em resumo, um transgene é um fragmento de DNA, em geral a seqüência completa de um gene, artificialmente introduzido no genoma de outro organismo, enquanto nocautear um gene é provocar nele uma mutação específica, que leva à sua inativação.

A expressão artificial de um gene

Em espécies de reprodução sexuada, a obtenção de linhagens com alterações genéticas depende da indução de mutações em células sexuais ('gametas'), para que sejam transmitidas à prole. É relativamente simples obter mutações aleatórias em células somáticas (já diferenciadas) de mamíferos mantidas em cultura, mas o grande obstáculo é obter mutações específicas em células sexuais de um animal vivo.

O embrião de um camundongo desenvolve-se a partir da fecundação do óvulo por um espermatozóide, no oviduto da fêmea. Segue-se a formação do ovo, que passa por sucessivas divisões celulares até tornar-se 'blastocisto' (ou 'blástula'), estágio em que as células embrionárias dispõem-se em torno de uma cavidade cheia de líquido (semelhante a um cisto). Já em 1968, Richard L. Gardner havia isolado células de um embrião de camundongo (embrião *A*) e injetado em blastocistos (embrião *B*). Implantados no útero de fêmeas prenhas, estes geraram camundongos com células vindas dos dois embriões ('quimeras'). Usando progenitores com alelos diferentes para certo gene ('marcador genético'), foi possível distinguir no filhote as células vindas do embrião *A* (injetadas) e as originadas do embrião *B* (blastocisto).

Em meados dos anos 70, Rudolf Jaenisch e Beatrice Mintz

detectaram, nos filhotes gerados, DNA estranho (de vírus, por exemplo) injetado em blastocistos de camundongos. Conceitualmente, nascia o primeiro camundongo transgênico. Logo após, infectaram embriões com um retrovírus de rato e mostraram que seqüências do DNA viral integravam-se de modo estável ao genoma do animal. Além disso, os filhotes transgênicos transmitiram tais seqüências às suas futuras proles, revelando que células embrionárias infectadas de modo aleatório podiam gerar células sexuais também transgênicas. Mas ainda era um desafio introduzir em animais um gene específico, em vez de uma seqüência viral sem função.

A solução foi obtida em 1980 por Jon W. Gordon e colegas. Seu método (figura 4), tão eficiente que continua em uso, emprega embriões ainda no estágio de uma célula, quando se pode identificar o grande pró-núcleo. Com agulhas de vidro microscópicas, operadas por equipamentos ultra-sensíveis, injetam-se várias cópias da seqüência de DNA (transgene) que se quer integrar ao genoma. Já no ano seguinte diversos grupos produziram camundongos contendo transgenes funcionais, que expressavam as proteínas associadas em células específicas.

Para obter um organismo transgênico, primeiro o gene de interesse é identificado e isolado ('clonagem gênica'). Depois é preciso montar o transgene, porque nem todo gene é expresso (levando a célula a produzir proteína) em todos os tecidos. Só os glóbulos vermelhos do sangue, por exemplo, expressam a hemoglobina, proteína que transporta

Figura 3. Evolução tecnológica rumo a camundongos transgênicos e nocautes

ANO	AVANÇO	AUTORES
1968	Camundongos quiméricos via injeção de células embrionárias em blastocistos	Gardner
1974	Injeção de DNA viral em blastocistos de camundongos e sua detecção em filhotes	Jaenisch e Mintz
1975	Embriões infectados com retrovírus têm seqüências de DNA viral integrado ao genoma	Jaenisch e colegas
1976	Transmissão hereditária de um transgene	Jaenisch
1980	Injeção de DNA viral em embriões no estágio de uma célula, gerando animais transgênicos	Gordon e colegas
1981	Integração e expressão de transgenes	Brinster e colegas; Constantini e Lacy
1981	Obtenção de células embrionárias totipotentes (células ES)	Evans e Kaufman; Martin
1986	Camundongos quiméricos obtidos a partir de células ES	Gossler e colegas
1987	Recombinação homóloga em células ES	Thomas e Capecchi
1989	Obtenção de camundongos nocautes	Schwartzberg e colegas; Thompson e colegas



Figura 4.
O desenvolvimento de camundongos transgênicos

o oxigênio aos tecidos. Além disso, a expressão dos genes em cada célula varia de acordo com o estado funcional da mesma.

Mas como montar um transgene? A expressão gênica depende de uma intrincada rede de controle, baseada, entre outras coisas, no reconhecimento de seqüências de DNA denominadas 'promotores'. A presença de certo promotor junto a um gene dirige sua expressão para determinado tipo de célula. Como os promotores não codificam proteínas, são alvos preferenciais para manipulação.

É possível usar 'enzimas de restrição' para cortar o DNA em locais específicos ('sítios de restrição'), definidos por seqüências de bases que cada enzima reconhece, e também 'emendar' fragmentos de DNA com outras enzimas. Isso levou à idéia de ligar um promotor de função bem conhecida a um transgene. Em tese, um promotor que coordene a expressão do gene de uma proteína da pele pode induzir a expres-

são de qualquer transgene na pele. Esse é o truque usado para dirigir a expressão de um transgene para determinadas células de um camundongo.

Preparado o conjunto promotor-transgene, o passo seguinte é injetá-lo em pró-núcleos de embriões. Estes são transferidos para o útero de fêmeas receptoras (em estado de falsa-prenhez, induzido pelo cruzamento com machos vasectomizados). Os filhotes nascem em 20 dias, mas ainda é necessário examinar o DNA para confirmar se têm o transgene e selecionar os positivos ('transgênicos'). Por último, a proteína associada ao transgene é identificada nos filhotes e seu nível de expressão é medido em células específicas.

Uma linhagem de camundongos transgênicos é com freqüência uma ferramenta poderosa para o estudo *in vivo* de processos biológicos. Podem-se reproduzir doenças humanas (câncer, diabetes, imunodeficiências e outras) ou alterar vias metabólicas específicas e avaliar em detalhe a atuação celular. Esses animais permitiram grandes avanços em áreas como imunologia, neurologia, biologia celular e outras.

Na imunologia, ajudaram a esclarecer a formação e a atuação

dos linfócitos, uma das células de defesa do organismo. A reação dos linfócitos contra as infecções ocorre quando receptores situados em sua superfície reconhecem 'antígenos' – proteínas ou fragmentos do 'invasor' (bactéria, vírus ou parasita). Em geral, cada linfócito expressa um receptor diferente, o que permite identificar variados agentes infecciosos. Essencial ao sistema de defesa, essa multiplicidade de receptores é um obstáculo ao estudo dos linfócitos. O problema foi superado por camundongos com um transgene de receptor antigênico. A expressão artificial desse receptor impede a dos demais. Os linfócitos do animal modificado só têm um tipo de receptor, situação ideal para a pesquisa.

Embora seja um grande avanço tecnológico, a geração de animais transgênicos tem limitações. Por ser aleatória, a integração do transgene ao DNA pode resultar na mutação de outro gene (e não do

gene-alvo). Também há variações no número de cópias integradas e no nível de expressão do transgene, ou seja, na quantidade produzida da proteína correspondente. Além disso, como o gene-alvo continua intacto, não se sabe *a priori* como sua expressão será afetada pelo transgene. Isso exige a geração de várias linhagens independentes de animais com o mesmo transgene, para comparar o efeito no organismo de diferentes doses da proteína em estudo.

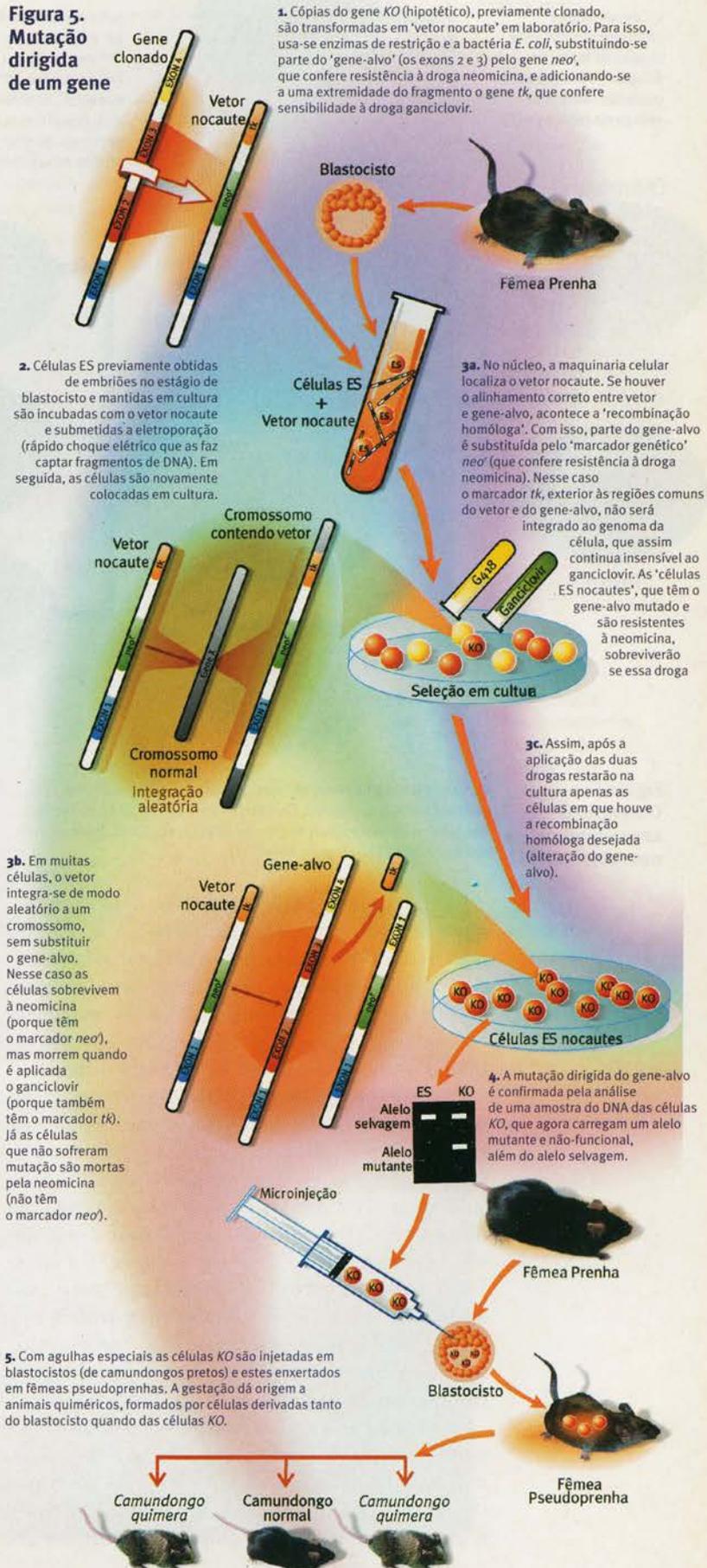
Como nocautear um gene

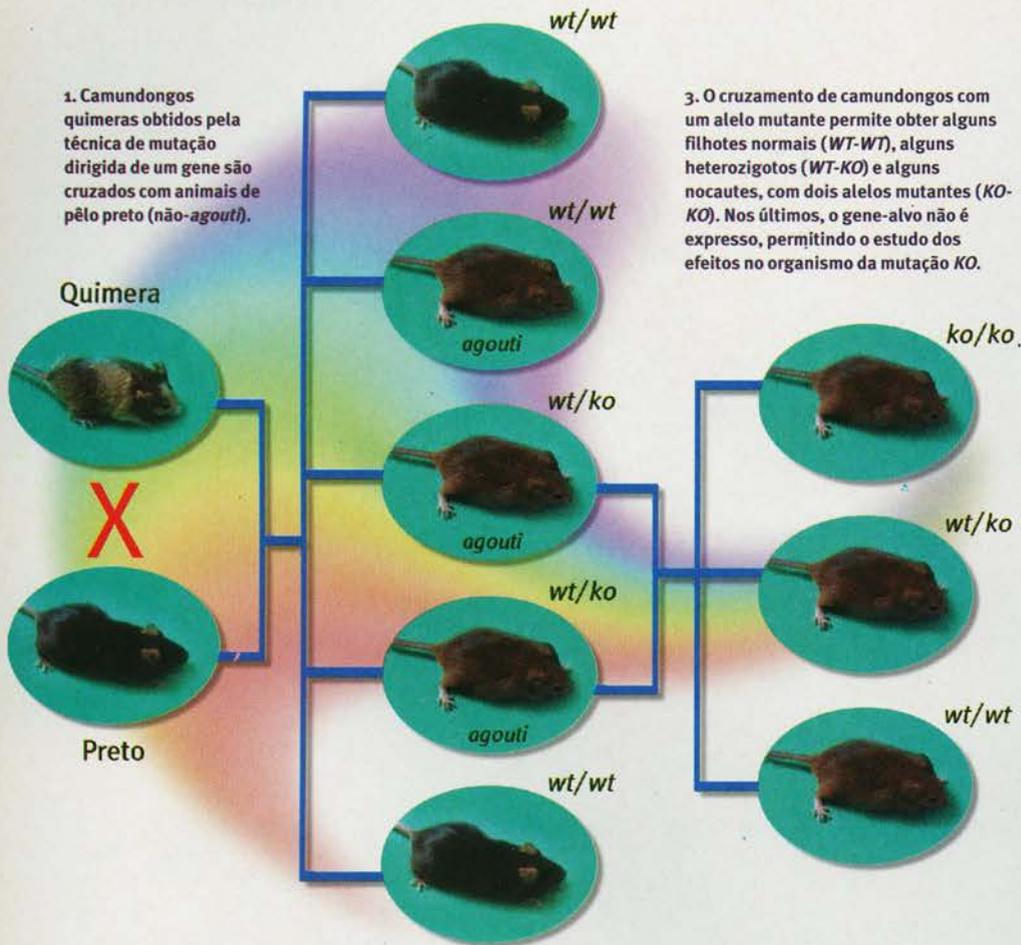
Enquanto os primeiros camundongos transgênicos eram desenvolvidos, outros pesquisadores isolaram células embrionárias capazes de gerar qualquer tipo de tecido em um embrião – as células ES (do inglês embryonic stem cell). Em cultura, tais células multiplicam-se indefinidamente, mas sua injeção em blastocistos dá origem a quimeras, permitindo a transmissão para o organismo de mutações aleatórias induzidas no período de cultura ou de transgenes introduzidos nas células ES. Assim, em meados dos anos 80 o desafio da mutagênese induzida e específica de um só gene permanecia de pé.

O ideal seria poder escolher um gene e mutá-lo, eliminando algumas bases nucleotídicas para que o camundongo não produzisse a proteína associada. Mas como fazer isso? Estudando a integração de transgenes ao genoma de células de mamíferos mantidas em cultura, Mario Capecchi observou que, ao injetar cópias de um mesmo vetor transgene (VT) em um núcleo celular, várias delas eram ligadas entre si, em cadeia (VT-VT-VT...), com as seqüências de bases sempre na mesma orientação. Aparentemente, a célula dispunha de um mecanismo para organizar mais de uma cópia desse vetor em uma certa ordem antes da sua integração aleatória. Com base nessas evidências, o grupo de Capecchi investigou e descreveu o processo, batizado de 'recombinação homóloga', mostrando que podia ser usado para induzir mutações específicas em células ES em cultura.

Em geral, a recombinação homóloga envolve seqüências de DNA virtualmente idênticas: o vetor nocaute injetado tem suas extremidades alinhadas a regiões semelhantes no DNA do núcleo, as quais são cortadas, e em seguida acontece a 'troca' dos pedaços, com a religação das extremidades. O reconhecimento dessas extremidades é tão preciso que nenhuma alteração ocorre na seqüência das bases nucleotídicas nos sítios de ligação. Sabendo disso, o passo seguinte seria mutar um gene específico e obter animais contendo essa mutação. Essa conquista – a geração dos primeiros camundongos nocautes – foi tornada pública em 1989.

Figura 5. Mutação dirigida de um gene





1. Camundongos quimeras obtidos pela técnica de mutação dirigida de um gene são cruzados com animais de pêlo preto (não-*agouti*).

3. O cruzamento de camundongos com um alelo mutante permite obter alguns filhotes normais (*WT-WT*), alguns heterozigotos (*WT-KO*) e alguns nocautes, com dois alelos mutantes (*KO-KO*). Nos últimos, o gene-alvo não é expresso, permitindo o estudo dos efeitos no organismo da mutação *KO*.

Figura 6. Obtenção de camundongos nocautes

2. A prole terá camundongos tanto pretos quanto marrons. Os marrons têm o gene *agouti*, herdado do gameta derivada das células ES mutadas. A análise do DNA revela quais deles têm um alelo mutante (*KO*) do gene-alvo (*WT*).

Como nos animais transgênicos, a detecção e o seqüenciamento do gene de interesse é o passo inicial (figura 5). Em seguida, altera-se em laboratório a seqüência de uma região desse gene, mantendo intactas as extremidades (sítios de reconhecimento, corte e ligação). O fragmento alterado de DNA é o vetor a ser usado na mutação dirigida.

Injetado no núcleo de células ES, o vetor forma um complexo com as proteínas nucleares responsáveis pela recombinação homóloga. Esse complexo percorre todo o genoma da célula até achar uma 'seqüência-alvo' similar ao vetor. Mas a etapa final do processo (recombinação homóloga, ou seja, alinhamento e troca) só acontece em uma taxa muito baixa: uma em cada milhão de células. Além de não se integrar, o vetor pode ainda se integrar aleatoriamente, como um transgene comum, sem reconhecer a seqüência-alvo. Como, então, identificar as células com as mutações corretas?

A solução foi o uso de marcadores genéticos que permitem selecionar as células em que houve recombinação. O marcador, em geral um gene que confere resistência ao antibiótico neomicina (*neo^r*), é inserido no vetor a ser injetado em células ES.

Após a multiplicação celular, aplica-se neomicina na cultura. A grande maioria das células, nas quais não houve integração do vetor (aleatória ou por recombinação homóloga), continua sensível à droga e morre. Mas as que adquiriram o vetor e expressam o gene *neo^r* são resistentes à droga e permanecem vivas (seleção positiva).

Também se pode ligar a uma extremidade do vetor outro marcador, como o gene da timidinaquinase (*tk*), enzima do vírus da herpes. Quando ocorre a recombinação homóloga, o gene *tk* não se integra ao DNA celular, por estar fora da seqüência similar que orienta o alinhamento entre o vetor e seu alvo. Mas se a integração é aleatória as células recebem o vetor inteiro. Nesse caso, a aplicação da droga ganciclovir é mortal para células que expressam o gene *tk* (seleção negativa).

Com os dois marcadores (*neo^r* e *tk*), é possível selecionar células

que em sua maioria apresentam a recombinação homóloga desejada. Obtém-se, assim, a mutação específica e controlada do gene escolhido, confirmada pela análise de uma amostra do DNA das células. Tais células ES mutantes podem ser transferidas para blastocistos, visando a geração de camundongos quiméricos.

Camundongos com células ES mutantes são facilmente identificados pela cor do pêlo. Isso porque tais células são obtidas de camundongos de pêlo marrom (com duas cópias do gene *agouti*), enquanto os blastocistos vêm de fêmeas de camundongos de pêlo preto (com duas cópias defeituosas desse gene). Assim, quando as células ES injetadas em blastocistos geram embriões normais, nascem camundongos quiméricos, com diferentes proporções de pêlos claros por causa do gene *agouti* – mesmo uma só cópia desse gene leva à deposição de pigmento amarelo, além do preto, nos pêlos.

Essas quimeras, acasaladas com camundongos pretos normais, geram filhotes tanto pretos quanto marrons (figura 6) – os últimos têm uma cópia do gene *agouti*, que só pode vir de gametas das quimeras derivadas das células ES mutantes. A análise do DNA dos animais marrons identifica os que têm no genoma a mutação específica induzida nas células ES em cultura. Os animais heterozigotos (com uma cópia mutante e outra selvagem de um gene) são

em geral sadios, pois uma cópia selvagem do gene em estudo é suficiente para o funcionamento do organismo.

O cruzamento desses camundongos heterozigotos permitirá obter alguns filhotes com duas cópias mutantes do gene (homozigotos), que não expressarão a proteína associada ao gene nocauteado. Anormalidades funcionais e/ou anatômicas nesses animais revelam em que funções orgânicas o gene nocauteado está envolvido. Hoje, o número de genes nocauteados em camundongos aproxima-se de mil, e cresce continuamente. A técnica, além de ajudar a entender processos fisiológicos, abre um caminho para investigar doenças humanas que ainda não tinham modelos animais.

Na oncologia, os camundongos mutantes garantiram grandes avanços no estudo de genes supressores de tumores – genes cuja inativação contribui para o surgimento ou a progressão de tumores. Na última década, mutações de grande número de genes foram associadas a tumores humanos, embora muitas vezes ainda não se conheçam as funções das proteínas correspondentes a tais genes. A mutação do supressor tumoral *p53*, por exemplo, ocorre em diversos cânceres humanos. O estudo de camundongos nocautes com mutações do gene *p53* mostrou que ele atua como um mecanismo de segurança, evitando que defeitos no DNA (que podem levar a crescimento anormal e câncer) sejam transmitidos durante a duplicação das células. Portanto, *p53* protege o organismo contra mutações perigosas, muitas causadas por agentes ambientais, como radiação e toxinas presentes em alimentos ou drogas (o tabaco, por exemplo).

Como era de se esperar, mutar um gene específico não resolve tudo. Se o gene inativado está envolvido na formação do organismo na fase embrionária, a inativação pode ser letal, impedindo o nascimento das crias. Além disso, com frequência várias proteínas com funções semelhantes participam do controle de processos biológicos. A redundância é vantajosa para o organismo, que pode substituir a proteína em caso de falha, mas significa que nocautear um gene só revela suas funções não-redundantes.

Finalmente, esse tipo de mutação induzida resulta na ausência total e irreversível da proteína estudada, mas em geral a ex-

pressão de um gene apresenta gradações: o nível de uma dada proteína presente em uma célula varia em função do seu estado funcional. Em alguns casos, silenciar um gene em um momento específico da vida do camundongo, de forma gradativa e reversível, seria muito mais informativo.

Novos caminhos e muitas aplicações

Os problemas ainda existentes nessa área exigem um refinamento dos métodos de mutagênese. Uma opção atraente é o 'transgene induzível', que dependeria de um promotor controlado por uma droga. Nesse caso, a administração ou não da droga ao camundongo 'ligaria' ou 'desligaria' a expressão da proteína associada ao transgene.

Ainda mais interessante é induzir mutações em um dado tecido ou órgão. Para isso um gene derivado de bactéria (recombinase *cre*), ligado a um promotor específico para determinado tecido, é integrado ao genoma do camundongo como um transgene. Ao mesmo tempo, obtêm-se outras linhagens de camundongos contendo pequenas seqüências sinalizadoras (*loxP*) nas extremidades do gene em estudo (introduzidas por recombinação homóloga), sem alterar sua expressão.

O cruzamento das duas linhagens gera animais em que a recombinase *cre*, expressa apenas em tecidos especificados pelo promotor, reconhece as seqüências *loxP* junto ao gene-alvo e o elimina apenas nas células desses tecidos. Assim, ao con-

Figura 7. Usos potenciais da tecnologia de manipulação genética

ÁREA	USO POTENCIAL
Ciências biológicas	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Identificar a função de genes e proteínas correspondentes em animais e vegetais ▶ Desenvolver modelos animais de doenças humanas, permitindo seu estudo e a busca de novas terapias
Medicina	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Produção de proteínas de interesse médico através de animais transgênicos que expressem genes humanos ▶ Introdução de transgenes em tecidos ou órgãos humanos para tratar doenças genéticas ▶ Desenvolvimento de animais transgênicos para doação de tecidos ou órgãos para transplante em humanos
Agropecuária	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Desenvolvimento de raças de animais transgênicos, mais saudáveis para consumo e de crescimento rápido ▶ Desenvolvimento de vegetais mais resistentes a pragas ou melhor adaptados ao solo e ao clima de uma região

trário dos nocautes tradicionais, esses animais apresentam deficiência da proteína estudada só no tecido visado – único modo de investigar genes com funções diversas em tecidos diferentes.

A recombinação homóloga pode ser usada para inativar totalmente um gene ou para eliminar ou substituir uma ou mais bases (processo chamado de *knock in*, em oposição a *knock out*). Nesse caso, são obtidas proteínas com alterações de função. A técnica também permite investigar a questão da redundância de proteínas, através da geração de linhagens independentes de camundongos nocautes para diferentes genes envolvidos em um mesmo processo biológico e do cruzamento de tais linhagens para obter animais com diferentes combinações de mutações.

Os animais transgênicos e nocautes têm permitido avanços sem precedentes no conhecimento biológico, mas isso não é tudo. A lista de aplicações da nova tecnologia (figura 7) está em expansão, e os primeiros produtos dela derivados já alcançam o mercado.

Na área médica, muitas doenças humanas decorrem da ausência de certas proteínas ou de mutações que alteram suas funções normais. Nos hemofílicos, por exemplo, mutações nos genes responsáveis pela produção de fatores da coagulação sanguínea criam o risco de hemorragias difíceis de estancar e às vezes fatais. Transfusões de sangue regulares repõem as proteínas ausentes, mas envolvem riscos como a transmissão de doenças infecciosas (Aids, hepatite B, doença de Chagas e outras). Assim, apesar do esforço dos doadores, seria muito útil a produção segura, barata e em grande escala de fatores de coagulação.

A introdução de um transgene humano em outro mamífero criaria uma 'fábrica' da proteína humana correspondente, idéia já testada com sucesso em camundongos. Hoje, vários grupos de pesquisa buscam criar vacas ou cabras transgênicas para fatores de coagulação humanos. Para isso, usam transgenes ligados a promotores que regulam a expressão dos genes das proteínas do leite, de onde o fator de coagulação poderá ser retirado. Em tese, essa estratégia permite produzir qualquer proteína de interesse médico, o que revolucionaria o controle de inúmeras doenças.

Outra opção, aplicável a muitas doenças genéticas, é a substituição, em células do paciente, do gene mutante causador do problema por um gene funcional – a terapia gênica. Nesse caso, um transgene introduzido em tecidos específicos ou uma mutação *knock in* regulariza a expressão dos genes originalmente não-funcionais. Nos últimos anos,

pacientes com várias doenças genéticas vêm sendo submetidos a esse tipo de terapia experimental.

Também promissor é o transplante de tecidos ou órgãos de uma espécie para outra (xenotransplante). No caso do transplante de coração, por exemplo, uma opção perseguida há décadas é o uso do órgão de um animal (o porco é a escolha mais adequada, pelas características físicas do coração). Mas é preciso superar a rejeição, processo em que o organismo do receptor reconhece e ataca proteínas das células do órgão transplantado, diferentes das suas próprias. Criar porcos em cujos corações as proteínas responsáveis pela rejeição tenham sido substituídas por proteínas humanas seria uma alternativa. Os xenotransplantes, usando órgãos de animais geneticamente modificados, talvez sejam possíveis em alguns anos.

Na agroindústria, é conceitualmente possível desenvolver raças de animais que cresçam mais rápido ou tenham menor percentual de gordura (ou outro componente) na carne, no leite ou em ovos. Também se podem obter animais mais resistentes a doenças, reduzindo gastos com drogas e o risco de intoxicações causadas por elas. Os mesmos princípios, aplicados a vegetais, gerariam plantas resistentes a pragas ou mais bem adaptadas ao clima e solo de uma região. Tudo isso poderia aumentar a produtividade na agroindústria mundial, ajudando a combater o flagelo da fome.

Como todo avanço tecnológico, a manipulação genética de seres vivos traz, ao lado dos benefícios, alguns riscos potenciais, nem sempre percebidos com facilidade. A riqueza de opções torna necessário analisar caso a caso o uso da nova tecnologia. Além disso, para seres sociais, as mudanças, sejam no comportamento ou no modo como garantem sua sobrevivência, estão sempre associadas a julgamentos éticos. Portanto, cabe a cada sociedade discutir o assunto e decidir racionalmente quais tipos de tecnologia são ou não aceitáveis para uso entre seus integrantes.

O Brasil também precisa discutir a questão do uso de técnicas de manipulação genética, como vêm ocorrendo há anos em vários outros países. É fundamental que o país não perca as oportunidades reais de melhorar suas condições de vida, nem aceite a imposição de decisões tomadas por outras sociedades, sem discutir sua adequação à realidade brasileira. ■



Sugestões para leitura

ALBERTS, B., BRAY, D., LEWIS, J., RAFF, M., ROBERTS, K., & WATSON, J.D. *Molecular biology of the cell*, New York, Garland Publishing, 1994.

VEGA, M.A. *Gene Targeting*, Boca Raton, CRC Press, 1995.

MAK, T.W., PENNINGER, J., RODER, J., ROSSANT, J., & SAUNDERS, M. *The gene knockout factsbook*, Londres, Academic Press, 1998.

HOUEBINE, L.M. *Transgenic animals: generation and use*, Amsterdã, Harwood Academic Publishers, 1997.

(INTERNET) <http://www.biomednet.com/db/mkmd>



Doutor! Doutor! O senhor tinha razão. Acho que alteramos o gene errado...

Num célebre experimento de 1657, Otto von Guericke (1602-1686) ajudou a mudar a noção medieval de vácuo, herdada do filósofo grego Aristóteles (384-322 a.C.), para quem a existência do vazio completo era uma impossibilidade na natureza. Em um experimento engenhoso, o filósofo, físico e engenheiro alemão criou, com o auxílio de uma bomba de ar que ele mesmo desenvolveu, vácuo no interior de dois hemisférios de cobre ocos, que permaneceram unidos mesmo quando submetidos à força de várias parrelhas de cavalos. O vácuo 'absoluto' podia ser criado, pensou ter demonstrado Guericke.

Três séculos mais tarde, a teoria quântica, ramo da física que estuda os fenômenos do microuniverso dos átomos e das moléculas, fez surgir uma nova noção de vácuo, o chamado vácuo quântico, mostrando que de algum modo Aristóteles não estava errado: o vácuo absoluto não existe. Em sua falsa aparência de ambiente inerte, o vácuo quântico abriga uma tormenta de fenômenos microscópicos. É também nesse cenário que ocorre um dos mais intrigantes fenômenos da física: o efeito Casimir, descoberto há meio século pelo físico holandês Hendrik Casimir.

Marcus Venicius Cougo-Pinto,
Carlos Farina
e Alexandre Tort,
Instituto de Física,
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Tormm

O vácuo quântico

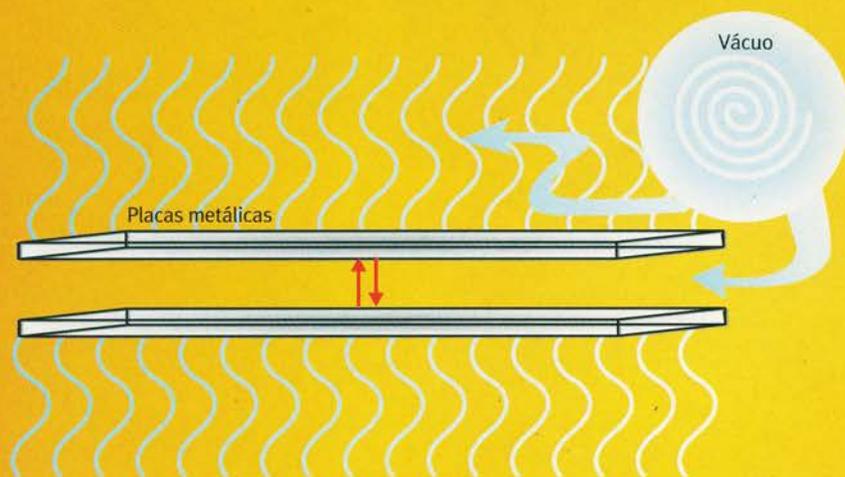


Figura 1. No efeito Casimir, duas placas metálicas paralelas perfeitamente condutoras atraem-se mutuamente apesar de eletricamente descarregadas

enta. ovazio

e o efeito Casimir

Um décimo de confete

Primeiramente, vamos descrever o cenário em que o efeito Casimir se manifesta. Imagine duas placas metálicas eletricamente neutras, isto é, nelas o número de cargas elétricas positivas é igual ao de negativas e seus efeitos se cancelam mutuamente. Imagine que elas sejam quadradas (1 cm de lado) e estejam separadas por uma distância da ordem de micrômetros (1 micrômetro equivale à milésima parte do milímetro).

Esse conjunto (figura 1) está dentro de uma câmara perfeitamente selada, na qual uma bomba de vácuo retirou todo ar e poeira, deixando a câmara completamente vazia. Lá está também um medidor muito sensível, capaz de medir forças diminutas que surjam entre as placas. Mas sendo as placas eletricamente neutras, não surge entre elas a força elétrica, a mesma que une corpos de sinais elétricos contrários e afasta os de mesmo sinal.

Podemos também desprezar a força gravitacional entre elas, já que ela é proporcional ao produto das diminutas massas das placas. Por outro lado, dois suportes cancelam o 'peso' (na verdade, a força de atração gravitacional que a Terra exerce sobre as placas). Também tomamos o cuidado de neutralizar

qualquer interferência externa, como vibrações mecânicas espúrias.

Sendo as placas eletricamente neutras, espera-se, então, que o ponteiro do medidor de força não se mova. Mas surpreendentemente não é o que acontece: *o ponteiro do medidor se move, indicando a existência de uma força atrativa entre as placas!*

E quanto vale essa força? Quando a separação entre as placas é de meio micrômetro, a força equivale ao peso de uma massa de 2 décimos de miligrama (mais ou menos, o peso de um décimo de um confete). Esse é o efeito Casimir, previsto teoricamente em 1948 pelo físico holandês Hendrik Brugt Gerhard Casimir, hoje com cerca de 90 anos. O efeito foi comprovado experimentalmente pela primeira vez 10 anos mais tarde, por seu compatriota M. Sparnaay.

Recentemente, o efeito foi confirmado em uma experiência de grande confiabilidade feita pelo físico norte-americano Steve Lamoreaux, na época professor na Universidade de Washington, nos Estados Unidos. Tudo indica que seus resultados, publicados em janeiro de 1997 na renomada revista *Physical Review Letters*, afastam qualquer sombra de dúvida sobre a existência do efeito.

Pequenas e rápidas flutuações

Mas fica a pergunta: como duas placas eletricamente neutras podem exercer algum tipo de influência uma sobre a outra? Mas antes de responder vale relembrar um pouco de história.

Estamos de volta a 1926. Naquele ano, os físicos alemães Max Born (1882-1970), Werner Heisenberg (1901-1976) e Pascual Jordan (1902-1980) uniram a então recém-criada teoria quântica, que lida com os fenômenos em escala atômica e molecular, ao eletromagnetismo, área da física clássica na qual os fenômenos da eletricidade e do magnetismo já estavam unificados desde 1864 pelos trabalhos do físico escocês James Clerk Maxwell (1831-1879).

Mas o que é preciso saber agora é que a nova teoria, a chamada teoria quântica do eletromagnetismo, previu que o vácuo perfeito, sem nenhuma onda eletromagnética (ou qualquer tipo de matéria), deve ser visto não como um espaço absolutamente vazio e inerte, mas como um espaço no qual pequenas e rápidas flutuações do campo eletromagnético ocorrem a todo momento e em toda parte.

Na média, essas flutuações geram um campo eletromagnético que pode ser considerado nulo e, por isso,

dizemos que no vácuo perfeito não há campo eletromagnético. *Mas é importante salientar que as pequeninas e normalmente imperceptíveis flutuações estão lá!* Para entender a origem dessas flutuações, vamos fazer uma outra parada, agora para relembrarmos alguns conceitos básicos da física.

Beija-flor, avião e átomos

Um dos fenômenos físicos mais comuns e importantes que a natureza exhibe é a vibração. No mundo macroscópico que percebemos com nossos sentidos e aparelhos de medida, muitas coisas parecem vibrar, da asa do beija-flor à asa do avião. E isso vale para vários dispositivos mecânicos, eletromagnéticos e eletromecânicos de nosso dia-a-dia.

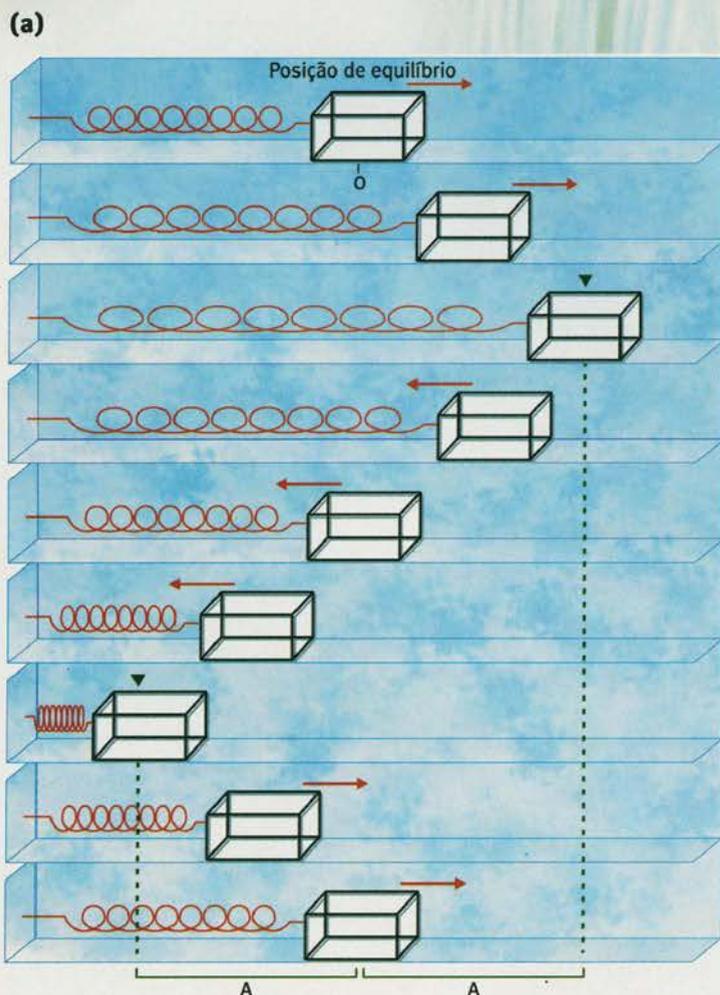
Mesmo no mundo das coisas extremamente pequenas, a vibração está presente. As moléculas e os átomos vibram sem cessar. Os núcleos atômicos vibram. Os prótons e nêutrons no interior dos núcleos vibram. De fato, logo veremos que mesmo o vácuo é capaz de vibrar.

Ao estudar um fenômeno natural, o físico procura sempre começar com um modelo simples e idealizado, mas que ainda assim retenha suas características mais importantes. No caso da vibração, o modelo ideal é o oscilador harmônico simples (OHS). Um exemplo de OHS é o sistema formado por uma mola elástica com uma de suas extremidades presa a um suporte fixo e a outra a um bloco, cuja massa é bem maior do que a massa da mola.

Para pequenos afastamentos da posição de equilíbrio (a posição de equilíbrio é aquela na qual o bloco permaneceria parado se nela fosse posto), a força sobre o bloco, dada pela chamada lei de Hooke, é proporcional ao esticamento ou encurtamento da mola. Uma força, no caso a força elástica, é responsável por puxar ou empurrar o bloco para a esquerda e para a direita da posição de equilíbrio, na qual a mola estaria com seu tamanho natural (figura 2a).

O movimento do bloco sob a ação da mola é uma oscilação em torno da posição de equilíbrio, com uma frequência (número de oscilações por unidade de tempo) que só depende da massa do bloco e da elasticidade da mola. É possível mostrar que a energia de um sistema desses é proporcional ao quadrado da amplitude do movimento do bloco (a amplitude é a distância máxima que ocorre entre o bloco e a posição de equilíbrio).

Mais ainda, pode-se mostrar que há movimentos com qualquer valor para a amplitude. Isto é, o OHS pode oscilar com uma energia que pode ter *qualquer* valor acima de zero. É o mesmo que dizer que a energia de um OHS, cujas leis são explicadas pela chamada mecânica clássica, pode assumir con-



tinuamente valores a partir do zero – e, teoricamente, até infinito.

Há sistemas microscópicos, como, por exemplo, átomos e moléculas, que em muitos aspectos podem ser considerados como um OHS, já que oscilam em torno de uma posição de equilíbrio (ou estado de equilíbrio, como preferem os físicos) com uma certa frequência de oscilações. Em geral, as oscilações desses sistemas microscópicos não podem ser explicadas corretamente pelas leis da mecânica clássica, mas sim pelas da mecânica quântica, uma ferramenta matemática poderosa para descrever os fenômenos em dimensões moleculares, atômicas e mesmo menores.

Mas por que a mecânica clássica falha ao ser aplicada a OHS nanoscópicos ou quânticos? Porque ela prevê, assim como para o OHS clássico, que a energia de um OHS quântico poderia assumir continuamente (e aqui a palavra continuamente é importante) qualquer valor, mais ou menos como variam os valores da temperatura numa escala de termômetro caseiro de mercúrio (figura 2b).

O problema é que a mecânica quântica mostra (e tem como provar) que a energia de um OHS quântico só aumenta ou diminui em pequenos ‘saltos’, como faz o ponteiro de segundo de um relógio a quartzo. A explicação desse comportamento vem do fato de, na natureza, a energia só ser gerada ou absorvida em pequenos ‘pacotes’ denominados *quanta* de energia (*quantum*, no singular). Assim, um OHS só pode ganhar ou perder energia de *quantum* em *quantum*; a ele não é permitido perder meio *quantum* ou meio ‘pacotinho’ de energia (figura 2c).

Agora, bastando um pouco de matemática elementar, poderemos entender mais um conceito fundamental do vácuo quântico: por que a energia de um OHS quântico nunca é zero!

Antes de apresentarmos a fórmula que calcula a energia de um OHS quântico, vamos conhecer uma constante característica dos fenômenos do mundo quântico: a constante de Planck (*h*), nome dado em homenagem ao físico alemão Max Planck (1858-1947), que propôs que energia, sob certas condições, não é grandeza contínua como um ‘fluido’, mas sim formada pelos *quanta* de energia (a constante vale aproximadamente $6,663 \times 10^{-34}$ joule por segundo, sendo joule uma medida de energia na física).

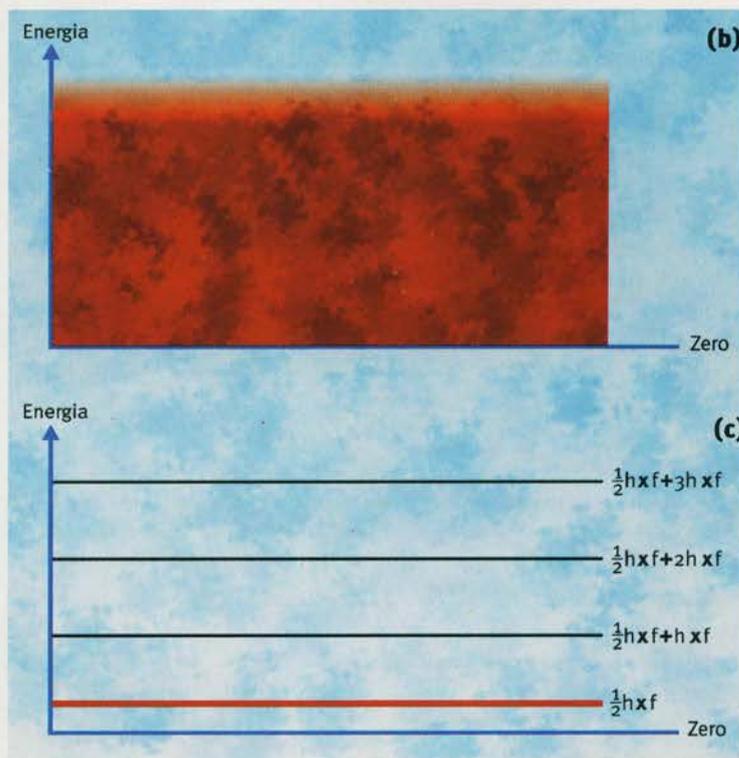


Figura 2. Em (a), o sistema massa-mola. A posição de equilíbrio dada pela letra ‘O’ na figura é a posição em que o bloco permaneceria se nela fosse posto em repouso; é também a posição pela qual ele passa com maior velocidade quando está em movimento. A amplitude (letra ‘A’) é a distância máxima que o bloco se afasta da posição de equilíbrio durante o movimento. Em (b), a energia de um oscilador clássico pode ter qualquer valor positivo a partir de zero. Em (c), os níveis de energia permitidos de um oscilador quântico

Agora, digamos que nosso OHS tenha uma frequência que chamaremos *f*, isto é, nosso sistema faz *f* oscilações por unidade de tempo (segundo, por exemplo).

Vejamos, então, a fórmula: $E = (n + 1/2) \times h \times f$

Já sabemos que o *h* é a constante de Planck e *f*, a frequência. A letra ‘E’ representa a energia de nosso OHS quântico. Falta então saber o que representa a letra ‘n’. Podemos pensar em ‘n’ como sendo o número de ‘pacotinhos’ de energia (ou *quanta* de energia) que o OHS quântico tem. Não é difícil ver que a energia de um OHS com 1 *quantum* é igual a $(1 + 1/2) \times h \times f$, ou $1,5 \times h \times f$. Com 3 *quanta*: $(3 + 1/2) \times h \times f$, ou $3,5 \times h \times f$.

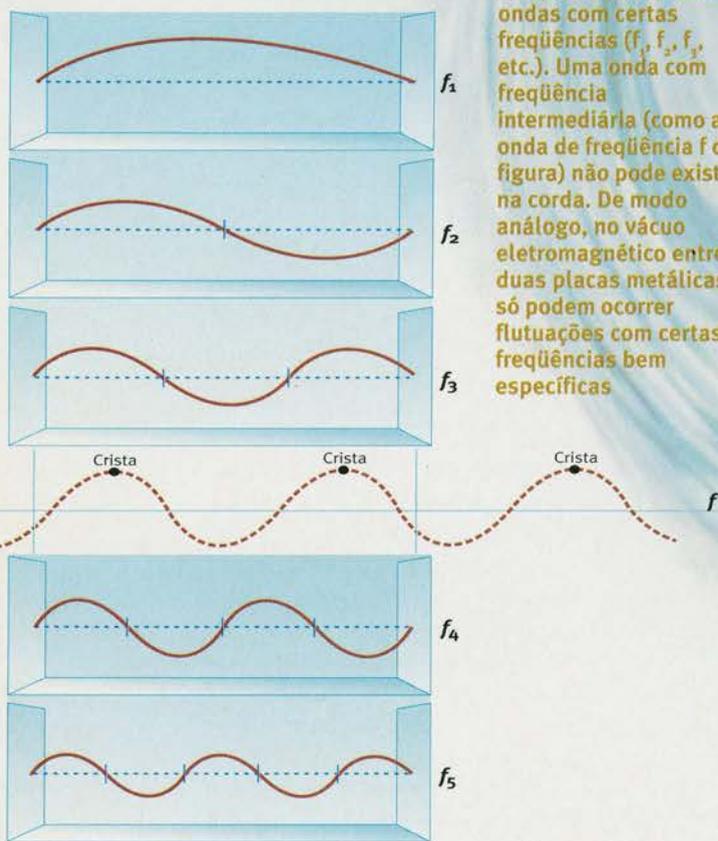
Mas o que acontece com um OHS quântico do qual retiramos todos os *quanta* de energia, ou seja, nosso número ‘n’ agora seria igual a zero? Vemos que, mesmo sem nenhum pacotinho de energia, um OHS quântico ainda tem energia igual a $(1/2) \times h \times f$ (ou $0,5 \times h \times f$). Valor obviamente diferente de zero! Em outras palavras, um OHS quântico nunca pode ser encontrado em um estado em que a energia seja nula, pois isso simplesmente não é permitido pelas leis da mecânica quântica. Vale lembrar que a diferença entre dois níveis de energia de um OHS quântico é um múltiplo inteiro do valor mínimo $h \times f$. Portanto, dizemos que a energia de um OHS como este está discretizada (só pode assumir valores discretos e não contínuos) ou, como dizem os físicos, está quantizada.

Excepcional e notável

Dado o conceito de OHS, podemos agora aplicá-lo às chamadas ondas eletromagnéticas. Elas são formadas por campos magnéticos e elétricos que viajam à velocidade da luz na forma de ondas. São exemplos de ondas eletromagnéticas a luz, as ondas de rádio, as microondas (as mesmas usadas nos fornos caseiros), os raios X, os raios gama, entre outras. O que diferencia essas ondas na verdade é a frequência de cada uma. As ondas de luz vibram 600 trilhões de vezes por segundo; as microondas e as de rádio, por exemplo, têm frequência menor do que a da luz, e os raios X e gama, maior.

Podemos dizer que uma onda eletromagnética de frequência bem definida se comporta como um OHS, já que tem duas características básicas de um oscilador: frequência e nível de energia bem determinados. Como os OHS quânticos, as ondas eletromagnéticas podem ter um certo número 'n' de pacotinhos de energia, os *quanta* (no caso das ondas eletromagnéticas, cada *quantum* de energia é denominado fóton).

Figura 3. Em cordas que vibram entre duas extremidades fixas, são possíveis apenas ondas com certas frequências (f_1, f_2, f_3 , etc.). Uma onda com frequência intermediária (como a onda de frequência f da figura) não pode existir na corda. De modo análogo, no vácuo eletromagnético entre duas placas metálicas só podem ocorrer flutuações com certas frequências bem específicas



Analogamente ao que fizemos com o OHS quântico, se formos retirando fótons da onda eletromagnética, o valor de sua energia vai também diminuindo. Quando são retirados todos os fótons, a onda desaparece, mas resta a energia $1/2 \times h \times f$, para cada modo de vibração das ondas eletromagnéticas com frequência f . Essa é a energia de ponto zero no jargão da física.

Como numa corda de violão

Voltemos agora ao vácuo quântico. Mesmo num ambiente como esse, onde não há nenhum campo eletromagnético mensurável, ainda existe a energia de ponto zero de cada uma das frequências possíveis para as ondas eletromagnéticas. A soma das energias que correspondem a todas as frequências possíveis é chamada de energia do vácuo eletromagnético. Normalmente, essa energia não tem nenhum efeito sobre os fenômenos que observamos nesse ambiente e podemos ignorá-la – o efeito Casimir, por sinal, é um dos fenômenos excepcionais e, talvez, o mais notável no qual essa energia se manifesta.

Vamos imaginar que pudéssemos eliminar todos os *quanta* de energia no espaço inteiro. Lá restariam as energias de ponto zero correspondentes às frequências possíveis de vibração das ondas eletromagnéticas. Na verdade, como o espaço inteiro está disponível, as frequências podem ter qualquer valor. É como se uma corda de violão tivesse comprimento infinito, sem extremidades, o que permitiria tocar nela notas musicais com qualquer frequência. Entre duas notas como o dó e o ré, por exemplo, existiriam notas variando continuamente (do mesmo modo como existem temperaturas variando continuamente entre, por exemplo, 30 e 31 graus Celcius).

Quando uma corda de violão está fixa nas duas extremidades, a sua frequência de vibração já não pode variar continuamente, mas se torna discretizada. O mesmo acontece quando uma onda eletromagnética está confinada numa cavidade ou entre duas placas metálicas. Somente certas frequências (ou 'notas') são possíveis (figura 3). E isso é influenciado pela forma e pelo tipo de material das cavidades ou das placas.

Temos em mãos agora os conceitos fundamentais que precisamos para entender o mecanismo por trás do efeito Casimir.

Do micro para o macro

Mas de onde surge o efeito Casimir? Ele é resultado da alteração do espectro de frequências possíveis de vibração das ondas eletromagnéticas, imposta

CASIMIR: sucesso em física teórica e aplicada

Hendrik Brugt Gerhard Casimir nasceu em 15 de julho de 1909 em Haia (Holanda). Estudou nas universidades de Leiden (Holanda), de Copenhague (Dinamarca) e de Zurique (Suíça). Em 1942, começou sua carreira na Philips tornando-se, em 1946, diretor dos laboratórios de pesquisa dessa empresa holandesa de eletrônica.

Apesar de ter ganhado fama internacional com o efeito que leva seu nome, os trabalhos de Casimir, em sua maior parte, foram

feitos nas áreas da física de baixas temperaturas e da supercondutividade. Em 1934, ele e seu colega C. Gorter, ao estudarem as propriedades térmicas e magnéticas dos supercondutores, sugeriram a existência de dois tipos de elétron, o normal e o supercondutor, o que foi confirmado mais tarde com o desenvolvimento de novas teorias sobre o fenômeno da supercondutividade.

Além de um grande e bem-sucedido cientista, Casimir interes-

sou-se pelas relações entre ciência e tecnologia e suas implicações na sociedade. Em uma conferência sobre história da ciência, em 1977, em Varena (Itália), afirmou que o pensamento filosófico não deve se limitar apenas ao estudo da natureza, mas considerar também valores como sabedoria, caridade e compaixão.



pelo 'aprisionamento' dessas ondas em cavidades ou entre duas placas. Com o aprisionamento somente algumas frequências tornam-se possíveis. A imposição de restrições como esse aprisionamento é o que os físicos denominam condições de contorno ou de fronteira. São as condições de contorno que alteram o espectro de frequências. Como a energia de ponto zero existe e depende do espectro de frequências, ela também é modificada pelas condições de contorno. É essa modificação que causa o efeito Casimir.

No caso do vácuo confinado entre duas placas

metálicas, a manifestação desse 'aprisionamento' é uma atração entre as placas, que de fato é observada. Dependendo da geometria dos corpos envolvidos e de outras especificações das condições de contorno, essa força pode ser atrativa ou repulsiva.

Mas se há força, deve haver energia. Por exemplo, do mesmo modo com que à energia de interação entre duas cargas elétricas de sinais contrários está associada uma força elétrica (de atração, no caso), à energia de interação entre as placas também está associada uma força, que no caso é atrativa e depende do inverso da separação entre as placas elevada à

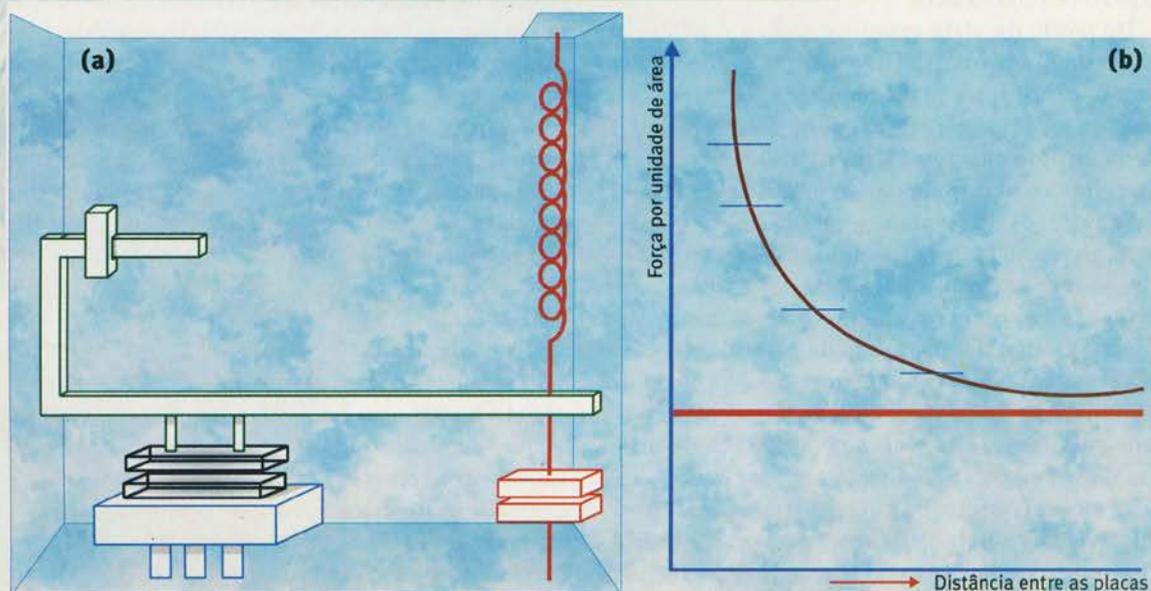
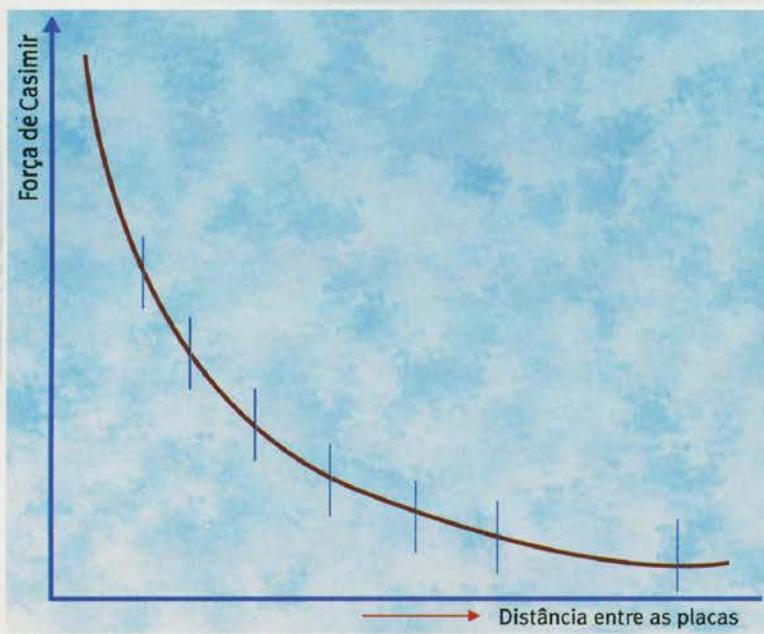


Figura 4. Em (a), esquema do experimento realizado por Sparnaay para verificar o efeito Casimir; em (b), resultado experimental obtido por Sparnaay

Figura 5. Resultado mais recente obtido por Lamoreaux por meio de um outro experimento. Note que as barras que aparecem nas curvas indicam a imprecisão das medidas efetuadas nos experimentos



monstração experimental do efeito, a verdade é que o próprio Sparnaay foi bem cauteloso em suas conclusões. Afirmou que seus resultados 'não eram inconsistentes com a teoria'. A razão da cautela foi o grau de incerteza na medida da separação entre as placas, que gerava uma incerteza muito grande a respeito dos resultados finais (figura 4b).

Quase 40 anos se passaram antes que uma nova experiência com metais, mas com uma geometria modificada, fosse novamente realizada. Em janeiro de 1997, Lamoreaux publicou seus resultados sobre o efeito Casimir. Ele mediu a força de Casimir entre superfícies metálicas para se-

parações entre 0,6 e 6 micrômetros, obtendo uma concordância com a teoria, com uma incerteza de apenas 5% (figura 5).

quarta potência – isto é, $(1/d)^4$, sendo 'd' a distância entre elas. A força de Casimir é uma manifestação macroscópica das propriedades microscópicas do vácuo quântico.

Partículas, antipartículas e velocidade da luz

A noção moderna de um vácuo quântico dotado de uma estrutura rica e capaz de desempenhar um papel dinâmico é muito mais do que uma noção teórica acadêmica e traz consigo efeitos que podem ser observados experimentalmente, além do próprio Casimir.

Há também efeitos fascinantes que ainda não foram observados, como a possibilidade de se extrair do vácuo pares de partículas e antipartículas por meio de campos elétricos intensos (denominado 'mecanismo Schwinger') e a modificação da velocidade de propagação da luz no vácuo confinado, conhecido como 'efeito Scharnhorst'. Na verdade, no vácuo existem flutuações quânticas de outros sistemas além do campo eletromagnético. No entanto os seus efeitos são por demais pequenos para serem diretamente observados, pelos aparelhos atualmente disponíveis.

Demos aqui ênfase especial a um dos efeitos mais notáveis da intrigante física do vácuo quântico, o efeito Casimir.

Por fim, vale dizer que o efeito Casimir tem implicações em diversas áreas da física e tem sido cada vez mais estudado em todo o mundo. No Brasil, há diversos grupos de físicos em universidades e institutos de pesquisa que se dedicam a pesquisas sobre o efeito Casimir.

Verificação experimental

Já vimos que para uma separação de meio micrômetro, a força de atração por centímetro quadrado de placa equivale ao peso de um décimo de um confete. Essa pressão é cerca de 700 vezes maior do que a menor variação de pressão que o tímpano humano consegue perceber, para sons com frequência de 1.000 hertz. Embora diminuta, ela está dentro do alcance das técnicas experimentais atuais.

Do ponto de vista experimental, a verificação do efeito é muito difícil, pois vários fatores podem ocultá-lo. Os mais importantes são (a) vibrações mecânicas residuais; (b) irregularidades da superfície das placas; (c) distribuição irregular sobre as placas de cargas elétricas estáticas residuais; (d) diferenças de potencial (ou voltagem, no termo mais conhecido) espúrias entre as placas. Por exemplo, para uma separação entre as placas da ordem de um micrômetro, uma diferença de potencial da ordem de 17 milivolts causa uma força eletrostática comparável à força de Casimir. Além disso, o vácuo deve ser quase perfeito, mas graças às técnicas modernas de criação de vácuo isto não é mais um problema.

O efeito Casimir entre superfícies metálicas foi verificado pela primeira vez por Sparnaay, que publicou seus resultados em 1958 (figura 4a). Embora o artigo seja muito citado como de-

SUGESTÕES PARA LEITURA

SPRUCH, L. 'Retarded, or Casimir, long-range potentials', in *Physics Today*, novembro de 1986.

ELIZALDE, E. and ROMEO, A. 'Essentials of the Casimir effect and its computation' in *American Journal of Physics*, vol. 59, pág. 711, 1991.

COUGO-PINTO, M. V., FARINA, C. e TORT, C. 'O Efeito Casimir', in *Cadernos de Divulgação e Educação Científica do Instituto de Física da UFRJ* (www.if.ufrj.br).

MILONNI, P. e SHIH, M. 'Casimir forces' in *Contemporary Physics*, vol. 33, p. 313, 1992.

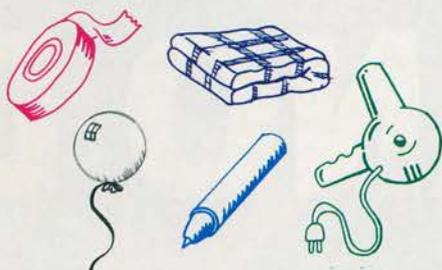
PASSANTE, R. 'Vacuum in Physics' in *Science Tribune*, março de 1998 (www.tribunes.com/art98/pass.htm).

Seu filho vai gostar desta experiência.

Fantasma Dançarino

Esta é uma pequena experiência científica que pode animar "Aquela aula de ciências":

Vocês vão precisar dos seguintes materiais:
Um balão de festa, pincel atômico ou canetinha hidrocor, secador de cabelo, uma folha de papel em branco, fita adesiva e um cobertor.



Como fazer:

1. Encha o balão de festa, sem enchê-lo completamente. Pinte nele o rosto de uma pessoa. Desenhe o corpo na folha de papel e recorte-o. Com um pedaço da fita adesiva, prenda o corpo à cabeça, bem próximo de onde você deu o nó para o ar não escapar.

Esta experiência foi publicada na revista *Ciência Hoje das Crianças*.

2. Ligue o secador de cabelo e solte o boneco por cima do fluxo de ar. Veja como ele flutua, como um fantasma.
Se o seu fantasma não estiver voando direito, tente encher um pouco mais ou um pouco menos o balão de festa. Tente também fazer um corpo um pouco menor ou mudar a posição do secador de cabelo.

3. Agora, se você quiser dar uma de mágico e impressionar a garotada, incline o secador de cabelo de forma que o fantasma flutue sobre uma mesa. Cubra a mesa com um cobertor, de maneira que o público não veja o secador de cabelo, como mostra o desenho abaixo. Para que ninguém escute o barulho do secador, ligue um som animado e mostre como o fantasma dança "misteriosamente".



A experiência de ler, conhecer e aprender se divertindo. Experimentos educativos, como este acima e tantos outros, estão sempre nas páginas da revista *Ciência Hoje das Crianças*. A revista traz as mais interessantes matérias sobre as diversas áreas do conhecimento humano como por exemplo: história, ecologia, geografia, física, além de jogos e análises científicas voltadas ao desenvolvimento dos jovens em idade escolar.

Todas as edições são elaboradas por cientistas e professores especializados em "traduzir" a seriedade dos assuntos para textos leves, divertidos e que envolvam a criançada. Muitas das reportagens são apresentadas e comentadas pelos divertidos mascotes da revista: o Rex, a Diná e o Zíper. Só falta seu filho para completar esta turminha do barulho.

Como pai ou mãe, você tem a responsabilidade de manter seu filho atualizado, principalmente nesta fase em que tudo é curiosidade e dúvida. Quando crescer, ele mudará de revista. Passará a assinar a revista *Ciência Hoje*.



Ligue grátis: 0800-264846 e reserve já a sua assinatura. Aproveite e pergunte sobre o CD-ROM Máquina Maluca!

**Ligue grátis:
0800 264846
e dê o código CC52**

**Ciência
HOJE**
das crianças

Troque uma idéia com ela

Departamento de Assinaturas
Av. Venceslau Brás, 71 - casa 27
CEP 22290-140
Botafogo - Rio de Janeiro/RJ
Tel.: (021) 295-4846 / Fax: (021) 541-5342
www.ciencia.org.br

As fontes de alimento são geralmente escassas nas cavernas, em especial naquelas mais isoladas do exterior, criando um grande problema para os animais que ali vivem.

Alguns integrantes dessa fauna passam toda a vida nesses ambientes escuros e às vezes só obtêm alimento nos dejetos – o guano – de animais maiores, como os morcegos, que saem das cavernas para buscar sua comida.

Este artigo revela algumas características das comunidades que vivem no guano, aponta as relações entre as variadas espécies desse inusitado hábitat e debate como as condições do ambiente influenciaram a evolução de tais organismos.

Rodrigo Lopes Ferreira e Rogério Parentoni Martins

Laboratório de Ecologia e Comportamento de Insetos, Departamento de Biologia Geral, Universidade Federal de Minas Gerais

GUANO DE





E MORCEGOS

fonte de vida nas cavernas

Figura 1.
Na galeria principal da gruta do Janelão, em Januária (MG), a entrada de luz torna o ambiente semelhante ao meio externo em alguns locais da caverna

Figura 2.
Acima à direita, depósito de guano de morcegos hematófagos na gruta Lavoura, em Matozinhos (MG), com cerca de 50 cm de diâmetro

FOTO DE MARCIO BASILIO

Algumas formações geológicas atraem a atenção por suas características peculiares. Os vulcões, por exemplo, assustam pela força e pelo potencial de destruição. Outras criam mistério e estimulam reflexões sobre as origens do próprio homem. É o que acontece com as cavernas, com seus subterrâneos escuros, quase inteiramente isolados do mundo da superfície. As poucas influências que recebem do ambiente externo não impedem que sejam especiais, sobretudo quanto aos animais que as habitam.

As cavernas surgem em rochas, em geral calcárias, dissolvidas lentamente pela água, em um fenômeno chamado pelos geólogos de espeleogênese. A água infiltrada abre, dentro dessas rochas, 'buracos' cada vez maiores e com diferentes formatos, que caracterizam os variados tipos de cavernas. A dissolução lenta e contínua dá origem às galerias ('condutos') das cavernas. Desmoronamentos das rochas também podem formar galerias amplas, como na gruta do Janelão (figura 1).

As condições biológicas são definidas – na situação mais extrema – pela ausência permanente de luz, que impede o desenvolvimento das plantas, as mais importantes fontes de alimento em ecossistemas terrestres 'tradicionais', como as florestas. Além disso, a umidade é elevada, e a temperatura, em especial nas áreas mais distantes da entrada, é em geral constante e semelhante às médias anuais do ambiente externo circundante.

Figura 3. Colônia de morcegos hematófagos, da espécie *Desmodus rotundus*, na gruta da Taboa, em Sete Lagoas (MG)



FOTO DE ENZO BARBONI

alimentos, em geral escassos e efêmeros, é um grande problema para os organismos que nunca saem das cavernas. Sua sobrevivência depende da matéria orgânica trazida pela água ou por morcegos, aves e insetos (como grilos) que freqüentam tanto esses ambientes quanto o mundo exterior. Em cavernas permanentemente secas o guano desses animais (em especial morcegos, os mais comuns) é a principal fonte de matéria orgânica, influenciando o número de espécies a ele associadas, a quantidade de indivíduos de cada espécie e a complexidade da cadeia alimentar.

Um hábitat diferente

Em função das características peculiares das cavernas, os animais que ali vivem têm graus diferentes de especialização ao ambiente. Por isso, são agrupados em três categorias:

a) Os 'troglóxenos' (morcegos, aves e alguns insetos, por exemplo) são comuns em cavernas, mas saem delas regularmente para se alimentar. Por isso, são os principais importadores de matéria orgânica, depositada nas cavernas em suas fezes, chamadas de guano (figura 2). O guano é a base da cadeia alimentar de muitas cavernas, em especial as sempre secas.

b) Os 'troglófilos' (outros insetos e aranhas, por exemplo) podem completar seus ciclos de vida dentro e/ou fora das cavernas. Em geral, os troglóxenos e os troglófilos preferem ambientes úmidos e sombreados também quando estão fora das cavernas.

c) Os 'troglóbios', finalmente, alimentam-se, reproduzem-se e morrem dentro de cavernas. Por isso, mostram especializações (de forma, fisiologia e comportamento) que devem ter evoluído em resposta a pressões seletivas presentes nesse tipo de ambiente e/ou em função da ausência de pressões seletivas típicas do meio externo. Isso significa que, em uma população variada, os indivíduos que mostram maior adaptação a certas condições ambientais (ou à ausência de outras) têm sua sobrevivência – e portanto sua reprodução – favorecida.

Assim, através de inúmeras gerações, esse mecanismo 'seleciona' as características individuais vantajosas, fixando-as na população.

Encontrar

Colônias de morcegos ocupam diferentes locais nas cavernas, desde que existam, no teto das galerias, frestas e irregularidades onde possam se pendurar (figura 3). O tempo de residência de uma colônia em uma caverna varia com a disponibilidade do alimento que buscam no ambiente externo e com a presença ou não de populações de outras espécies de morcegos, que competem pelo espaço de fixação.

Os morcegos defecam na área abaixo do local em que a colônia se fixa, fornecendo assim o alimento de muitas outras espécies, mas essa deposição cessa se abandonarem esse ponto. O guano, por isso, é um recurso efêmero, colonizado no início da deposição por numerosos organismos de espécies pioneiras, que dão a partida para um processo de sucessão.

Há vários tipos de guano, de acordo com as dietas dos morcegos. Isso porque existem muitas espécies de morcegos nas regiões neotropicais – onde ficam as cavernas estudadas – e seus hábitos alimentares são mais diversificados que os de morcegos de outras regiões: comem insetos, carne, peixes, frutas, néctar de flores, sangue e outros tipos de alimento. Podem-se verificar as diferenças entre os tipos de guano, resultantes dos hábitos alimentares, pela análise de suas composições químicas, que por sua vez determinam a composição das comunidades que nele vivem.

Além da variação causada pela dieta dos morcegos, os depósitos de guano também sofrem mudanças em sua qualidade nutritiva a partir do momento em que são depositados. No início, o guano é alcalino e úmido, mas se torna mais ácido e seco com o tempo, apesar da elevada umidade das cavernas. Assim,

FOTO DE RODRIGO FERREIRA

Figura 4. Esse pseudo-escorpião, com cerca de 3 mm de ponta de uma pinça à outra, foi coletado em guano na gruta do Morrinho, em Campo Formoso (BA)



depósitos muito velhos têm teores menores de matéria orgânica e tendem a perder o valor como alimento, depois de algum tempo de consumo pelos organismos a eles associados.

A qualidade do guano também se altera em termos espaciais. No plano horizontal, o centro dos depósitos tende a ser a parte mais 'nova', quase sempre mais básica, úmida e com maior teor de matéria orgânica do que as bordas. No plano vertical, a superfície dos depósitos também é mais rica em nutrientes, comparada às camadas mais profundas.

Que espécies vivem no guano?

Os diferentes tipos de guano, dependendo da dieta dos morcegos (frutos, sangue ou insetos), permitem o desenvolvimento de diferentes comunidades de invertebrados. Alguns organismos encontrados nessas comunidades só vivem em um tipo específico de guano, e outros são comuns a vários tipos. O guano de morcegos que se alimentam de sangue, por exemplo, contém grande número de larvas de pequenas moscas, além de espécies de outros grupos, como vermes, tatuzinhos e besouros. No guano de morcegos insetívoros predominam ácaros, pseudo-escorpiões, besouros, pequenas mariposas e moscas.

Já no guano de morcegos que comem frutas a fauna é bastante variada. Ali vivem aracnídeos (como aranhas, opiliões, ácaros e pseudo-escorpiões – figura 4), crustáceos (como isópodes, ou tatuzinhos – figura 5), miriápodes (como os diplópodes, ou piolhos-de-cobra, e os quilópodes, ou pequenas lacraias) e insetos. Entre os insetos há desde alguns menos conhecidos, como colêmbolos e psocópteros, até heterópteros (família dos percevejos), coleópteros (família dos besouros – figura 6) e, às vezes, neurópteros (popularmente conhecidos como formigas-leão ou piolhos-de-urubu – figura 7).

O guano novo tem pH e umidade elevadas e é colonizado por organismos que toleram bem essas condições. As espécies e o número de indivíduos de cada uma alteram-se com o tempo e com sua localização nos depósitos, em resposta às mudanças físico-químicas do guano. Do centro para as bordas e da superfície para as outras camadas de cada depósito há uma sucessão temporal e espacial de organismos. Os organismos das bordas podem ser totalmente distintos dos existentes no centro dos depósitos, assim como os da superfície em relação aos de diferentes profundidades. Depósitos mais antigos mostram poucas espécies e indivíduos ou nenhum organismo, pois tornam-se muito ácidos, sem valor nutritivo.

Os primeiros colonizadores do guano são as moscas, atraídas pelos odores de sua fermentação. Protozoários e vermes, presentes na urina e nas fezes

dos morcegos, também surgem nessa ocasião. Quando as larvas de moscas se estabelecem, chegam os parasitas ou predadores (pequenos besouros, vespas, percevejos e aranhas), aumentando o número de espécies e a complexidade da comunidade. Ácaros detritívoros e colêmbolos também são atraídos, alimentando-se do guano ou de fungos que crescem sobre ele.

Alguns organismos acham os depósitos atraídos por odores, mas provavelmente a grande maioria das espécies os alcança por acaso. Já que nas cavernas os recursos não duram muito tempo, espécies que estão se alimentando, por exemplo, da carcaça de um sapo ou de um ramo vegetal, levado até ali por uma enxurrada, têm que procurar outra fonte logo que a sua se esgota. Durante a 'procura', o organismo que encontra um depósito de guano nele permanece, por ser um recurso abundante e disponível.

A diversidade dos invertebrados associados ao guano não varia apenas em resposta a modificações físico-químicas desse recurso. Dependem também de variáveis como a área dos depósitos e sua localização ao longo da caverna.

Levantamentos realizados em inúmeros depósitos presentes em algumas cavernas (cinco em Minas Gerais, três na Bahia e três em Goiás) mostraram que, em geral, depósitos maiores têm comunidades mais diversificadas (há mais microhabitats potenciais) e



Figura 5. Crustáceo isópode (ordem Oniscidea e provavelmente da família Plathyartridae), com cerca de 5 mm, encontrado em guano na gruta do Morrinho, em Campo Formoso (BA)



Figura 6. Coleóptero da família Dermestidae, com cerca de 4 mm, encontrado em guano na gruta Lavoura, em Matozinhos (MG)

Figura 7. Neuróptero da família Myrmeleontidae, com cerca de 1 cm, obtido em depósito de guano da gruta do Morrinho, em Campo Formoso (BA)



FOTO DE RODRIGO FERREIRA

Figura 8. A riqueza (número de espécies) aumenta em função da área dos depósitos de guano (a escala do gráfico é logarítmica, cada ponto é um depósito de guano – em muitos não foi achado qualquer indivíduo – e a linha inclinada mostra que existe a proporção direta)

Figura 9. A diversidade de aranhas (calculada por métodos matemáticos) diminui à medida que aumenta a distância dos depósitos de guano até a entrada da caverna (cada ponto representa um depósito e a linha inclinada mostra que a proporção é inversa)

também maior número de indivíduos nas populações (figura 8). Quando há intensa deposição de guano, porém, este não é totalmente consumido, pois os organismos associados, quase sempre pequenos, não consomem grandes quantidades em pouco tempo. Assim, com o passar do tempo, as variações do número de indivíduos podem ser causadas mais pela qualidade do que pela quantidade do recurso. As populações crescem basicamente nas camadas superficiais, e por isso grandes volumes de guano nem sempre têm um número maior de espécies e indivíduos do que manchas com a mesma área e volumes menores.

A diversidade de espécies associadas ao guano, em alguns casos, diminui à medida que aumenta a distância da entrada da caverna até os depósitos (figura 9). Às vezes isso também acontece com o número de espécies, dependendo do grau de dispersão e do tempo de colonização. Na maioria das cavernas, porém, o número de espécies não está vinculado à distância da entrada, já que os principais colonizadores do guano são animais troglófilos, que normalmente freqüentam esse ambiente. Tais animais já poderiam estar na caverna, alimentando-se de detritos ou carcaças, quando o guano foi depositado, e portanto não teriam chegado a ele a partir da entrada.

Interações ecológicas

Os organismos que vivem em comunidades variadas apresentam diversas interações ecológicas. Os cientistas consideram que duas dessas interações – predação e competição – são as principais determinantes do número de espécies que podem coexistir em muitas comunidades. Será que isso também acontece nas comunidades associadas ao guano?

Cada depósito de guano funciona como um sistema parcialmente fechado, onde várias espécies interagem. Mas outros organismos não diretamente associados aos depósitos (e sim a outros substratos, como

matéria orgânica de origem vegetal) eventualmente interagem com espécies que só vivem no guano. Alguns organismos também migram de um depósito para outro – essa movimentação depende da distância, área e idade desses depósitos e ainda da composição das comunidades e da abundância de indivíduos.

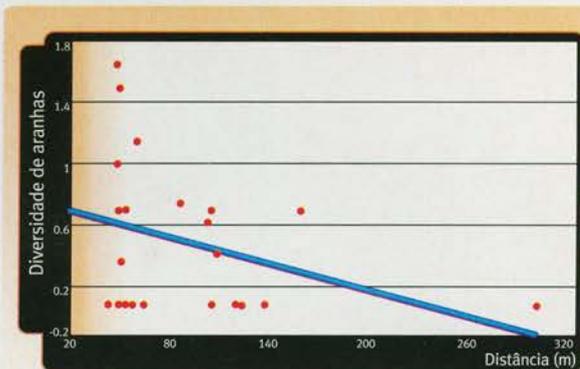
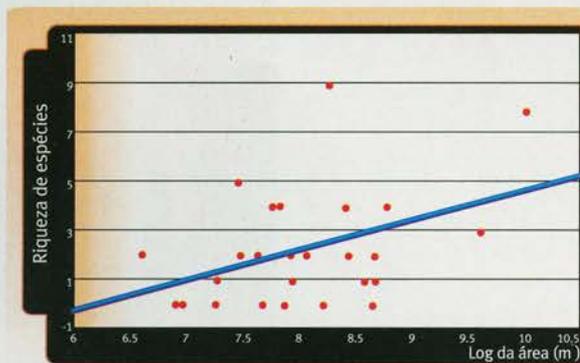
Já que a quantidade de guano não limita o número de organismos associados (o fator principal para isso parece ser a qualidade do recurso) a competição pelo alimento não se mostra tão importante. Assim, é provável que a predação tenha maior influência para determinar o número de espécies e de indivíduos, já que nessas comunidades o número de espécies predadoras é muitas vezes maior que o número de espécies que comem guano (embora as últimas apresentem populações maiores).

As comunidades do guano são quase sempre estruturadas a partir de organismos que se alimentam de detritos, como colêmbolos, ácaros, psocópteros e larvas de moscas e traças. Estes, por sua vez, são o alimento de pseudo-escorpiões, percevejos e aranhas, em geral predadores de topo (não são predados por outros) nessas comunidades (figura 10).

As interações entre as espécies podem ser mais bem observadas em certas condições. Assim, depósitos mais ricos (com maior número de espécies), e em geral de maior tamanho, podem funcionar como

'emissores' de organismos para depósitos menores. Em certos casos, quanto maior a distância do depósito 'emissor' de espécies, menor a semelhança entre sua fauna e a do depósito 'receptor'. Essa 'dispersão' torna mais parecidas as faunas dos diferentes depósitos e envolve todos os organismos que vivem no guano: os detritívoros migram em busca de um recurso de 'melhor qualidade', enquanto os predadores, como muitas aranhas, vão de um depósito a outro à procura de presas.

Em cavernas com recursos adicionais, como detritos levados por enxurradas e outras fontes,



a importância do guano varia, mas isso depende da quantidade desse material extra. Em cavernas secas, porém, o guano é na prática o único sustento da diversificação da vida: todos os organismos estão direta ou indiretamente associados a ele.

A evolução nas cavernas

Saber como certas características dos troglóbios evoluíram torna o estudo da vida em cavernas mais interessante. Em geral, esses animais apresentam várias especializações relacionadas ao ambiente cavernícola, resultantes de um processo biológico lento e contínuo conhecido como 'evolução regressiva'. Esse processo, ainda não totalmente esclarecido, é interpretado com a ajuda de duas hipóteses hoje muito aceitas, por seu bom embasamento teórico e experimental: a hipótese do acúmulo de mutações neutras e a da seleção por pleiotropia e economia metabólica.

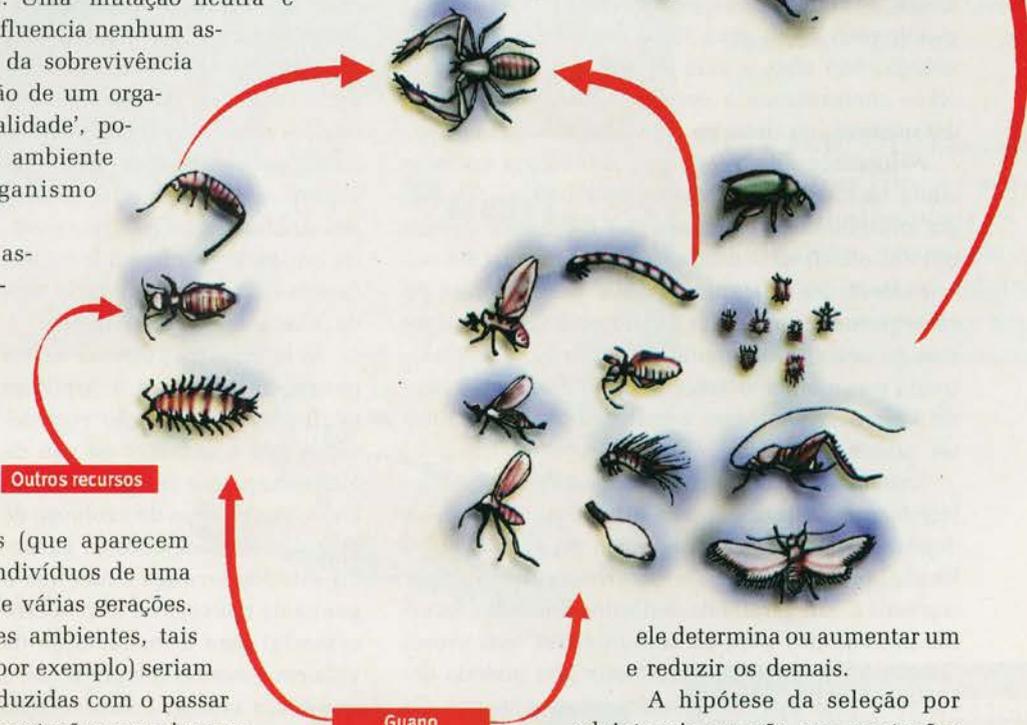
Para descrever a primeira hipótese é fundamental esclarecer antes o que significa o termo 'mutação neutra'. Mutações são mudanças no código genético de um indivíduo, que podem levar a variações de forma, metabolismo ou comportamento transmissíveis a seus descendentes. As mutações são espontâneas ou induzidas (por radiações e por diversas substâncias químicas). Uma 'mutação neutra' é aquela que não influencia nenhum aspecto importante da sobrevivência e/ou da reprodução de um organismo - a 'neutralidade', porém, depende do ambiente em que esse organismo vive.

Essa hipótese assume que a regressão de certas estruturas, observada em alguns organismos que vivem em cavernas, é resultado do acúmulo de mutações neutras (que aparecem casualmente em indivíduos de uma população) durante várias gerações. Sem função nesses ambientes, tais estruturas (olhos, por exemplo) seriam gradativamente reduzidas com o passar das gerações, pois mutações casuais nesse sentido não afetariam a sobrevivência ou reprodução do indivíduo.

Uma mutação que, por exemplo, reduzisse o tamanho do olho de um peixe seria muito prejudicial

se ele vivesse em um rio de superfície, mas neutra em uma caverna totalmente escura. Nesse ambiente, os olhos não têm função. O acúmulo de mutações neutras desenvolveria e fixaria um determinado caráter regressivo, desde que a população cavernícola continuasse isolada de populações externas. A hipótese de acúmulo de mutações neutras, portanto, propõe que a regressão de estruturas em muitos troglóbios pode ter ocorrido por causa da ausência de pressões seletivas (como a luz) que eliminariam indivíduos mutantes no meio externo: nesse meio, um peixe com visão reduzida teria sua vida dificultada e, portanto, menos chance de transmitir a mutação a seus descendentes.

A segunda hipótese baseia-se na pleiotropia, fenômeno no qual um só gene determina a modificação de vários caracteres (no fenômeno oposto, herança poligênica, um só caráter é determinado por vários genes). Uma mutação em um gene pleiotrópico pode aumentar ou diminuir todos os caracteres que



ele determina ou aumentar e reduzir os demais.

A hipótese da seleção por pleiotropia propõe que mutações em um gene pleiotrópico afetariam de modo diferente os caracteres determinados por esse gene, levando à seleção de um ou mais entre eles. Assim, em um peixe (hipotético) com um gene desse

Figura 10. Cadeia alimentar em uma comunidade associada ao guano, que termina com os predadores de topo: pseudo-escorpiões, percevejos e aranhas

Figura 11.
Traça troglóbia
da ordem
Zigentoma,
com cerca
de 2 cm
(incluindo
os apêndices)
encontrada
em guano
na gruta
do Morrinho,
em Campo
Formoso (BA)



tipo, que condicionasse um caráter útil no ambiente cavernícola (como o sistema de linha lateral, que permite aos peixes detectar variações de temperatura ou pressão da água) e outro 'dispensável' ali (como olhos), a seleção poderia resultar no aperfeiçoamento de uma característica e redução da outra, por efeito pleiotrópico negativo.

Assim, o aperfeiçoamento de um caráter acarretaria a redução do outro associado, desde que isso não reduzisse as chances de sobrevivência e reprodução. No peixe hipotético acima (com o sistema de linha lateral e o desenvolvimento dos olhos ligados ao mesmo gene), mutações que tornassem mais eficaz o primeiro caráter seriam positivamente selecionadas, levando à redução dos olhos, caso o efeito pleiotrópico nesse gene fosse negativo. Como essa redução não afeta a vida do peixe na caverna, os olhos continuariam a ser atrofiados, podendo até desaparecer, no decorrer de várias gerações.

A hipótese de seleção por pleiotropia apóia-se ainda na chamada 'economia metabólica'. A energia metabólica economizada (no caso, com a redução dos olhos) seria usada pelos organismos em outras atividades que aumentassem suas chances de sobrevivência e reprodução. Ao contrário da hipótese de acúmulo de mutações neutras, a de pleiotropia e economia metabólica está diretamente ligada à escassez alimentar, condição comum em muitas cavernas.

Entretanto, se essa escassez fosse a principal determinante do processo evolutivo em cavernas, os depósitos de guano não poderiam ser considerados locais apropriados para a ocorrência da evolução regressiva. Em geral, tais depósitos oferecem recursos abundantes para as comunidades que vivem neles, e segundo alguns cientistas isso poderia desacelerar esse tipo de evolução nos organismos. Os troglóbios eventualmente encontrados em depósitos de guano, para esses cientistas, já estariam presentes nas cavernas (e já teriam evoluído até essa condição), e se associaram ao guano apenas depois de sua deposição pelas colônias de morcegos.

Em depósitos de guano de cavernas da Bahia e de Minas Gerais, principalmente nos últimos dois anos, têm sido descobertos numerosos organismos troglóbios e troglomórficos (que já mostram características de troglóbios). Populações relativamente densas de ácaros, colêmbolos e traças (figura 11) são encontradas com certa freqüência nesses depósitos. Tais descobertas permitem questionar a hipótese de que a escassez de alimentos seria a principal determinante da evolução de características troglomórficas em organismos que vivem em cavernas, principalmente naqueles associados a depósitos de guano.

A comparação da idade dos depósitos de guano com o tempo de desenvolvimento de um organismo troglóbico também ajuda esse questionamento. Um exemplo está na toca da Boa Vista, caverna do norte da Bahia. Em muitas de suas galerias há registros de guano fóssil pulverizado, e nessa caverna existem populações numerosas (dezenas de indivíduos) de uma traça troglóbia, da ordem Zigentoma. Amostras desse guano foram datadas pelo geólogo Augusto Auler (Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas) em cerca de 16 mil anos. Tal prazo está incluído no tempo necessário para a evolução de características troglomórficas em espécies cavernícolas terrestres, estimado entre 10 mil e 100 mil anos por estudos empíricos. As traças, portanto, provavelmente desenvolveram essas características em um ambiente com bastante matéria orgânica, contrariando a idéia de que essa evolução estaria ligada à escassez de nutrientes.

As informações obtidas nestas pesquisas reforçam a hipótese neutralista de evolução regressiva, já que a escassez ou não de alimento parece ter pouca influência no processo de evolução de organismos associados ao guano. Os estudos revelam ainda que o guano de morcegos é um recurso essencial para a manutenção da vida em cavernas sempre secas, o que torna crucial a conservação das populações de morcegos. Esses 'produtores de guano' garantem a sobrevivência de organismos tão especiais em ambientes tão peculiares e raros. ■

Sugestões para leitura

- CULVER, D. C.
1982. *Cave Life*.
Harvard
University Press.
Cambridge,
Massachusetts
and London,
England. 189 pp.
- FERREIRA, R.L. &
POMPEU, P.S.
'Fatores que
influenciam a
riqueza e a
diversidade da
fauna associada
a depósitos de
guano na gruta
Taboa, Sete
Lagoas, MG'.
in O Carste,
vol. 2 (9), pp.
30-33, 1997.
- FERREIRA, R.L. &
MARTINS, R.P.
'Diversity of
Spiders
Associated with
Bat Guano Piles
in Morrinho
Cave (Bahia
State, Brazil)'.
*in Diversity and
Distributions*,
no prelo.
- GNASPINI, P. &
TRAJANO, E.
'Guano
communities in
tropical caves.
Case study:
Brazilian caves',
*in Wilkens,
Culver &
Humphries
(eds.),
Ecosystems of
the world.
Subterranean
biota*, Elsevier
Science,
Amsterdam,
no prelo.

Efeito estufa é quando a gente engorda?

Por que "planeta Terra", se 70% é água?



Chegou o CD-ROM Máquina Maluca da Ciência Hoje.

O CD-ROM Máquina Maluca tem soluções para todas aquelas perguntas que você nunca encontra um "tempinho" para responder para seus filhos. Eles vão encontrar verdadeiras aulas sobre o universo, estrelas, vulcões, cavernas, raios e trovões, meio ambiente, mares e oceanos e muito mais.

O CD-ROM Máquina Maluca vai levar seus filhos a uma aventura! Eles vão descobrir as origens do Universo, investigar os misteriosos buracos negros, explorar o Sistema Solar e mergulhar fundo no planeta em que vivemos.



**Ligue grátis:
0800-264846
e dê o código MM58**

**Ciência
HOJE**
das crianças

troque uma ideia com ela.

Departamento de Assinaturas
Av. Venceslau Brás, 71 - casa 27
CEP 22290-140
Botafogo - Rio de Janeiro/RJ
Tel.: (021)295-4846/ Fax:(021) 541-5342
www.ciencia.org.br



RUGENDAS/FOTO PEDRO OSWALDO CRUZ

NATURALISMO Cientistas refazem expedição do barão Langsdorff que, no século passado, fez o maior levantamento da flora e fauna nacionais

De volta ao coração do Brasil

No próximo mês, uma das mais importantes expedições científicas naturalistas já feitas no Brasil vai ganhar uma nova versão. Um grupo de cientistas vai se embrenhar mais uma vez pelas matas do Rio de Janeiro, Minas Gerais e Mato Grosso para refazer a Expedição Langsdorff, a lendária viagem pelo interior do Brasil que, na primeira metade do século 19, capitaneada pelo barão, diplomata e médico prussiano George Heinrich von Langsdorff

(1774-1852), fez o maior levantamento até então da fauna e flora nacionais.

A viagem de Langsdorff começou em março de 1822, quando o barão partiu para a Mata Atlântica fluminense, acompanhado pelo geógrafo e cartógrafo Nester Rubtsov, pelo botânico Ludwig Riedel, pelo zoólogo Eduard Ménières e pelos artistas plásticos Johann Moritz Rugendas, Antoine Taunay e Hercules Florence. A viagem era patrocinada pelo czar

Alexandre I, que gastou 246,2 mil rublos na empreitada. Lutando contra o mau humor do clima, os mosquitos e as inúmeras doenças da selva, o grupo seguiu do Rio para São Paulo, Minas, Mato Grosso, Paraná, Amazônia, percorrendo 17 mil quilômetros.

A nova expedição, chamada 'Langsdorff de volta: redescobrimdo o Brasil', tem como líder e coordenador o presidente da Fundação Langsdorff, Danuzio Silva. Ele explica que o caminho privile-



A vida do barão

1803 Participa da expedição russa de circunavegação. Na viagem, conhece o Japão e a região de Kamtchaka, próxima à Rússia e à Sibéria. Quando a expedição foi obrigada a aportar em Santa Catarina, o barão aproveitou para estudar a flora e a fauna do lugar, pesquisas que prosseguem até 1804



1813/1820 É enviado pela czar Alexandre I para uma expedição científica no Brasil. Explora o sertão e conhece Minas Gerais

1825 Os diários começam a ser escritos logo no primeiro ano de viagem. Langsdorff conhece as cidades de Barbacena, São João del Rei e Ouro Preto

1774

Georg Heinrich von Langsdorff nasce em Wöllstein, na Prússia, no dia 18 de abril. Na Rússia, o barão era conhecido por Grigori Ivanovichi Langsdorff



1803

1806 Compra a fazenda Mandioca, em Magé (no Estado do Rio de Janeiro), e a transforma em um centro de estudos

1806

1813

1824 Depois de rodar o mundo, o agora cônsul-geral da Rússia parte do Rio de Janeiro para Minas. Seus conhecimentos incluem a medicina, a botânica, a zoologia, a antropologia, a filologia e a navegação. Em Minas Gerais, começa sua aventureira expedição

1820



gia o mesmo percorrido pelo barão, mas o itinerário não será obrigatoriamente o mesmo. "Iremos a regiões que Langsdorff não conheceu e mesmo localidades que não existiam", afirma Danuzio.

Mesmo sem uma rota definida, a expectativa é percorrer em uma primeira etapa cerca de 2 mil quilômetros, só em Minas Gerais, e passar por 56 municípios.

Em território mineiro a nova expedição deve permanecer de



seis meses a um ano.

O suficiente para que historiadores, botânicos, zoólogos, médicos, fotógrafos e geógrafos envolvidos revejam o que Langsdorff viu e documentem as mudanças: as espécies animais e vegetais que sumiram ou nasceram, o destino das cidades.

"Faremos um estudo comparativo da fauna, flora, hábitos, cultura e condições ambientais das regiões desbravadas por Langsdorff", explica Danuzio.

Para Danuzio, o principal ganho científico da viagem é apurar as informações colhidas pelo barão prussiano. "Muitas delas ainda são inéditas, como os dicionários de línguas indígenas feitos em Minas, por exemplo. Poderemos conhecer melhor as tribos que habitavam essas regiões. E ainda há as plantas medicinais, os hábitos alimentares, as plantas regionais. Temos uma realidade diferente, e o melhor é termos um panorama dessa nova realidade", diz.

Dagoberto Souto Maior

Especial para *Ciência Hoje*/RJ



IMAGENS EXTRAÍDAS DA COLEÇÃO EXPEDIÇÃO LANGSDORFF AO BRASIL 1821-1829 - PUCENINAS, TAUNAY, FLORENCE/IED-ALUMBRAMENTO

1825 No mesmo ano, o barão e seus companheiros atravessam a Mata Atlântica para chegar a São Paulo. Visitam fazendas nas imediações da capital e nos arredores dos municípios paulistas de Jundiá, Santos e Porto Feliz

1828 Esgotado pela febre, Langsdorff desce com seus acompanhantes o rio Jurema, pouco antes de dar sinais das primeiras manifestações da perda total de memória. Adrien Taunay morre afogado quando atravessava a cavalo o rio Guaporé

1829 A expedição desembarca no Rio de Janeiro vinda de Belém. Todos passaram quatro anos no interior do Brasil

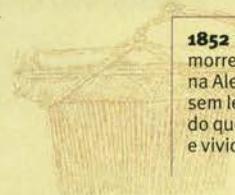


1826/1828 A expedição chega ao Pantanal mato-grossense na época da cheia e fica mais de 30 dias dentro de canoas. Depois, partem para a Amazônia, onde o barão contrai febre amarela



1830 Langsdorff volta à Alemanha, doente e com a memória muito fraca

1852 Von Langsdorff morre em Freiburg, na Alemanha, sem lembrar do que tinha visto e vivido no Brasil



Um saca-rolha para o coração

Um saca-rolha para o coração. Assim cantou Bob Dylan sobre um idílio malfadado, em um álbum chamado *Desejo*. A metáfora do cantor norte-americano ganhou agora um eco na ciência. Colin Caro, biofísico do Imperial College de Londres (Inglaterra), concluiu recentemente que o enxerto de vasos sanguíneos em forma de saca-rolha pode aumentar em vários anos a expectativa de vida de pacientes que sofreram cirurgias do tipo 'ponte' nas artérias coronárias.

Segundo Caro, vasos sanguíneos retorcidos são vantajosos, porque o fluxo do sangue em espiral limpa uniformemente as artérias e reduz o acúmulo de placas de gordura em suas paredes internas. Pesquisas recentes já haviam mostrado que escoamentos sanguíneos sua-

ves estimulam a produção de substâncias protetoras no sangue.

Em uma reunião recente sobre doenças cardíacas na Academia de Engenharia de Londres, Caro descreveu o trabalho de seu grupo que examina a geometria das aortas humana e de coelhos nas áreas onde há curvaturas e entroncamentos. Além disso, imagens por ressonância magnética computadorizada não-invasiva, empregadas normalmente para medir o escoamento do ar em volta de aviões, foram usadas para medir a geometria e o padrão de escoamento nas artérias de um pequeno grupo de pessoas saudáveis.

Admite-se usualmente que os vasos sanguíneos sejam essencialmente tubos cilíndricos com paredes internas planas, pelos quais o sangue flui do mesmo modo que as águas de um rio. Entretanto, o trabalho de Caro mostra que, em lugar de serem cilindros perfeitos, os vasos são ligeiramente helicoidais e que a curvatura do arco aórtico e, em geral, a bifurcação da aorta não são planas. Na realidade, isso também vale para a curvatura e a ramificação de várias das principais artérias. O grupo de Caro verificou que ligeiras torções em espiral dos vasos levam o sangue a se mover em velocidade uniforme. Já vasos regulares apresentariam regiões com velocidades de fluxo variáveis.

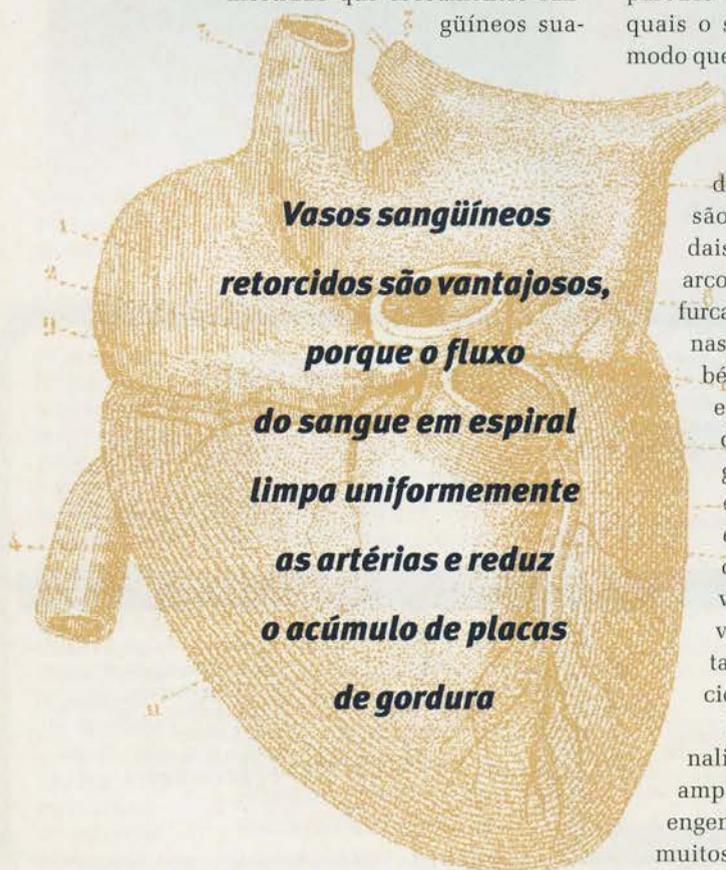
Embora o fluxo em canalizações helicoidais seja amplamente empregado em engenharia, não tem havido muitos estudos teóricos sobre

o assunto. A diferença entre fluxo de canalização helicoidal e plano é, no entanto, surpreendente. Por exemplo, observou-se que quando vasos sanguíneos se encontram em uma junção do tipo T, a força de cisalhamento do sangue – que aumenta com a irregularidade do escoamento – pode ser três vezes e meia maior se o vaso antes da junção é plano em vez de helicoidal.

A ocorrência aparentemente comum de curvatura não-plana e ramificação, bem como de um fluxo de tipo não-plano, nas artérias maiores, levanta várias questões sobre o significado biológico desse fato. Pode-se esperar que o projeto das artérias seja otimizado dentro de certos limites para a função de transportar sangue por longos períodos de tempo, embora o fluxo possa variar consideravelmente dentro da faixa fisiológica. Caro está interessado, portanto, em examinar o grau de sensibilidade da geometria em uma ampla gama de condições de escoamento, para determinar quão bem o projeto das artérias funciona.

O papel de um escoamento de sangue suave na ativação de genes vitais em células que revestem os vasos sanguíneos, ajudando assim a prevenir estreitamentos de artérias e doenças cardíacas, foi recentemente demonstrado nos Estados Unidos. Os pesquisadores verificaram que vários genes produzem, de fato, mais RNA (ácido ribonucléico), e portanto mais proteína, quando sujeitos a escoamentos suaves de sangue.

Isso incluía os genes que codificam três enzimas importantes para a prevenção de doenças arteriais: a superóxido dismutase dependente de manganês, que remove os radicais livres ativos ca-



pazes de danificar o revestimento das artérias, facilitando o acúmulo das gorduras; a ciclooxigenase-2, que é considerada redutora de coágulos sanguíneos; e a sintase de ácido nítrico endotelial celular, que dilata os vasos sanguíneos. O mecanismo não é compreendido, mas uma das possibilidades é que proteínas, como as integrinas, que colam a camada única de células do revestimento interno de uma artéria à camada fibrosa que está por baixo, respondam a flutuações do fluxo sanguíneo enviando mensagens bioquímicas, que acabam reduzindo a atividade dos genes. Qualquer que seja o mecanismo, as observações favorecem a importância de um escoamento de sangue suave, acrescentando munições químicas às vantagens mecânicas.

Colin Caro e seu grupo no Imperial College têm esperança de que sua descoberta tenha importância na cirurgia de pontes de safenas. Vasos inseridos para desviar o escoamento de uma artéria doente freqüentemente endurecem e entopem, sendo necessário repetir a cirurgia arriscada num intervalo de 10 anos. Caro já está contactando cirurgiões vasculares para discutir a possibilidade de usar enxertos helicoidais nos pacientes com pontes. Ele está também colaborando com cientistas do Instituto Bristol do Coração, na Inglaterra, para testar a segurança e eficácia dos novos enxertos em porcos. "Eu me sentirei mais feliz, e creio que os cirurgiões também, quando verificarmos que os porcos com vasos sanguíneos enxertados pelo novo método estejam tão bem ou melhor quanto os porcos do grupo-controle."

Paul Wymer
Especial para
Ciência Hoje/Londres



BIOLOGIA Substâncias produzidas por fêmeas podem alterar comportamento em relação à prole

Instinto materno

O instinto materno não consiste apenas em uma propensão natural das fêmeas. É resultado de complexos mecanismos biológicos que podem ser alterados por distúrbios orgânicos ou pelo uso de medicamentos. Pesquisadores da Universidade de São Paulo (USP) vêm tentando desvendar essas alterações do comportamento materno em mamíferos.

"Partindo de experiências com ratas, o estudo dá subsídios para interpretar o comportamento materno em humanos", afirma o médico veterinário Luciano Felício, coordenador da pesquisa. Ligado ao Núcleo Multidisciplinar de Neurociências e Comportamento da USP, Felício estuda há vários anos, juntamente com outros pesquisadores brasileiros e norte-americanos, os mecanismos neurológicos responsáveis pelo comportamento materno.

Segundo o pesquisador, há dois grupos de substâncias no organismo da fêmea que desempenham importantes papéis na estimulação ou inibição do comportamento materno: os peptídeos e os esteróides gonadais (estrogênio e progesterona). Os peptídeos são moléculas produzidas no cérebro que podem interferir no comportamento reprodutivo em geral e no comportamento materno e sexual, em particular. Um peptídeo de importante papel é a colecistocinina, hormônio gastrointestinal relacionado com o aporte nutricional que ocorre no início da gravidez (melhorando o rendi-



mento e o aproveitamento dos alimentos) e com as alterações de apetite da mulher.

Felício destaca que, há pouco mais de uma década, descobriu-se que o cérebro possui grandes quantidades de colecistocinina e que, em roedores, essa substância está ligada ao comportamento materno. Ela tem, por exemplo, a capacidade de bloquear o efeito inibitório do comportamento materno induzido por outro peptídeo, a beta-endorfina.

O pesquisador acredita ainda que a violenta alteração das taxas de estrogênio e progesterona logo após o parto interfere no comportamento materno. "As taxas desses hormônios mantêm-se estáveis durante toda a gravidez. Pouco antes do parto, há uma grande queda da taxa de progesterona, que até então estava alta. Com o estrogênio, ocorre o contrário", afirma.

Felício ressalta que, conhecendo melhor as bases biológicas do comportamento materno, poderão surgir subsídios para alterar leis, como a que rege, por exemplo, a doação de filhos. No Brasil, a mulher que doa um filho tem um período de 10 dias para voltar atrás. O conhecimento sobre os mecanismos que alteram o comportamento materno poderá levar à ampliação ou redução desse prazo.

Eliza Muto
Especial para *Ciência Hoje/SP*

EDUCAÇÃO Projeto inédito no país, o AulaNet permite fazer cursos de extensão, graduação e pós-graduação através da Internet

A rede como mestre

A universidade é o mais novo atrativo do mundo virtual. O AulaNet, projeto inédito no país, traz cursos de extensão, graduação e pós-graduação através da Internet. Desenvolvido pelo Laboratório de Engenharia de Software do Departamento de Informática da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ), o AulaNet ajuda o professor a criar cursos a serem ministrados pela rede. É resultado da junção entre a tecnologia, fornecida pelo Núcleo de Tecnologias da Informação (NTI) da PUC-RJ, e a universidade, responsável pelo conteúdo do curso.

Entre as vantagens que o novo projeto oferece estão a atemporalidade dos cursos – os alunos podem acompanhar as aulas no horário que eles próprios escolherem –, a economia no transporte, já que não é preciso sair de casa para fazer o curso, e a maior quantidade de informação que pode ser veiculada pela rede.

Financiado pela PUC, o programa conta atualmente com 72 cursos – de graduação, pós-graduação e extensão – com 1.051 alunos cadastrados, dos quais 508 já estão matriculados, e cerca de 160

docentes. Empresas como a Xerox e a Embratel já solicitaram a criação de cursos voltados para a própria empresa. Os primeiros cursos apresentados foram os de pós-graduação, que estão na rede desde o segundo semestre de 1997. O curso Kidlink é o único que dispõe de aulas para o 1º e 2º grau, mas ainda não é muito utilizado.

As aulas oferecidas pelo AulaNet são iguais às convencionais e diferenciam-se somente pelo seu formato. O início e o fim dos cursos são previamente estabelecidos. Exercícios são oferecidos aos alunos junto com as respostas. Os dias e os horários dos encontros, pela Internet, são previamente combinados a fim de esclarecer dúvidas e debater sobre os assuntos tratados em aula. O aluno pode, de acordo com sua preferência, conversar com o professor ou com um colega separadamente. As provas, porém, são feitas com a presença do aluno na universidade.

Nos cursos 100% à distância (incluindo a participação de alunos estrangeiros), o método de avaliação é diferente: as provas são feitas com questões objetivas e aplicadas por computador. O único problema gerado por essa forma de avaliação é se certificar se o aluno matriculado é quem de fato está fazendo a prova. Já os cursos de extensão exigem o contato pessoal no início e no fim do curso.

Qualidade inteiramente grátis

“O AulaNet é algo inteiramente novo para os professores”, diz o matemático e economista Carlos Lucena, criador do projeto. A nova

forma de ensino é mais um desafio. “O trabalho de montar uma aula é praticamente o mesmo de escrever um livro”, comenta Lucena. “Além disso, a aula aplicada deve ser interessante para que o aluno dê continuidade ao curso”, acrescenta Neide Santos, do NTI. Conseqüentemente, os cursos são munidos de demonstrações, efeitos visuais, *chats* (espaço para bate-papos), bibliografias, referências e outros artifícios para facilitar a adaptação dos professores ao novo ambiente. Qualquer profissional pode expor o seu curso no AulaNet e qualquer aluno pode usufruir dele sem necessidade de pagamento.

O AulaNet estima, neste ano, ter as maiores universidades brasileiras oferecendo seus cursos na rede. “Elas podem adquirir mais espaço ao oferecer cursos regulares. Assim, o aluno pode optar por ir ao *campus* ou assistir à aula pelo computador e só ir à universidade para fazer prova”, diz Lucena. As universidades que aderirem ao AulaNet irão adequar a burocracia ao curso, divulgando como obter créditos, inscrições e certificados.

Futuramente, o aluno poderá matricular-se em matérias de universidades distintas, escolhendo as melhores disciplinas das melhores faculdades. Para isso é necessário que exista um convênio entre as universidades. O AulaNet possibilita qualquer pessoa, munida de um computador e do endereço www.les.inf.puc-rio.br/aulanet, somar, de forma simples, informações de diversos assuntos ao seu conhecimento.

Daniela Evelyn
Ciência Hoje/RJ



MEDICINA Prion é identificado no apêndice de paciente oito meses antes de ele apresentar sintomas

Uma luz para a versão humana do mal da vaca louca

Pesquisadores de Edimburgo, na Escócia, descobriram recentemente um *prion* ou PrP (proteína infecciosa) no apêndice de um paciente, que se acredita ser o responsável pela forma humana da doença da vaca louca. A retirada do apêndice ocorreu oito meses antes de os sintomas da doença aparecerem. A variante da doença de Creutzfeldt-Jakob (vCJD), que parece ser a forma humana da encefalopatia espongiforme bovina (BSE ou doença da vaca louca), foi identificada em 1996. Até agora, tem sido impossível prever o número de futuros casos de vCJD porque a proporção da população exposta à alimentação com carne infectada com o *prion* é desconhecida. A nova descoberta pode indicar um caminho para se chegar a testes capazes de prever a doença.

A pesquisa de Edimburgo, publicada na revista *The Lancet*, descreve como um homem de 45 anos começou a apresentar dormência em 1996. Exames detalhados, incluindo ressonância magnética, levaram os médicos a suspeitar de esclerose múltipla. Nos 18 meses seguintes, sua saúde se deteriorou, mas os exames continuaram não revelando as causas. Em abril de 1998, foi feita uma biópsia no cérebro que revelou grandes quantidades do agente infeccioso da vCJD. Em 1995, entretanto, oito meses an-

tes de os primeiros sintomas da doença aparecerem, o paciente havia extraído o apêndice, depois de passar dois dias com dores e febre. Na época, o órgão removido foi armazenado e, quando tes-

res. Embora a incidência de pessoas expostas ao agente BSE possa ser pequena, aproximadamente 44 mil apendicectomias são feitas a cada ano na Inglaterra. Tal estudo forneceria novos dados sobre a proporção da população com risco de desenvolver a vCJD.

Essas pesquisas poderiam esbarrar em um dilema: decidir se os pacientes submetidos à apendicectomia deveriam ser examinados e avisados em caso de o resultado ser positivo para a PrP.

Os pesquisadores avisam que o estudo não é conclusivo. "Se examinarmos 2 mil amostras e não encontrarmos nada, isso nos dará uma segurança muito limitada", diz Peter Smith, da Escola de Medicina Tropical de Londres. Se uma ou duas amostras positivas forem encontradas no exame de mil amostras, isso indicaria que dezenas ou mesmo centenas de pessoas estariam infectadas, mas ainda não está claro quanto tempo levaria para os sintomas se desenvolverem. Também é possível que algumas pessoas cujos apêndices ou amígdalas apresentam o *prion* nunca venham a desenvolver a CJD.

tado em 1998, também revelou grande quantidade da proteína PrP envolvida na vCJD.

Uma das implicações da identificação do PrP no apêndice durante o período da incubação da variante da CJD é que oferece a oportunidade de se investigar em grande escala a presença do agente infeccioso envolvido na doença a partir do material removido nas apendicectomias (extrações de apêndices) bem como do extraído em operações de amígdalas – estruturas removidas desde o início da epidemia de BSE. É rotina enviar os apêndices para exames histológicos e, em geral, guardá-los para estudos posterior-



Paul Wymer

Especial para *Ciência Hoje*/Londres

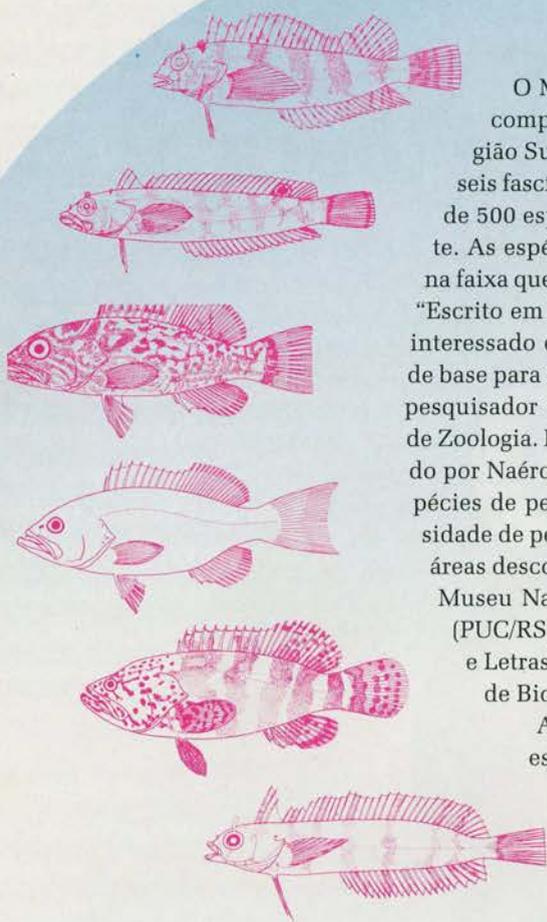
COMPÊNDIO DE PEIXES MARINHOS

O Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo completou o levantamento de peixes marinhos da região Sul e Sudeste do Brasil. No trabalho, organizado em seis fascículos, cinco dos quais já publicados, constam mais de 500 espécies caracterizadas e ilustradas individualmente. As espécies coletadas habitam a plataforma continental, na faixa que se estende do Rio de Janeiro ao Rio Grande do Sul. "Escrito em linguagem fácil, o manual é acessível a qualquer interessado em peixes marinhos dessa região, e deverá servir de base para estudos biológicos mais aprofundados", informa o pesquisador José Lima de Figueiredo, vice-diretor do Museu de Zoologia. Em outro projeto, já iniciado no Museu e coordenado por Naércio Aquino Menezes, pretende-se fazer o levantamento das diferentes espécies de peixes estocadas em museus brasileiros. A proposta é avaliar a biodiversidade de peixes no país, identificar áreas já exploradas e promover amostragens em áreas desconhecidas. Além do Museu de Zoologia da USP, participam do projeto o Museu Nacional do Rio de Janeiro (UFRJ), o Museu de Ciências e Tecnologia (PUC/RS), o Departamento de Biologia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP (Ribeirão Preto) e o Departamento de Zoologia do Instituto de Biociências da USP.

Além das espécies marinhas, os pesquisadores estão preocupados especialmente em conhecer as que habitam os rios brasileiros.

Segundo Figueiredo, "os ambientes de água doce estão sendo degradados rapidamente. Se não forem realizadas coletas, corre-se o risco de chegar depois da extinção de algumas espécies".

Ao lado, de cima para baixo, o *Malacocotenus delandii*, o *Paraclinus nigri*, o *Mycteroperca microlepis* ou badejo-de-areia, o *Mycteroperca interstitialis* e o *Epinephelus itajara* foram encontrados em Ubatuba (SP). Já o *Ribeiroclinus eigenmanni* é típico da costa do estado o Rio de Janeiro



MEDICINA

BROTO DE SAMAMBAIA PODE LEVAR AO CÂNCER



FOTO LANA

Broto de samambaia à venda em Ouro Preto

O broto de samambaia (*Pteridium aquilinum*), item comum no cardápio de povos orientais e habitantes de Minas Gerais e Espírito Santo, pode levar ao câncer de esôfago e estômago. O fato, que já era conhecido por autoridades de saúde do Japão, onde o 'warabi' é

alimento nacional, foi constatado também por pesquisadores da Escola de Nutrição (Enut) da Universidade Federal de Ouro Preto (MG).

"É um desafio para a nossa equipe desestimular o consumo do broto de samambaia", diz o farmacêutico Rinaldo Cardoso dos Santos, do Departamento de Alimentos da Enut. Estudos recentes feitos por sua equipe mostram que consumidores do vegetal têm 3,5 vezes mais probabilidade de desenvolver a doença do que os que não têm esse hábito alimentar.

A toxicidade do vegetal para animais como o boi e o cavalo já era conhecida desde o século pas-

sado. Na década de 1960, trabalhos que utilizavam animais de laboratório para estudar os efeitos do consumo da planta revelaram que ratos alimentados com broto de samambaia seco e moído durante dois meses apresentavam tumores múltiplos na região do íleo 50 dias depois. "Mas não sabemos ainda se o vegetal provoca o início do tumor ou apenas acelera o desenvolvimento da doença já instalada", diz Rinaldo.

A substância cancerígena do broto de samambaia é outra dúvida que persiste. Embora ainda não reconhecido pela Agência Internacional de Pesquisa em Câncer, um norsesquiterpeno é até agora o candidato mais forte.

ENERGIA

ATLAS DE IRRADIAÇÃO SOLAR NO BRASIL

O uso em larga escala da energia solar convertida em energia elétrica poderá tornar-se realidade dentro de alguns anos no país. Um passo importante para a concretização desse projeto acaba de ser dado com a publicação do *Atlas de irradiação solar no Brasil*. A edição, de 75 páginas e realizada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), mostra as médias anuais e mensais da incidência de energia do Sol na superfície brasileira entre os anos de 1995 e 1998. Os dados foram coletados por satélite e comparados com os recolhidos em estações terrestres. Um dos coordenadores do projeto, o professor Sergio Colle, do Laboratório de Energia Solar da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), explica que a região com maior média anual é o oeste da Bahia, mas que as regiões Norte e Sul não estão muito atrás da nordestina. De imediato, as informações contidas no atlas servirão para projetos de agricultura, arquitetura e maricultura, entre outros.



ECOLOGIA

A REAL ÁREA VERDE PROTEGIDA NO PAÍS

A criação de quatro parques nacionais, dois estaduais e uma reserva biológica em 1998 alterou o percentual do território brasileiro protegido. Segundo o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), a área protegida pelo governo brasileiro aumentou para 5%. No entanto, o biólogo Felipe P. L. Costa, da Universidade de Brasília, constatou que a área protegida do território nacional passou de 2,5% para 2,65% do território nacional, mesmo contando com a criação de dois parques estaduais em Minas Gerais. O Fundo Mundial para a Natureza (WWF) apresentou uma percentagem parecida, 2,71%. A diferença entre os dados está no fato de o Ibama considerar como unidades de conservação as áreas de uso direto, que são áreas indígenas, extrativistas (Resec) e florestas nacionais (Flonas), habitadas e exploradas por homens. Além dessas áreas, o Ibama conta com áreas de preservação ambiental (APA) e áreas de relevante interesse ecológico (Arie). "Estas áreas não podem ser consideradas unidades de conservação, pois os índios e os extrativistas vêm cortando madeira para sua subsistência", diz Felipe Costa.

UNIDADES DE CONSERVAÇÃO	ÁREA (ha)
Parque Nacional da Serra da Mocidade (RR)	350.960
Parque Nacional do Viruá (RR)	227.011
Parque Nacional de Jurubatiba (RJ)	14.860
Parque Nacional das Serras das Confusões (PI)	502.411
Reserva Biológica Fazenda União (RJ)	3.126
Parque Estadual Pico do Itambé (MG)	4.696
Parque Estadual Serra das Araras (MG)	11.137

FONTE: IBAMA E INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS DE MINAS GERAIS

AGRICULTURA

NOVO MILHO ADAPTA-SE A QUALQUER SOLO

A descoberta de uma variedade de milho que permite aumentar a colheita em solos de baixa fertilidade natural e pode ser plantado em todas as regiões do Brasil foi anunciada no fim do ano passado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). A maior surpresa com relação ao cereal é a produtividade, que pode chegar a 4 mil kg/ha (quilograma por hectare) contra 800 kg/ha em espécies comuns. Mas sua adaptação a solos pouco férteis e com baixo nível de nitrogênio é a grande vantagem para os agricultores que não dispõem de recursos para investir em adubos.

O novo milho foi batizado de "Sol da manhã" em homenagem a uma comunidade de Seropédica (RJ), onde os testes começaram a ser realizados, em 1984. O resultado positivo dos experimentos acabou gerando uma rede de ensaios envolvendo 30 mil famílias de várias regiões brasileiras.

De acordo com a Embrapa, o novo milho tem também outras vantagens: pode ser colhido antes das variedades tradicionais e, por ter grãos duros, resiste melhor às pragas do armazenamento.



FOTO: EMBRAPA

PESQUISA

SETE BRASILEIROS RECEBEM AUXÍLIO DE FUNDAÇÃO NORTE-AMERICANA

Enquanto muitos cientistas sonham com algum financiamento que lhes permita programar o desenvolvimento de suas pesquisas, raros são aqueles que conseguem ter esse desejo realizado. Que o digam os sete brasileiros, selecionados entre mais de 500 candidatos, que acabam de receber de US\$ 300 mil a US\$ 450 mil para custear por cinco anos os projetos apresentados por seus respectivos laboratórios.

O auxílio foi concedido pela *Howard Hughes Medical Institute* (HHMI), uma organização norte-americana que se dedica à pesquisa básica em ciências biomédicas, nos segmentos de biologia celular, genética, imunologia, neurociências e biologia estrutural. Além de apoiar os projetos dentro dos Estados Unidos, o HHMI criou um programa internacional para promover o desenvolvimento de estudos nessas áreas em vários países do mundo. Argentina, Chile, Venezuela e Brasil são os quatro países da América Latina que recebem o apoio do instituto.

Os sete pesquisadores do Brasil escolhidos pelo programa, em 1998, foram: Fernando Reinach, Glaucius Oliva, Jorge Kalil e Maria Rita Passos-Bueno, da Universidade de São Paulo, e Jerson Lima Silva, Lucia Mendonça-Previato e Sérgio Ferreira, da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Todos eles receberão uma visita anual do HHMI com o propósito de acompanhar o desenvolvimento dos projetos.

DEMOGRAFIA

CIDADES MÉDIAS CONTINUAM A CRESCER MAS EM RITMO MAIS LENTO

Enquanto os grandes centros urbanos (com mais de 500 mil habitantes) participaram com 48% do crescimento urbano nacional no período 1950-1970, as cidades de médio porte (com 100 mil a 500 mil habitantes) impulsionaram esse crescimento nas décadas posteriores. De 1971 a 1991, as cidades médias contribuíram com 35% do aumento populacional geral (de 58 milhões de habitantes) enquanto as metrópoles responderam por 24%. Mas dois pesquisadores do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), Thompson Almeida Andrade e Rogrigo Valente Serra, observaram agora a retomada do dinamismo das regiões metropolitanas, em ritmo superior ao da média nacional. Apesar de constatarem que as cidades médias são as que continuam crescendo mais intensamente, o ritmo vem desacelerando: nos anos 80, o aumento da população foi 82% maior que o dos grandes centros urbanos, mas, nos últimos seis anos, essa diferença foi de apenas 22%.

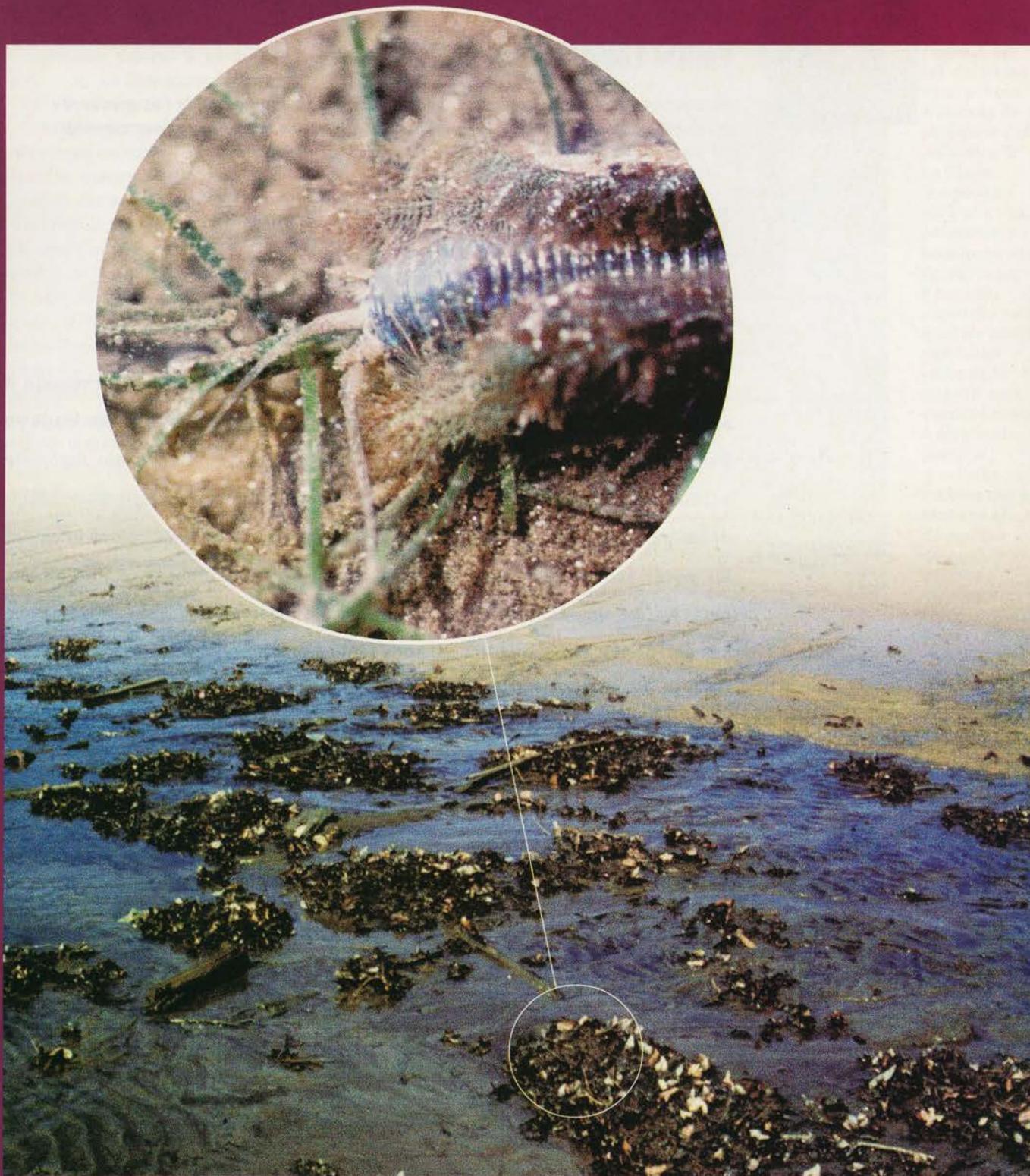


NEUROLOGIA

ÓXIDO NÍTRICO É LIGADO À EPILEPSIA

Já famoso por sua capacidade de relaxar a musculatura dos vasos sanguíneos e tema do Prêmio Nobel de Medicina de 1998, o óxido nítrico pode estar relacionado também às crises de epilepsia. Estudos realizados na Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (USP) revelaram uma perda relativa de neurônios que sintetizam o óxido nítrico em pacientes portadores de epilepsia do lobo temporal. Além disso, observou-se a reorganização dos terminais neuronais e o aumento de ramificações nas células nervosas remanescentes. O óxido nítrico é um gás presente nas células da maioria dos seres vivos. No caso do sistema nervoso, o óxido nítrico é produzido por certos neurônios e pode funcionar como mensageiro neuronal. Em excesso, no entanto, o gás é tóxico e pode destruir as células nervosas. Segundo João Pereira Leite, professor do Setor de Neurologia e coordenador da pesquisa na USP de Ribeirão Preto, "até o momento não havia comprovação de alterações da neurotransmissão por óxido nítrico em pacientes epiléticos". A maior concentração de óxido nítrico – decorrente do aumento dos terminais dos neurônios produtores desse gás – pode estar relacionada à ocorrência das crises. "Agindo como um vasodilatador, o óxido pode explicar também o aumento do fluxo sanguíneo observado em certas regiões do cérebro durante as crises epiléticas", informou Pereira Leite.





FOTOS CEDIJAS POR ANTÔNIA CECÍLIA Z. AMARAL

Pesquisa realizada nas praias do litoral norte paulista para analisar a composição e distribuição da fauna marinha que habita os primeiros 10 cm de profundidade já identificou 200 espécies diferentes, 10 delas totalmente novas. Os grupos mais abundantes de animais catalogados são os das poliquetas ou minhocas marinhas, dos moluscos e dos crustáceos. A foto no detalhe mostra uma nova espécie do gênero *Diopatra* (Annelida, Polychaeta). Na foto maior, tubos dessa poliqueta agrupados na praia. Segundo a bióloga Antônia Cecília Z. Amaral, coordenadora do projeto e chefe do departamento de Zoologia da Unicamp, o levantamento, que começou em 1995 e deve terminar em meados deste ano, permitirá uma melhor compreensão da dinâmica do ecossistema da região e servirá como subsídio para o monitoramento ambiental do litoral que está sujeito à crescente ocupação turística.



Emilio Lèbre La Rovere

Programa de Planejamento Energético, Coordenação de Programas de Pós-graduação em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro e Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas

Impasse na proteção do clima

Reduzir a emissão dos gases que provocam o efeito estufa, como é chamado o aquecimento global da atmosfera, é o objetivo da Convenção do Clima, assinada no Rio de Janeiro, em 1992, durante a Conferência Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Mas as metas previstas no documento ainda enfrentam dificuldades para serem efetivadas, e isso ficou claro na quarta conferência dos integrantes desse acordo, realizada em Buenos Aires (Argentina), em novembro último, pelas Nações Unidas. A evolução das negociações em torno da convenção revela que seu potencial é ambíguo: o acordo pode tanto promover o desenvolvimento sustentável em escala planetária quanto reforçar a dominação do Norte sobre o Sul.

Os países mais desenvolvidos relutam em admitir sua responsabilidade histórica pelo aumento da temperatura da atmosfera e em aceitar o custo que lhes cabe na luta contra esse fenômeno. Essa atitude continua a ser o maior obstáculo à concretização do acordo internacional que pretende combater o efeito estufa, evitando seus prováveis efeitos, como a elevação do nível dos mares, inundando áreas costeiras, e drásticas mudanças no clima, com aumento na frequência de tempestades e furacões.

O documento básico da Convenção das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas – conhecida como Convenção do Clima – foi um dos principais resultados da Rio-92, mas tratava a questão apenas em linhas gerais. Esse documento foi assinado e depois

ratificado pelos parlamentos de 176 países. A implementação de seus objetivos, porém, só se tornará realidade quando forem definidas as responsabilidades e os deveres de cada parte.

A assinatura do documento foi uma decisão política tomada em um contexto de grandes incertezas científicas. Na época da Rio-92 não havia certeza de que atividades humanas interferissem no clima de forma perigosa. Só em 1995 o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), que fornece assessoria científica à Convenção, confirmou isso, ainda que em termos cuidadosos: “A temperatura média da superfície do globo aumentou de 0,3°C a 0,6°C desde o final do século 19, sendo improvável que a origem de tal mudança seja inteiramente natural. O

conjunto das evidências (...) sugere uma visível influência humana sobre o clima global.”

A Convenção, portanto, pode ser vista como uma aplicação em escala planetária do ‘princípio da precaução’, para evitar o risco dos enormes impactos ambientais que o aquecimento global poderia causar: alterações no regime de chuvas, elevação do nível médio do mar e aumento da frequência e intensidade de tempestades, furacões, enchentes e outros fenômenos climáticos (como o El Niño).

O acordo pretende minimizar os custos econômicos e sociais decorrentes de prováveis perdas agrícolas e danos às áreas costeiras. O aumento, desde 1750, das concentrações na atmosfera dos chamados gases de efeito estufa (ou gases-estufa), também provo-

ca um aquecimento adicional da superfície da Terra. A contribuição isolada do dióxido de carbono (CO₂) chega a 60% desse aquecimento. Assim, o objetivo último da Convenção, expresso em seu artigo segundo, é a “estabilização das concentrações na atmosfera de gases de efeito estufa de modo a impedir interferência antropogênica perigosa no sistema climático (...), para permitir que os ecossistemas se adaptem naturalmente à mudança do clima, assegurar que a produção de alimentos não seja ameaçada e viabilizar um desenvolvimento econômico sustentável”.

Para reduzir o acúmulo dos gases-estufa na atmosfera é preciso limitar suas emissões anuais, que vêm aumentando significativamente desde o início da Revolução Industrial. No caso do CO₂, as emissões globais alcançam hoje em torno de 7 bilhões de toneladas de carbono por ano, das quais cerca de 6 bilhões decorrem da queima de combustíveis fósseis (carvão mineral, petróleo e gás natural). O restante pode ser atribuído a mudanças no uso do solo, incluindo o desmatamento.

Mesmo considerando que mecanismos naturais dos ecossistemas removem da atmosfera perto da metade das emissões, a concentração de CO₂ aumentou de 280 para quase 360 ppmv (partes por milhão, em volume) entre 1750 e 1992, indicando uma interferência humana significativa no sistema climático.

Um dos aspectos essenciais da Convenção é o reconhecimento do princípio da responsabilidade comum mas diferenciada de suas partes. Os países industrializados, responsáveis pela maior parte das emissões de gases-estufa desde a Revolução Industrial, devem assumir a liderança dos esforços para sua limitação. Já os países em desenvol-

vimento também precisam controlar o aumento esperado de suas emissões, que ocorrerá com a expansão de suas economias.

De acordo com essa diferenciação, um grupo de 38 países – basicamente os integrantes da OCDE e as chamadas economias em transição – foi responsável por cerca de 75% das emissões globais de CO₂ em 1990 (ver tabela). Os dados mostram que somente os Estados Unidos respondem por mais de um terço das emissões desse grupo, e por cerca de 27% das emissões globais de CO₂ em 1990 (incluindo as dos demais 138 países integrantes da Convenção). Além disso, esses 38 países também respondem pela maior parte das emissões de CO₂ anteriores a 1990, pois foram os primeiros a adotar as novas formas de produção trazidas pela Revolução Industrial.

Deve-se levar em conta que a responsabilidade dos 138 países mais pobres nas emissões de gases-estufa, em suas concentrações atmosféricas e no aumento da temperatura pode ser maior que a calculada apenas para o

CO₂. Emissões de metano em plantações de arroz e na criação de gado, por exemplo, podem ser maiores nos países em desenvolvimento. Estimativas apontam que, entre esses países, os que mais emitem gases-estufa são China, Índia, México, Casaquistão, Venezuela e Brasil (em alguns casos por causa da queima de carvão ou combustíveis fósseis, em outros em função do desmatamento). Nenhum deles entregou à Convenção suas avaliações oficiais de emissões. É preciso considerar ainda que a contribuição desses países aumentará no futuro em função das exigências de seu desenvolvimento. Ainda assim, a maior parcela de responsabilidade no efeito estufa cabe aos países ricos.

Na Rio-92, a discussão do primeiro passo para concretizar o acordo concentrou-se na proposta, apoiada pela maioria dos países europeus, de estabilização – no ano 2000 – das emissões de gases-estufa dos países do grupo dos 38 nos mesmos níveis registrados em 1990. Mas a proposta ▶



O Protocolo de Kioto só entrará em vigor após ser assinado (pelos governos) e ratificado (pelos parlamentos) de 55 partes da Convenção, desde que esses países sejam responsáveis por no mínimo 55% do total das emissões de CO₂ dos países do grupo dos 38 em 1990

A questão-chave para romper o impasse atual é a disposição real dos países industrializados de aceitar sua responsabilidade histórica pelo aumento da temperatura global



não foi aprovada por conta da forte oposição de diversos grupos de países (as nações árabes, os maiores produtores de petróleo e países do sul da Europa) e especialmente dos Estados Unidos, que até a última rodada de negociações ameaçou não assinar a Convenção.

O texto aprovado na Rio-92 diz que essa estabilização é um objetivo desejável a ser perseguido, sem configurar um compromisso formal. Hoje, porém, já ficou evidente que isso não será possível, pois a grande maioria dos países do grupo dos 38 continua aumentando suas emissões de gases-estufa acima dos níveis de 1990 (11% em média). Reino Unido e Alemanha são as únicas exceções, graças à coincidência do fechamento de suas minas de carvão nesta década, decidida por motivos independentes da Convenção.

O tema só voltou à discussão em março-abril de 1995, em Berlim (Alemanha), na primeira conferência das partes da Convenção do Clima, que marcou sua entrada oficial em vigor, após ser ratificada por um número mínimo de parlamentos nacio-

nais. Como mais uma vez não se chegou a um consenso, foi criado um grupo especial com o mandato de prosseguir as negociações. A idéia geral era seguir o caminho adotado pelo Protocolo de Montreal, que teve êxito no banimento do uso dos CFCs (cloro-flúor-carbonos), gases nocivos à camada de ozônio: suas metas foram alcançadas até antes dos prazos, primeiro pelos países industrializados e, mais tarde, também pelos países em desenvolvimento, após um período de carência.

A luta contra o aumento do efeito estufa é muito mais complexa que a proteção da camada de ozônio. Os CFCs eram usados em poucas aplicações industriais e em alguns eletrodomésticos (geladeiras, condicionadores de ar), e sua substituição não foi complicada. Reduzir emissões de gases-estufa é muito mais difícil porque a queima de combustíveis fósseis, sua causa principal, ocorre em quase toda atividade humana. Não há substitutos baratos e disponíveis em larga escala, embora as energias renováveis (solar, eólica, hidrelétrica e de biomassa) e as tecnologias de

conservação de energia sejam cada vez mais promissoras a médio e longo prazos.

Um passo importante rumo à proteção efetiva do clima foi dado em dezembro de 1997, na terceira conferência das partes, em Kioto (Japão). O chamado Protocolo de Kioto, aprovado após intensas negociações, estabelece que, até 2008 ou no máximo 2012, as emissões de gases-estufa dos países do grupo dos 38 terão que apresentar, em seu conjunto, uma redução de 5,2% em relação aos níveis de 1990.

Essa meta inclui seis gases, que terão suas emissões somadas de acordo com o potencial de aquecimento global de cada um (segundo coeficientes de equivalência estabelecidos pelo IPCC): dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), hidrofluorcarbonos (HFCs), perfluorcarbonos (PFCs) e hexafluoreto de enxofre (SF_6). Também foi assegurado que eventuais aumentos na absorção de carbono (em reflorestamentos, por exemplo) serão incluídos nos cálculos.

O princípio da diferenciação foi aceito, levando a metas específicas de redução das emissões. O compromisso de redução em relação às emissões de 1990 ficou em 6% para Canadá e Japão, 7% para os Estados Unidos e 8% para a União Européia (na média, com limites distintos para cada país). A situação especial dos países em transição foi reconhecida: poderão mudar a escolha do ano-base (evitando-se 1990 se nesse ano as emissões tiveram reduções atípicas em função de crises internas) e alguns ganharam metas menos rigorosas (6% de redução para Hungria e Polônia, 5% para a Croácia e nenhuma redução para Rússia e Ucrânia).

O Protocolo de Kioto criou outros mecanismos de flexibilização, ao permitir que países do grupo dos 38 negociem entre si

'certificados de redução de emissões' para facilitar o alcance das metas (países com dificuldades para cumprir suas metas poderão adquirir certificados de países que superarem as reduções exigidas) e ao reconhecer que tais países podem ganhar 'créditos' pelas emissões evitadas em projetos que financiarem nos demais 138 países, com o consentimento destes (seria uma espécie de contribuição financeira a um 'desenvolvimento limpo').

Tais mecanismos geraram intensa polêmica, em particular a permissão de que os países ricos efetuem seu esforço de redução de emissões em outros países. Na verdade, o Protocolo de Kioto só entrará em vigor após ser assinado (pelos governos) e ratificado (pelos parlamentos) de 55 partes da Convenção, desde que esses países sejam responsáveis por, no mínimo, 55% do total das emissões de CO₂ dos países do grupo dos 38 em 1990. Assim, a adesão de Estados Unidos e Rússia é fundamental.

A mais recente rodada de negociações, realizada de 2 a 13 de novembro último em Buenos Aires (Argentina), também não terminou em consenso. Essa quarta conferência visava regulamentar os mecanismos de flexibilização permitidos para que os países desenvolvidos atinjam as metas de redução de suas emissões de gases-estufa previstas na conferência de Kioto, há um ano. O principal resultado alcançado em Buenos Aires foi o estabelecimento de um programa de trabalho para que, no prazo limite de dois anos, seja concluída a regulamentação desses mecanismos.

No entanto, o Senado dos Estados Unidos já anunciou que só ratificará qualquer meta de redução das emissões daquele país se isso não causar queda do Produto Interno Bruto e mais desemprego, além de exigir que ao mesmo tempo os países em desen-

PAÍS	EMISSIONES (mil t)	%
Estados Unidos	4.957.022	36,11
Federação Russa	2.388.720	17,40
Japão	1.173.360	8,55
Alemanha	1.012.443	7,37
Reino Unido	584.078	4,25
Canadá	457.441	3,33
Itália	428.941	3,12
Polônia	414.930	3,02
França	366.536	2,67
Austrália	288.965	2,10
Espanha	260.654	1,90
Romênia	171.103	1,24
República Checa	169.514	1,23
Holanda	167.600	1,22
Bélgica	113.405	0,82
Bulgária	82.990	0,60
Grécia	82.100	0,59
Hungria	71.673	0,52
Suécia	61.256	0,44
Áustria	59.200	0,43
Eslováquia	58.278	0,42
Finlândia	53.900	0,39
Dinamarca	52.100	0,38
Suíça	43.600	0,32
Portugal	42.148	0,31
Estônia	37.797	0,27
Noruega	35.533	0,26
Irlanda	30.719	0,22
Nova Zelândia	25.530	0,18
Letônia	22.976	0,16
Luxemburgo	11.343	0,08
Islândia	2.172	0,01
Liechtenstein	208	0,001
Mônaco	71	0,0005
TOTAL	13.728.306	100

FORNTE: ONU, 1998

volvimento também concordem em limitar suas emissões. Em suma, a questão-chave para romper o impasse atual, adotando as primeiras medidas concretas de proteção ao clima, é a disposição real dos países industrializados de aceitar sua responsabilidade histórica pelo aumento da tem-

peratura global e o ônus de serem os primeiros a reduzir suas emissões de gases-estufa. No futuro, em complemento, os países em desenvolvimento também darão sua contribuição, limitando o crescimento de suas emissões para que os objetivos da Convenção do Clima sejam atingidos. ■

Emissões de CO₂ em 1990 em 34 países do grupo dos mais desenvolvidos (segundo dados fornecidos à Convenção do Clima até dezembro de 1997) e participação de cada um no total das emissões desse grupo

O desaparecimento de pequenos rios brasileiros

Qual o real papel do desmatamento na extinção de pequenos rios e córregos em todo o país? Pesquisas realizadas no sul do Espírito Santo e na Floresta da Tijuca, no Rio de Janeiro, revelam que o fenômeno tem causas complexas e pode ter drásticas consequências. Por **Antonio Paulo Faria e Jorge Soares Marques,**

do Laboratório de Geomorfologia Fluvial, Costeira e Submarina, do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Figura 1. O desaparecimento de pequenos córregos ocorre em todo o país, em áreas onde há desmatamento e o solo fica exposto à erosão, que carrega grande volume de sedimentos para o fundo dos vales



FOTOS: CEDIDAS PELOS AUTORES

Em abril de 1988, uma reportagem do *Jornal do Brasil*, com o título 'Córregos secos ameaçam rios no Espírito Santo', revelava que, de um universo de 150 córregos antes existentes no norte daquele estado, 100 já tinham desaparecido e muitos outros não chegavam a desaguar no mar. A reportagem não apontava as causas reais do problema, mas associava a extinção dos cursos d'água à retirada da Mata Atlântica e ao plantio de florestas de eucalipto para a indústria de celulose.

Na mesma época, por coincidência, era iniciado um projeto de pesquisa geológica em pequenas bacias de drenagem, que entre outros objetivos pretendia explicar como e por que essa extinção ocorre. Hoje, após dez anos de estudos, verifica-se que o problema é muito mais grave do que se pensa, tem causas diversas e não se limita ao local citado na repor-

tagem. Na verdade, é constatado em todas as regiões do país, em pequenas bacias de drenagem onde há desmatamento indiscriminado e uso de sistemas de cultivo inadequados (figura 1).

As pesquisas foram realizadas em nove bacias fluviais de primeira ordem (com apenas um canal fluvial) do município de Itapemirim, no sul do Espírito Santo, e do Parque Nacional da Floresta da Tijuca, na cidade do Rio de Janeiro. Em Itapemirim, essas bacias recebem em média 1.200 mm de chuva por ano, têm relevo dominado por colinas e tabuleiros com altitude de até 125 m e solos do tipo latossolo, usados principalmente para o plantio de cana-de-açúcar, abacaxi, pasto, eucalipto e mandioca. Já as bacias da floresta da Tijuca, situadas em área montanhosa florestada, têm altitude de até 1.022 m e recebem em média 2.300 mm de chuva por ano.

As mais frágeis bacias

Bacias hidrográficas são redes de canais fluviais que drenam a água despejada pelas chuvas em uma área cercada por topografias mais elevadas. A água da chuva infiltra-se no solo e alimenta os aquíferos, reservatórios compostos por solos e rochas porosas e rochas com fendas. A água armazenada forma o lençol freático, que desce das áreas mais altas para as mais baixas, movido pela gravidade, e aflora no fundo dos vales, em nascentes que alimentam os canais fluviais.

Os canais têm diferentes tamanhos e unem-se, em confluências sucessivas, até formar um rio principal, que coleta a água de toda a bacia. O modelo de classificação mais usado, do geólogo norte-americano Arthur Strahler, chama de canais de primeira ordem os originados de nascentes e define que canais de ordem superior se formam no encontro de dois canais de mesma ordem. Cerca de metade da área das grandes bacias é formada por bacias de primeira ordem, nas quais os canais têm as menores vazões e são os mais frágeis em termos ambientais.

Os efeitos do desmatamento

Sabe-se que, nas encostas, o desmatamento faz baixar o nível médio do lençol freático, mas nas baixadas, onde o declive é suave, tende a ocorrer o oposto. Nessas áreas, como os fluxos de água dentro do solo são mais lentos, o desmatamento eleva o nível médio do lençol. Os mecanismos que geram as mudanças no nível do lençol freático após o desmatamento também são bastante conhecidos (figura 2).

O solo é composto por fragmentos rochosos, grãos de areia (2 a 0,062 mm), silte (0,062 a 0,004 mm) e argila (ainda menores), e matéria orgânica, contendo ainda poros ocupados por água e ar. Os macroporos (diâmetro acima de 0,2 mm), gerados por atividades biológicas e pela agregação de partículas minerais, facilitam a infiltração de água. Os poros menores (microporos), formados por espaços entre as partículas, tendem a reter a água, por causa da força de adesão (capilaridade).

O solo é dividido em camadas, chamadas de horizontes A, B e C. O horizonte A, junto à superfície, tem em média 30 cm de espessura e é o mais poroso: os poros podem ocupar cerca de metade do volume total da camada. Nos horizontes B e C há menor atividade biológica, maior concentração de argilas e escassez de agregados, o que reduz o volume de macroporos e também a velocidade de infiltração da água.



Quando há desmatamento, a superfície do solo fica exposta e os agregados de partículas são destruídos pelas gotas de chuva, de até 5 mm de diâmetro. Espalhadas pelo impacto das gotas (erosão por salpicamento), as areias, siltes e aglomerados de argila tampam os macroporos (selagem) e reduzem a porosidade do solo. Com o tempo e as chuvas, as partículas de silte e argila criam na superfície uma camada de poucos milímetros que endurece ao secar (crosta). A selagem e a crosta reduzem muito a permeabilidade na superfície, sem falar no pisoteio (humano e de animais) e na compactação causada por veículos e máquinas agrícolas. Com isso, o escoamento superficial pode chegar a 50% do total de precipitação em um ano.

A impermeabilização do solo também provoca enxurradas nas encostas, em chuvas intensas. Tais torrentes elevam rapidamente a vazão dos rios e podem causar inundações repentinas. Em uma área com pluviosidade anual de 1.500 mm, o volume de água que deixa de se infiltrar pode atingir 7,5 milhões de litros em cada hectare (10 mil m²) de encosta desmatada. Isso reduz o abastecimento dos rios pelas nascentes e afeta também a vegetação, porque o solo fica menos úmido (figura 3).

Figura 2. Em bacias de primeira ordem a cobertura de floresta minimiza a erosão e mantém o nível do lençol freático, mas a retirada dessa cobertura faz baixar o nível do lençol e a erosão entulha o fundo do vale, levando à extinção do córrego

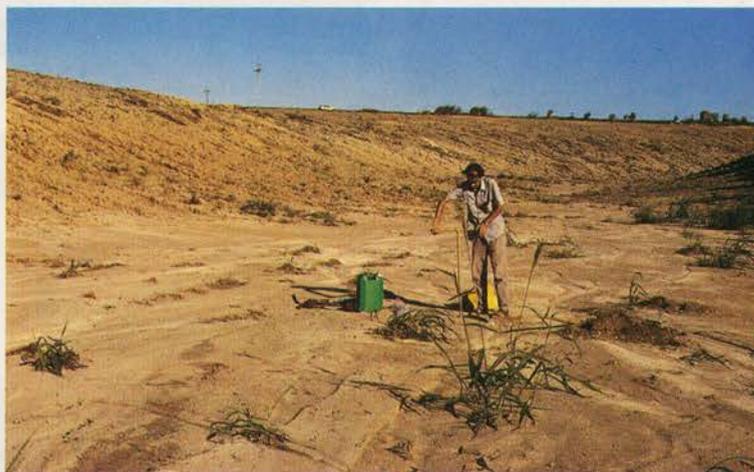


Figura 3. Em algumas pequenas bacias de Itapemirim (ES) soterradas por sedimentos removidos das encostas pela erosão, como a da foto, o leito original do córrego extinto está hoje a mais de 2 m de profundidade

Figura 4. Densidade aparente do solo e taxa de infiltração de água em áreas com diferentes tipos de uso no município de Itapemirim (ES)

Formas de uso do solo	Densidade Superfície	(g/cm ³) -30 cm	Infiltração Superfície	(mm/min) -30 cm
Com mata fechada primária	0,98	1,15	310	200
Com mata secundária	1,09	1,18	204	180
Após a colheita de cana	1,29	1,45	26	10
Plantada com abacaxi	1,29	1,48	24	8
Com cafezal	1,28	1,46	12	8
Solo exposto abandonado	1,31	1,51	10	1
Com pasto degradado	1,37	1,41	4	2
Encosta com trilhas de gado	1,50	1,51	1	1

Figura 5. A comparação da vazão de alguns rios da floresta da Tijuca e de Itapemirim mostra como o uso do solo afeta os cursos d'água

Bacias	Uso do solo	Área m ²	Vazão (l/s)	Vazão m ³ /ano
1 Floresta da Tijuca	Cobertura florestal	140.000	2,70	67.100
2 Floresta da Tijuca	Cobertura florestal	60.000	1,60	39.900
3 Floresta da Tijuca	Cobertura florestal	110.000	3,50	100.152
4 Itapemirim	Café e pasto degradado	320.000	0,08	2.617
5 Itapemirim	Cana e abacaxi	70.000	0,14	4.467

Nas bacias de Itapemirim foram medidas, em solos do mesmo tipo (latossolo) mas diferentes usos, a densidade aparente e a taxa de infiltração de água. A primeira indica o grau de compactação do solo: quanto maior a densidade, menor o volume de poros. A taxa de infiltração, medida com o método do cilindro infiltrômetro, mostra a velocidade com que a água entra no solo (figura 4).

Os dados obtidos revelam que o escoamento superficial reduz muito a infiltração em encostas cobertas por certas culturas, em especial se as chuvas são intensas. A aração só beneficia os primeiros 30 cm: abaixo disso o peso das máquinas agrícolas compacta demais o solo. Solos com floresta, ao contrário, absorvem a maior parte da água que atravessa a copa das árvores, por serem mais porosos: a infiltração alcança cerca de 74% do volume anual de chuvas, como na floresta da Tijuca. A vazão dos canais fluviais também é afetada pela impermeabilização da superfície (figura 5).

Nascentes que migram

A grande maioria dos canais de primeira ordem tem origem em nascentes que mudam de posição ao longo do ano (figura 6). Em algumas bacias de Itapemirim as nascentes podem migrar até 3 km, atingindo até canais de or-

dem superior, como na seca ocorrida em 1990.

Nos períodos úmidos, as chuvas elevam o lençol freático, e o oposto ocorre nos períodos de seca. As nascentes acompanham essa oscilação: 'migram' para áreas mais baixas na estiagem e 'retornam' na época úmida, originando os rios intermitentes. Na floresta da Tijuca, área montanhosa e de alta pluviosidade, as nascentes podem deslocar-se até 300 m. Vale lembrar que no semi-árido nordestino há nascentes que migram dezenas de quilômetros, em função das prolongadas secas.

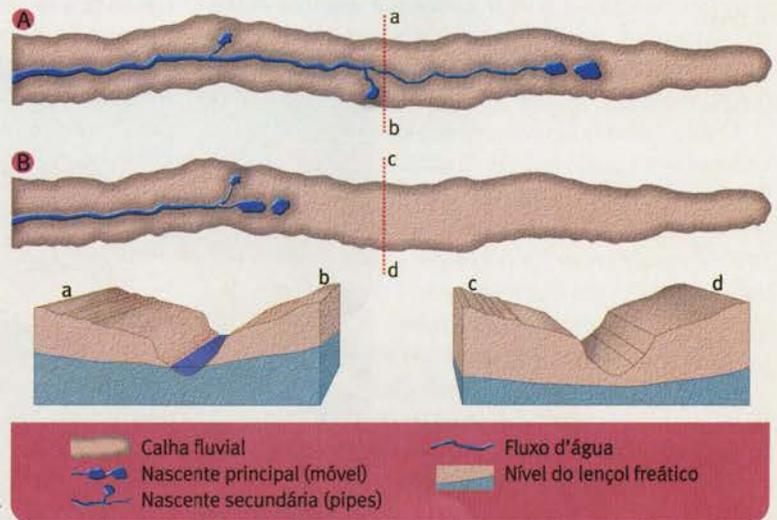
Medições na floresta da Tijuca mostraram que a vazão dos canais de primeira ordem cresce à medida que se afastam da nascente, acumulando a água drenada do lençol freático ao longo da calha do córrego. A vazão muito fraca

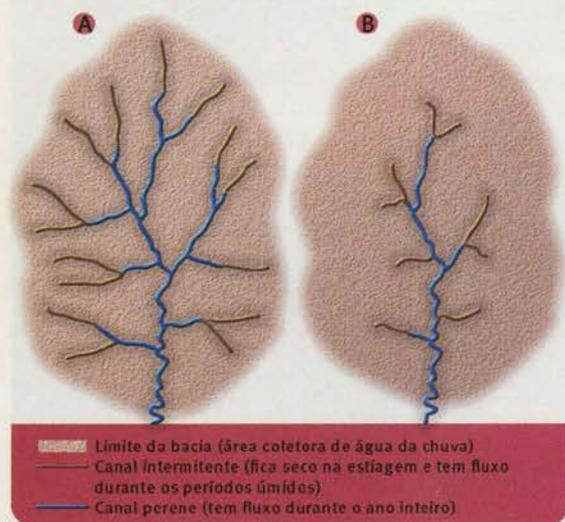
junto às nascentes não remove os sedimentos depositados nos canais pela erosão das encostas, o que pode levar à sua extinção. Algumas pessoas acreditam que os canais sumiram porque as chuvas teriam diminuído neste século, mas dados históricos da precipitação nas duas áreas estudadas revelam anos e décadas mais secos ou mais úmidos, mas em média a quantidade atual de chuvas não difere muito da do início do século.

Erosão e entulhamento dos rios

Durante as tempestades, a impermeabilização do solo em áreas sem vegetação ou com vegetação esparsa gera fluxos d'água nas encostas. Dependendo

Figura 6. Nos períodos úmidos o nível do lençol freático sobe e a nascente principal situa-se em um ponto alto da calha, mas nas épocas secas essa nascente acompanha o lençol, migrando dentro da calha para áreas mais baixas





do volume e da intensidade da chuva, tais fluxos causam erosão e transportam grande volume de sedimentos. Podem até formar ravinas, que acentuam a erosão, já que os fluxos são mais rápidos quando se concentram.

Em uma pequena bacia de Itapemirim, as chuvas ocorridas após a colheita do abacaxi totalizaram 137 mm em uma semana, levando a uma surpreendente taxa de erosão: 1.625 t de sedimentos em um hectare. Para todas as bacias, a taxa média anual foi estimada em 26 t/ha, o que equivale à perda de cerca de 2 mm de solo por ano, quando em média uma nova camada de 5 mm é formada por ano. Essa taxa média anual significa que, em uma bacia de 30 ha, a erosão mobiliza cerca de 780 t/ano. Parte desse material deposita-se na calha do rio.

A capacidade de transporte de sedimentos foi medida em canais da floresta da Tijuca com vazões de 0,2 a 90 l/s (litros por segundo). Fluxos com vazões em torno de 0,7 l/s carregam apenas 35 g/dia. Já vazões médias em torno de 3 l/s transportam até 1.300 g/dia – totalizando menos de 500 kg/ano. Fluxos torrenciais formados em tempestades (50 a 90 l/s nos canais de primeira ordem de bacias florestadas) carregam até 400 kg de sedimentos, mas isso só ocorre três vezes ao ano, em

média. Assim, o total de sedimentos transportado fica em torno de 2 mil kg/ano.

Nas bacias desmatadas, porém, em um ano a entrada de sedimentos nos canais pode superar centenas de toneladas. Estima-se que só sejam removidos de 1% a 20% do total: o resto entulha as calhas dos pequenos canais. Isso eleva o nível topográfico do fundo dos vales e reduz o do lençol freático, extinguindo os canais (figura 7).

Isso desmistifica a folclórica afirmação de que as florestas artificiais de eucalipto sugam a água do solo e secam os córregos. O problema está na forma de plantio, tanto do eucalipto quanto da cana-de-açúcar e outras culturas. O eucalipto leva muitos anos para crescer, expondo o solo à erosão durante esse tempo. No caso da cana-de-açúcar, plantada anualmente, o solo fica exposto por cerca de dois meses. Depois a planta protege o solo, mas só há cobertura total, impedindo a erosão, vários meses após o plantio. Logo após a lavoura é cortada e o solo volta a ficar exposto (figura 8).



Figura 8. Encostas de uma microbacia em Itapemirim, com o solo preparado para o plantio de mudas de cana-de-açúcar e exposto à erosão (acima) e já com as plantas em crescimento, o que reduz a erosão

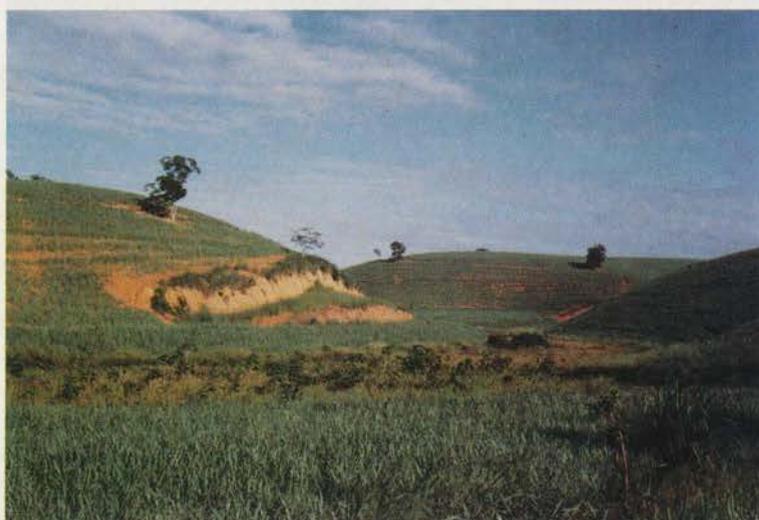


Figura 9. A área do Parque Nacional da Floresta da Tijuca foi reflorestada no século passado com 90 mil árvores, para substituir os cafezais que estavam afetando o abastecimento de água da cidade do Rio de Janeiro



Córregos extintos na floresta da Tijuca

No século passado, a maioria dos canais fluviais de primeira ordem desapareceu da área da atual floresta da Tijuca. Segundo o geógrafo Maurício Abreu, da UFRJ, a partir de 1800 algumas famílias europeias e brasileiras instalaram fazendas de café em locais mais altos do maciço da Tijuca, de clima mais ameno. Os cafezais intensificaram a erosão nas encostas, o que afetou o abastecimento de água para a cidade e levou o governo da época a desapropriar a área e a reflorestá-la. Entre 1862 e 1875 foram plantadas 90 mil árvores, e depois a área foi transformada em local de preservação.

A erosão é muito alta em solos cobertos por cafezais. No maciço da Tijuca, deve ter sido ainda mais intensa, por causa do declive acentuado e do alto índice de chuvas (figura 9). O estudo das camadas de solo sob os atuais córregos revela que a maioria dos canais de primeira ordem, alguns com 400 m, foi soterrada por sedimentos. Em alguns pontos, o antigo horizonte A está hoje sob 130 a 150 cm de sedimentos (figura 10). A mesma camada também cobriu os córregos, hoje parcialmente recuperados.

O reflorestamento devolveu ao solo a porosidade necessária para a absorção da água das chuvas, evitando a formação de fluxos nas encostas. Com isso, o volume d'água nas nascentes cresceu, regularizando a vazão dos canais e permitindo a remoção – em 125 anos – de cerca de 50% dos sedimentos acumulados.

Figura 10. A faixa escura vista no perfil do solo escavado abaixo de um córrego atual da floresta da Tijuca mostra a camada (150 cm) de sedimentos que soterrou a antiga calha na época em que a área era coberta por cafezais



Soterramento leva a enchentes

As alterações nos fluxos de água no solo decorrentes do desmatamento geram problemas antagônicos: primeiro a redução da vazão regular dos rios e depois as enchentes. A vazão cai por causa da impermeabilização dos solos e afeta, nas épocas de seca, desde o abastecimento urbano de água até a navegabilidade de alguns rios. O solo impermeabilizado também causa, durante as tempestades,

enxurradas nas encostas, aumentando o volume dos rios, que transbordam e produzem as enchentes.

A extinção dos córregos também favorece enchentes. Os canais menores, que drenam lentamente a água presente no solo, podem desaparecer em poucos anos, mas o volume de chuva continua o mesmo. Sem os canais, e com a redução da porosidade dos solos, a água das chuvas chega mais rápido ao fundo dos vales, principalmente em encostas urbanizadas. Além disso, os rios principais passam a receber maior carga de sedimentos (além de lixo), que se depositam em sua calha e reduzem o espaço para o fluxo de água. Com isso, esses rios transbordam com mais facilidade nas chuvas, alagando áreas cada vez maiores (figura 11).

As razões do desaparecimento

O aumento do escoamento superficial nas encostas e o entulhamento dos vales, portanto, são as causas da extinção dos pequenos canais. O soterramento faz as nascentes migrarem lentamente na direção da confluência, até o córrego desaparecer por com-



Figura 11. Inundação, em janeiro de 1997, em Campos (RJ): a cada ano são atingidas áreas cada vez mais distantes do leito do rio Paraíba do Sul, assoreado pelos desmatamentos nas pequenas bacias que o abastecem

pleto. Em Itapemirim, sondagens dos sedimentos acumulados localizaram o leito de muitos antigos canais a mais de 2 m abaixo do nível atual do fundo dos vales. O desaparecimento desses canais não é um problema isolado, ocorrendo em cadeia. Em Itapemirim foram observados canais com encurtamento de até 500 m, mas se for somado o comprimento de todos os outros canais encurtados em uma mesma bacia o total desaparecido pode chegar a muitos quilômetros. ■



A SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA foi fundada em São Paulo, em 1948. É uma entidade civil sem fins lucrativos

nem cor política e religiosa, voltada para a promoção do desenvolvimento científico e tecnológico no país. Desde sua fundação organiza e promove reuniões anuais, com a participação de cerca de 70 sociedades e associações científicas das diversas áreas do conhecimento, onde professores e estudantes discutem seus programas de pesquisa. Temas e problemas nacionais e regionais são debatidos com participação franqueada ao público em geral. Através de suas secretarias regionais, promove simpósios, encontros e iniciativas de difusão científica ao longo de todo o ano. Mantém ainda quatro projetos nacionais de publicação: a revista *Ciência e Cultura* (1948-) e a revista *Ciência Hoje* (1982-), que se destinam a públicos diferenciados, o *Jornal da Ciência* (1986-) e a revista *Ciência Hoje das Crianças* (1986-). Podem associar-se à SBPC cientistas e não-cientistas que manifestem interesse pela ciência; basta ser apresentado por um sócio ou por um secretário regional e preencher o formulário apropriado. A filiação efetiva-se após a aprovação da diretoria, e dá direito a receber o *Jornal da Ciência* e a obter um preço especial para as assinaturas das revistas.

SEDE NACIONAL: Rua Maria Antônia, 294, 4º andar, CEP 01222-010, São Paulo, SP, tel.: (011) 259-2766, fax: (011) 606-1002.

REGIONAIS: **Acre** (Reginaldo F. Castela). Caixa Postal 491. CEP 69908-970, Rio Branco/AC. Tel.: (068)229-2244 r. 127. aspf96@mdnet.com.br – **Amazonas** (Vandick da Silva Batista). Rua Nelson Batista Sales, 54, Conj. Petro Coroado III. CEP 69083-120, Manaus/AM. Tel.: (092)644-2802. sbpc@fua.br / vandick@cr-am.rnp.br – **Bahia** (Caio Mário Castro de Castilho). Rua Cristiano Otoni, 26/801. CEP 40210-155, Salvador/BA. Tel.: (071)247-2033. caio@ufba.br – **Ceará** (Tarcísio Haroldo Pequeno). Bloco 910, Campus do PICI, Depto. de Computação. CEP 60455-760, Fortaleza/CE. Tel.: (085)219-3190 e (085)983-4419 – **Distrito Federal** (Danilo Nolasco Cortes Marinho). UnB, Colina, Bloco J/ap. 303, Campus Universitário. CEP 70910-900, Brasília/DF. Tel.: (061)348-2389. nolasco@unb.br – **Espírito Santo** (Luiz Carlos Schenber). Av. N. Sra. da Penha, 2.432/605 NG. CEP 29040-402, Vitória/ES. Tel.: (027)335-7332. schenber@tropical.com.br – **Goias** (Marco Antonio Sperb Leite). Av. Samambaia, 1/casa 1, Chácara Samambaia. CEP 74691-300, Goiânia/GO. Tel.: (062)202-1035. masl@fis.ufg.br – **Maranhão** (Maria Marlúcia Ferreira Correia). Conj. Santos Dumont, Quadra G, casa 12. CEP 65045-650. Tel.: (098)217-8183 – **Mato Grosso** (Miramy Macedo). R. Antonio Maria, 444, Centro. CEP 78020-820, Cuiabá/MT. Tel.: (065)315-8268. miramy@nutecnet.com.br – **Mato Grosso do Sul** (Odílcar Costa Rondon). CCET - Caixa Postal 549. CEP 79070-900, Campo Grande/MS. Tel.: (067)787-2124 – **Minas Gerais** (Janetti Nogueira de Francischi). R. Palermo, 247, Bandeirantes. CEP 31340-560, Belo Horizonte/MG. Tel.: (031)499-2695. janetti@mono.icb.ufmg.br – **Paraíba** (Elizabeth Cristina de Araújo). R. Nilda de Queiroz Neves, 130, Bela Vista. CEP 58108-670, Campina Grande/PB. Tel.: (083)341.2553. mario@dee.ufpb.br – **Paraná** (Euclides Fontoura da Silva Junior). Caixa Postal 19071. CEP 81531-990, Curitiba/PR. Tel.: (041)366-3144 r. 232. efontour@grupoa.bio.ufpr.br – **Rio de Janeiro** (Aduino José Gonçalves de Araújo). R. Leopoldo Bulhões, 1.480, 3º andar, Mangueinhos. CEP 21041-210, Rio de Janeiro/RJ. Tel.: (021)590-3789 r. 2087. adauto@ensp.fiocruz.br – **Rio Grande do Norte** (Lúcio Flávio de Souza Moreira). Caixa Postal 1511. CEP 59078-970, Natal/RN. Tel.: (084) 215-3409. Imoreira@cb.ufrn.br – **Rio Grande do Sul** (Carlos Alexandre Neto). UFRGS - Bioquímica, Campus Universitário. CEP 90046-900, Porto Alegre/RS. Tel.: (051)316-5577. alexneto@vortex.ufrgs.br – **Rondônia** (Célio José Borges). R. Pe. Agostinho, casa 13, Quadra 20, Conj. Santo Antônio. Caixa Postal 460. CEP 78904-420, Porto Velho/RO. Tel.: (069)216-8558 – **Santa Catarina** (Miguel Pedro Guerra). R. Rui Barbosa, 86, ap. 601, fundos. CEP 88015-300, Florianópolis/SC. Tel.: (048)331-9588. sbpcsc@cfh.ufsc.br – **São Paulo (subárea 1)** (Marília Cardoso Smith). R. Baltazar da Veiga, 501, ap. 12. CEP 04510-001, São Paulo/SP. Tel.: (011)576-4260. macsmith.mor@epm.br – **(subárea 2)** (Dértia Villalba Freire-Maia). R. Vitória Régia, 180, V. dos Médicos. CEP 18607-070, Botucatu/SP. Tel.: (014)822-0461. dertia@laser.com.br – **(subárea 3)** (Maria Ines Tiraboschi Ferro). Av. José Adriano A. Martins, 210. CEP 14870-000, Jaboaticabal/SP. Tel.: (016)323-2500. mitferro@fcav.unesp.br – **Sergipe** (Antônio Ponciano Bezerra). Av. Francisco Moreira, 650/103, Ed. Port Spain. CEP 49020-120, Aracaju/SE. Tel.: (079)241-2848.

SECCIONAIS: **Maringá** (Paulo César de Freitas Mathias). Dept. de Biologia e Genética, Av. Colombo, 3.690. CEP 87020-900, Maringá/PR. Tel.: (044)261.4040. pmathias@uem.br – **Pelotas** (Fernando Irajá Felix Carvalho). R. Barão de Butuí, 281/601. CEP 96010-330, Pelotas/RS. Tel.: (0532)75-7262. barbieri@ufpel.tche.br – **Rio Grande** (Sírio Lopez Velasco). Av. Tramandaí, 2.468, Cassino. CEP 96207-330, Rio Grande/RS. Tel.: (0532)30-1400. dercsirio@super.furg.br – **Santa Maria** (Miguel Pedro Guerra). R. Rui Barbosa, 86/601, fundos. CEP 88015-300, Santa Maria/RS. Tel.: (055)220-8737. eduterra@ce.ufsm.br – **Santos** (Cláudio Rocha Brito). R. Dr. Epitácio Pessoa, 248/33. CEP 11045-300, Santos/SP. Tel.: (013)250-5555 r. 808. cdrbrito@unisantos.com.br

ECOLOGIA Faixas de mata entre fragmentos florestais ajudam a evitar extinções de espécies

Caminhos da biodiversidade

Até que ponto as ligações entre manchas isoladas de floresta podem ajudar a manter a diversidade de animais e vegetais em áreas alteradas pelo desmatamento? Embora o assunto seja controverso, estudos no interior de São Paulo indicam que os corredores florestais – faixas de mata entre as manchas – podem facilitar os fluxos biológicos e evitar a extinção de espécies em habitats fragmentados. Por **Jean Paul Metzger**, do Departamento de Ecologia Geral da Universidade de São Paulo, **Renato Goldenberg**, do Departamento de Botânica da Universidade Federal do Paraná, e **Luís Carlos Bernacci**, da Seção de Botânica do Instituto Agronômico de Campinas.

Figura 1. Cordão de mata ripária do rio Jacaré-Pepira, cercado por áreas de ocupação humana onde predominam pastagens ou o cultivo de cana-de-açúcar



FOTO DE J. P. METZGER

A fragmentação de uma floresta é reconhecida como uma das principais causas da redução da diversidade de animais e vegetais. Em áreas intensamente ocupadas pelo homem, a cobertura florestal fica restrita a manchas pequenas e isoladas, o que aumenta os riscos de extinção de espécies. Uma das alternativas propostas para compensar ou amenizar essas perdas é a manutenção ou criação de corredores florestais com vegetação nativa entre os fragmentos.

Essa idéia, porém, é polêmica. Os defensores da manutenção de corredores afirmam que eles podem facilitar os fluxos de animais, sementes e grãos de pólen entre os fragmentos, diminuindo os riscos de extinção de espécies. Os corredores também constituem um suplemento de hábitat na paisagem e atuam como áreas de refúgio para a fauna no caso de perturbações nos fragmentos. Já os críticos dessa

opção apontam para seus possíveis efeitos indesejados, como a facilitação da propagação do fogo e de espécies exóticas introduzidas por atividades humanas. Também dizem ser muito restrito o número de espécies que comprovadamente usa os corredores para se deslocar entre fragmentos de floresta, levantando dúvidas sobre a capacidade desses corredores de ampliar os fluxos biológicos em uma paisagem fragmentada.

No interior do estado de São Paulo, a expansão das culturas de café no final do século 19 e início do século 20 provocou intenso processo de fragmentação das matas nativas. Os corredores florestais restantes estão situados em geral junto a rios, em áreas da chamada mata ripária, ou ciliar (figura 1). Em função de sua largura, a mata ripária pode incluir áreas anualmente inundadas pelo rio (mata de vár-

zea) e áreas de inundação menos freqüente. Essa mata tem reconhecido papel no controle da erosão e do conseqüente assoreamento dos rios, e na limpeza das águas do lençol freático.

Observou-se, na França, que em uma faixa de 30 m a mata ripária é capaz de retirar da água do lençol freático boa parte dos nitratos vindos de campos agrícolas. No entanto, pouco se sabe ainda sobre a atuação dessas matas como corredores de dispersão ou locomoção de espécies, e portanto sobre a função desses corredores na conservação da diversidade em paisagens fragmentadas.

Como as ligações afetam a flora

Para avaliar melhor as funções dos corredores florestais ripários, 15 fragmentos florestais foram estudados na bacia do rio Jacaré-Pepira, no centro do estado de São Paulo (figura 2). Todos os fragmentos sofrem influência mais ou menos intensa desse rio e apresentam condições ambientais semelhantes, em particular quanto ao tipo de solo, topografia e grau de perturbação humana. Os fragmentos avaliados têm tamanho aproximado entre 1 e 70 ha (hectares) e largura em torno de 30 a 650 m, e diferentes graus de conexão com fragmentos vizinhos: alguns estão totalmente isolados e outros apresentam ligações por corredores finos ou largos.

Em cada fragmento a diversidade de árvores e arbustos foi determinada através de levantamentos florísticos, e a análise de imagens de satélite permitiu caracterizar o grau de conexão das manchas remanescentes e a complexidade espacial da paisagem em torno. O grau de conexão foi medido pela densidade de corredores florestais e de 'pontos de ligação'. Tais pontos são grandes árvores ou grupos isolados de poucas árvores que podem atuar como 'ilhas' de regeneração florestal ou refúgio para animais em trânsito. Já a complexidade da paisagem indica o grau de fragmentação global da área estu-

Fragmento	Classe de largura	Largura média (m)	Área (ha)	Riqueza (nº de espécies)	Diversidade
F11	Largo	350	37,26	63	3,08
F12	Médio	60	2,16	48	3,31
F13	Médio	60	1,08	56	3,48
F14	Estreito	35	0,81	54	3,36
F15	Estreito	45	0,90	14	1,59
F16	Estreito	35	0,99	73	3,84
F21	Largo	200	27,27	110	4,30
F22	Médio	70	2,07	78	3,83
F23	Estreito	35	1,08	51	3,49
F31	Largo	650	73,53	88	3,60
F32	Médio	80	4,77	66	3,55
F33	Estreito	30	0,63	40	2,88
F41	Largo	140	6,48	69	3,22
F42	Médio	65	1,17	53	3,03
F43	Estreito	30	0,81	32	2,81

Obs.: Área e largura média foram obtidas por imagens de satélite e fotos aéreas. A diversidade (índice de Shannon e Wiener) estima a riqueza e o grau de uniformidade na distribuição do número de indivíduos por espécies.

dada: baixa em áreas de monocultura ou naquelas em que predomina um tipo de vegetação, e mais alta onde os usos e a ocupação humana são mais diversificados.

Os estudos revelaram que mesmo fragmentos muito pequenos podem conter alta diversidade de árvores e arbustos (figura 3). A densidade de corredores e de pontos de ligação em torno dos fragmentos florestais é um dos fatores que mais influenciam a variação da diversidade de espécies nos 15 fragmentos. Esse resultado pode ser mais bem entendido através do exemplo dos fragmentos batizados como F11 e F21 (figura 4). Embora tenham tamanho muito semelhante, em torno de 30 ha, o grau de conexão de F21 com fragmentos vizinhos é bem superior ao de F11.

O levantamento florístico revelou baixa diversidade de árvores e arbustos em F11, enquanto F21 apresentou uma das maiores diversidades obtidas em florestas no interior paulista, o que parece estar ligado ao alto grau de conexão desse fragmento. Em particular, F21 está ligado por um corredor largo a outro fragmento de mais de 100 ha, e para muitas espécies esses dois fragmentos podem funcionar como apenas um. Ao mostrar que fragmentos com conexões maiores e mais numerosas são mais ricos em espécies

Figura 3. Características dos 15 fragmentos estudados

Figura 2. Localização dos 15 fragmentos (no centro dos quadrados de 4 km de lado) ao longo do rio Jacaré-Pepira, em imagem do satélite Landsat-5 – áreas de vegetação em vermelho (mata mesófila em tons mais escuros e mata ripária e culturas em outros tons), áreas de solo exposto em diferentes tons de azul, e corpos d'água (rios, lagoas marginais, açudes) em preto

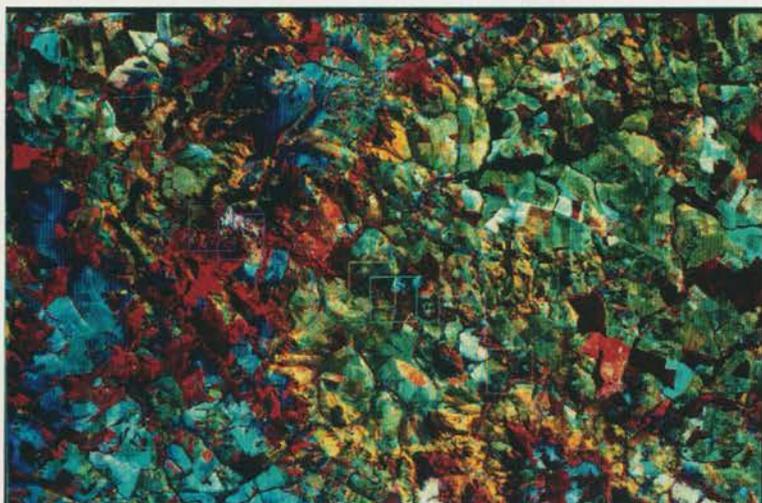


Figura 4. Situações opostas de conexão em dois fragmentos (fotos aéreas de 1988) de tamanho semelhante, F11 (cerca de 37 ha) e F21 (cerca de 27 ha). Totalmente isolado de outras áreas de mata nativa, F11 está em um setor do rio sem corredores ripários, enquanto F21, ligado a outro grande fragmento (de cerca de 100 ha, à esquerda), situa-se em um setor com matas ripárias largas (cerca de 100 m) e contínuas



FOTOS CEDIAS PELA INSTITUIÇÃO GEOGRÁFICA CARTOGRÁFICA DO ESTADO DE SÃO PAULO

do que os pouco conectados, os resultados parecem indicar que os corredores florestais ripários podem facilitar os fluxos biológicos.

Em uma segunda etapa do trabalho, os fragmentos ripários foram considerados como corredores de diferentes larguras (distâncias médias entre a margem do rio e a outra borda da mata), para testar a influência da largura florestal sobre a riqueza de espécies. Os fragmentos com menos de 50 m de largura contêm apenas 50% das espécies vegetais amostradas, enquanto nos fragmentos com até 90 m são encontrados 75% do total das espécies (figura 5). Uma grande parcela das espécies (50, no total de 222) só foi observada em fragmentos com mais de 100 m de largura.

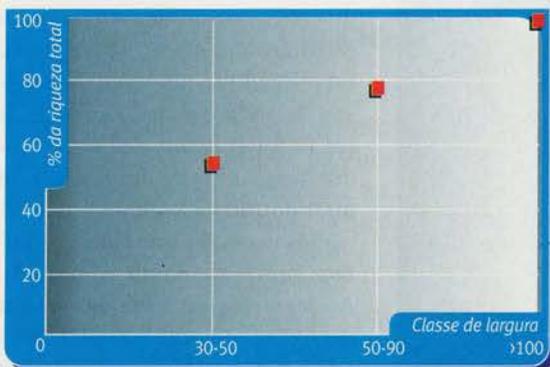
Os resultados deixam bem claro que as matas mais finas, que incluem apenas as áreas anualmente inundadas pelas cheias do rio (mata de várzea), são pobres em espécies, e estas são as mesmas de um fragmento desse tipo para o outro. Já nos fragmentos mais largos, que incluem áreas de inundação anual e áreas não afetadas pelo rio, é grande a riqueza de espécies, e de um fragmento desse tipo para outro são encontradas muitas espécies diferentes. Os dados obtidos confirmam que a conservação da diversidade de espécies na paisagem como um todo é favorecida se a área de mata ripária preservada é maior do que a área diretamente afetada pelo rio.

Estratégias para a conservação

O estudo realizado nas matas do rio Jacaré-Pepira permite enumerar algumas recomendações para a definição de uma estratégia de conservação da diversidade de espécies em áreas fragmentadas:

1. Quando o grau de conexão entre fragmentos é alto, o tamanho do fragmento pode ser um indicador menos eficiente da diversidade de espécies do que a

Figura 5. Variação da riqueza (em percentagem do número total de espécies) em função da classe de largura florestal média



área de mata existente em torno do fragmento. Assim, um arquipélago de fragmentos bem conectados (favorecendo o trânsito de espécies entre eles) pode ajudar a manter grande variedade de espécies e não deve ser desprezado quando se estabelece prioridades de conservação em áreas muito fragmentadas.

2. No interior do estado de São Paulo, os corredores florestais são em sua maior parte ripários. Tais corredores parecem ter papel fundamental na facilitação dos fluxos entre fragmentos de mata e na diminuição do impacto negativo do isolamento. Pelos resultados obtidos, esses efeitos são otimizados se o corredor ripário é largo o bastante para incluir não só a mata de várzea, mas também a mata não-inundada. A legislação ambiental, portanto, ao definir a largura de mata ciliar a ser preservada, deveria também considerar a conservação de áreas inundadas com menor frequência e até de áreas não atingidas pelas cheias.

3. A dispersão das sementes de cerca de 50% das espécies estudadas é feita pelas aves. Assim, facilitar a locomoção das aves que se alimentam de frutas também contribui para disseminar sementes de um fragmento a outro. Além dos corredores ripários, árvores grandes ou grupos isolados de árvores em áreas de pastagem podem ser determinantes na disseminação, atuando como pontos de parada das aves em seus deslocamentos através da paisagem. Assim, a manutenção de árvores isoladas é um modo de propiciar os fluxos biológicos entre fragmentos.

Os efeitos negativos da fragmentação e do desmatamento sobre a diversidade de espécies não podem ser plenamente compensados por iniciativas posteriores de reabilitação. No entanto, manter ou melhorar as conexões entre fragmentos – através da proteção, ampliação ou criação de corredores florestais e de pequenas ‘ilhas’ de vegetação – pode ser um fator-chave para a conservação da diversidade de espécies em áreas intensamente fragmentadas por atividades humanas.

Bioespuma pode substituir isopor

Empresa brasileira desenvolve espuma poliuretana biodegradável



Um composto biodegradável que poderá substituir o isopor na maioria de suas aplicações foi desenvolvido pela empresa Kehl, instalada em São Carlos, no interior paulista. Obtido a partir do óleo de mamona, o novo produto foi patenteado com o nome de bioespuma.

O composto é produzido à base de biomassa, ou seja, é um recurso renovável. Sua síntese envolve três reações: duas esterificações, a primeira entre o óleo de mamona e o amido, e a segunda com óleo de soja. O produto obtido, um polioli, deve reagir ainda com um isocianato (NCO) para que se che-

gue a uma espuma poliuretana biodegradável – a bioespuma. Trata-se de um polímero caracterizado principalmente pela ligação química uretana (RNHCOOR), que lhe dá rigidez e flexibilidade.

É a ligação uretana a principal responsável pelas propriedades físicas da bioespuma, como textura, densidade, resistência à compressão e resiliência. Essas características assemelham-se muito às do isopor. “Trata-se de um intermediário entre a espuma tradicional e o isopor, plenamente capaz de substituí-lo”, explica Ricardo Vicino, químico responsável pela descoberta do composto.

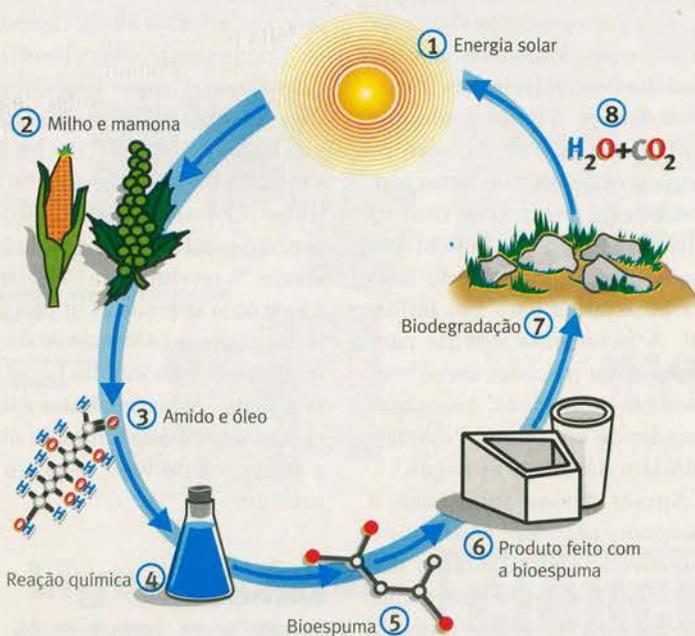
O isopor, nome comercial do poliestireno expandido, é um polímero sintético muito usado industrialmente como isolante térmico e na produção de embalagens. Esse material tem duas vantagens: é derivado do petróleo, um recurso não-renovável, e não é biodegradável, isto é, pode levar anos para se decompor no meio ambiente.

Já a bioespuma se decompõe em um tempo consideravelmente menor. Testes feitos na empresa mostraram que entre oito meses e um ano ela desaparece totalmente no meio ambiente. “Durante o verão esse tempo pode ser reduzido a até três meses”, garante Vicino. Assim, o material pode ser classificado como biodegradável.

A rapidez de degradação da bioespuma se explica pela configuração de sua molécula, que permite que microorganismos a ataquem, desfazendo algumas ligações químicas. Vicino afirma que, em materiais como o plástico e o isopor, os micróbios não têm por onde começar a quebrar as moléculas, razão pela qual demoram a se degradar.

A decomposição do composto se dá em dois tempos. Em primeiro lugar ocorre a biodegradação, feita por fungos e bactérias. No entanto, essa ação não basta para destruir a ligação uretana, que é forte e estável. Essa ligação só se quebra

Recipientes para mudas de plantas e embalagens para perfumes e eletroeletrônicos podem ser feitos de bioespuma



IMAGENS CEDIDAS POR MARCUS ZWANZIGER (ONHO SENDAI)

À esquerda, ciclo de produção e biodegradação da bioespuma



(1) Amostra-controle da bioespuma (c). As outras três mostram diferentes estágios da biodegradação por fungos

(2) Amostra de bioespuma atacada por fungos. Cada cor corresponde a um tipo diferente de fungo

(3) Bioespuma atacada por bactérias. A porção inferior da amostra parece 'derreter-se'

TEMPO DE DECOMPOSIÇÃO DE ALGUNS MATERIAIS

Tipo de lixo doméstico	Tempo de decomposição
Papel	2 - 5 meses
Casca de laranja	3 - 6 meses
Bioespuma	6 - 12 meses
Embalagens de leite longa vida	3 - 5 anos
Filtro de cigarros	10 - 12 anos
Sacolas plásticas	10 - 20 anos
Sapatos de couro	25 - 40 anos
Tecidos sintéticos (náilon)	30 - 40 anos
Copos de plásticos descartáveis	50 - 80 anos
Latas de alumínio	80 - 100 anos
Espumas (diversos tipos)	Desconhecido

FONTE: GREEN SEAL - ENVIRONMENTAL LABELING ORGANIZATION

na segunda etapa de degradação da bioespuma, resultado da ação da luz e do calor.

Vasos, bandejas e produtos eletrônicos

Por ser biodegradável, o novo composto pode ser utilizado na fabricação de recipientes para mudas de plantas. As mudas são plantadas diretamente nesses recipientes, que se decompõem na terra após alguns meses. A bioespuma não inibe o crescimento dos vegetais.

O composto pode ser usado também na produção de embalagens para produtos eletroeletrônicos e para alimentos em geral (bandejas descartáveis para frutas, por exemplo). Vicino conta que algumas empresas da agroindústria já estão fazendo testes com embalagens feitas com o novo material. Segundo ele, a Kehl está desenvolvendo um martelo feito com bioespuma para uso industrial. A ferramenta serviria para operações de precisão, como consertos ou montagens, em que as pancadas de um martelo comum poderiam danificar as peças.

Apesar dessas aplicações, a bioespuma não deve substituir o poliestireno como isolante térmico. Seu índice de isolamento pode chegar a 90% daquele obtido

pelo isopor. “Para atingir um nível satisfatório, seria preciso alterar tanto a estrutura da molécula que ela perderia sua biodegradabilidade”, argumenta Vicino.

Além de biodegradável, o composto não é tóxico nem propaga chamas. Apresenta ainda vantagens em sua produção industrial: sua síntese não usa cloro-fluorcarbonetos, seus reagentes não precisam ser importados e a taxa de aproveitamento destes é alta – entre 97 e 99%, segundo Vicino. Ele estima que hoje a produção de 1 kg do composto custe por volta de R\$ 5. “Mas o preço deve baixar ainda”, acredita.

Compostos biodegradáveis que substituam o isopor também têm sido desenvolvidos na Europa e nos Estados Unidos. No entanto, a maioria deles é derivada do petróleo. O produto brasileiro, ao contrário, é feito a partir de biomassa. “A produção da bioespuma é hoje uma alternativa interessante, na contramão da indústria petroquímica, que um dia ficará cara demais”, defende Vicino. Atualmente, a Kehl está tentando obter a patente do novo composto no exterior.

Bernardo Esteves
Especial para *Ciência Hoje*/MG

CENTRO DE PESQUISAS QUÍMICAS, BIOLÓGICAS E AGRONÔMICAS/UNICAMP

Longa vida para os tubos de aço

Uso de ítrio torna material mais durável e diminui custos de produção petroquímica

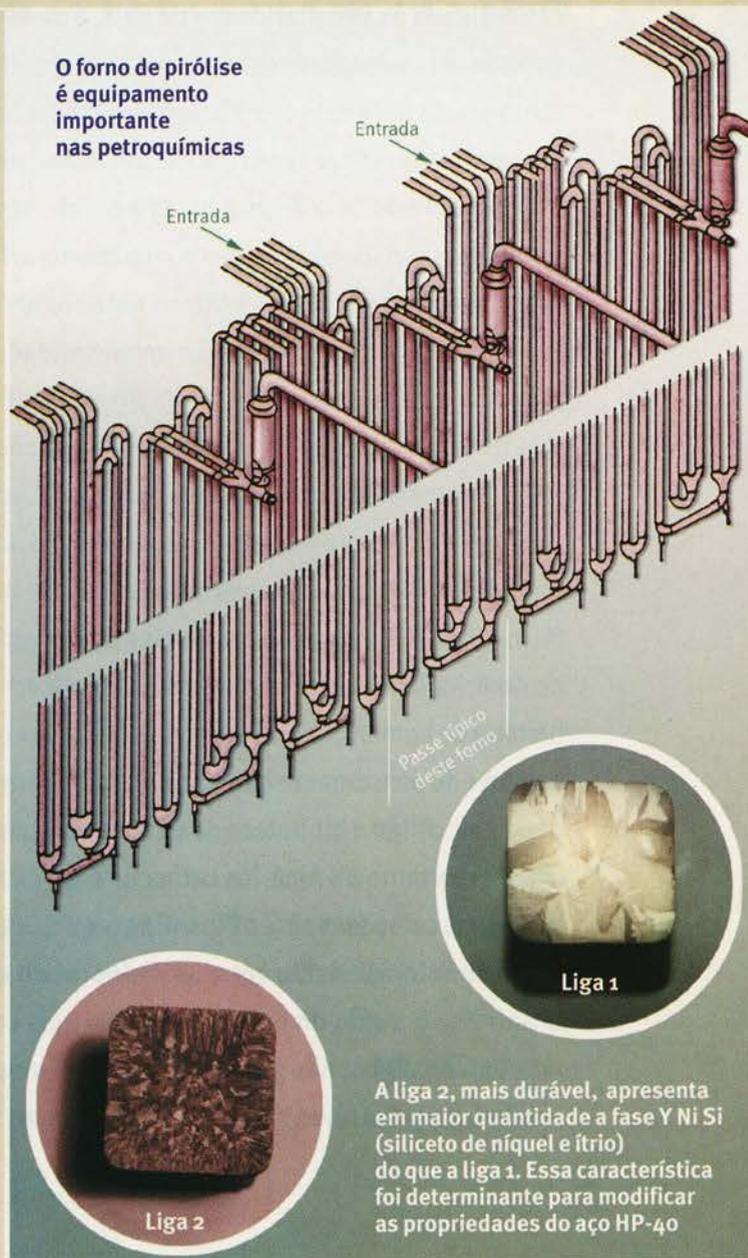
As indústrias petroquímicas poderão economizar milhões nos próximos anos, graças a uma pesquisa do engenheiro químico brasileiro Nelson Furtado, do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. O pesquisador descobriu que o elemento químico ítrio aumenta a resistência do aço inoxidável. A primeira aplicação da pesquisa já está em fase de testes em escala industrial: o ítrio está sendo usado na composição de tubos de aço dos fornos produtores de etileno, matéria-prima básica dos plásticos. Os tubos sofrem forte desgaste por funcionarem em altas temperaturas – 600°C a 1.100°C – e precisam ser trocados, em média, a cada cinco anos, com custos anuais de cerca de R\$ 7 milhões.

A durabilidade dos tubos de aço aumenta 30% com a adição de ítrio, elemento usado em supercondutores – materiais que conduzem energia com perdas mínimas. “Uma petroquímica de médio porte utiliza 500 tubos em seus fornos”, diz Furtado que desenvolveu o projeto durante sua tese de doutorado na Coordenação dos Programas de Pós-graduação em Engenharia (Coppe) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Outras vantagens dos tubos com maior teor de ítrio são: maior resistência à oxidação e à deformação.

Para produzir etileno, uma indústria usa dois tipos de fornos de altas temperaturas (de reforma catalítica e de pirólise). Ambos contam com tubos de aço, com altura variando entre 10 e 15 m e peso entre 50 e 60 kg, pelos quais passa a nafta, substância derivada do petróleo, que após uma série de reações origina o etileno. O aço usado – chamado HP40 – utiliza normalmente 35% de níquel e 25% de cromo, entre outros componentes.

“No processo de desidrogenação da nafta para obter o etileno, ocorrem fenômenos de instabilidade metalúrgica. Um deles (fluência) é caracterizado pela grande quantidade de gases que se movimentam no interior da liga de aço, causando deformações e ruptura”, explica o engenheiro.

Os testes iniciais e também as experiências em grande escala estão sendo feitas na empresa Aço Villares, em Pindamonhangaba (SP). A indústria fatura anualmente R\$ 15 milhões com a produção dos tubos de HP40. Esse mercado movimenta cerca de R\$ 70 milhões no Brasil e R\$ 600 no mundo. “Decidi estudar as propriedades do ítrio na metalurgia, aproveitando



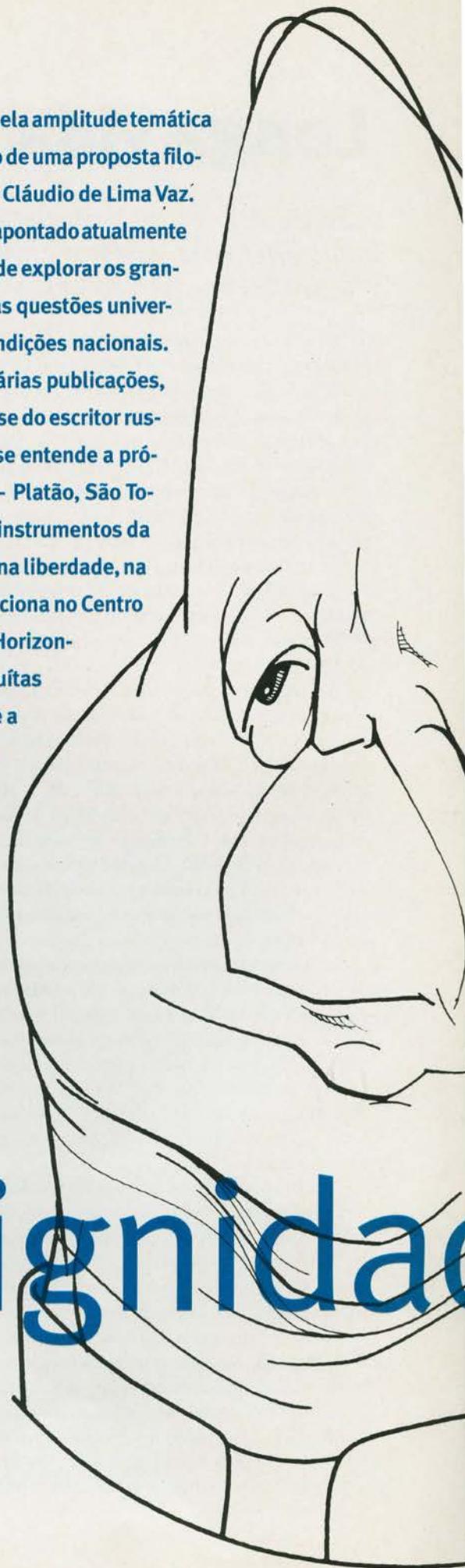
a queda do preço da substância no mercado mundial. Em 1990, o quilo do produto custava R\$ 100 e, três anos depois, caiu para R\$ 15”, lembra Furtado.

O pesquisador acrescenta que a tecnologia pode ser empregada em qualquer estrutura feita de aço fundido. “As possibilidades de aplicação são muito amplas”, avalia Furtado, que analisou as estruturas por microscopias ótica, eletrônica de transmissão e varredura.

Valquíria Daher
Ciência Hoje/RJ

Entre os grandes nomes da filosofia no Brasil destaca-se, pela amplitude temática de sua obra e por sua contribuição para o desenvolvimento de uma proposta filosófica ligada às peculiaridades do país, o padre Henrique Cláudio de Lima Vaz. Nascido em 24 de agosto de 1921, em Ouro Preto (MG), ele é apontado atualmente como o mais universal dos pensadores brasileiros, capaz de explorar os grandes temas filosóficos tanto para avançar respostas para as questões universais quanto para recriá-las à luz dos problemas e das condições nacionais. Sua obra, exposta em seis livros e inúmeros artigos em várias publicações, parte de um grande apego à cidade natal, lembrando a frase do escritor russo León Tolstói: “Só é possível a universalidade quando se entende a própria aldeia.” Apoiando-se em três grandes influências — Platão, São Tomás de Aquino e Hegel —, Vaz usa a fé e a razão como os instrumentos da busca por uma vida ética, pela realização da humanidade na liberdade, na verdade, na beleza e na justiça. Atualmente o padre Vaz leciona no Centro de Estudos Superiores do Instituto Santo Inácio, em Belo Horizonte, instituição de formação em teologia e filosofia dos jesuítas na América Latina, e continua a pensar criticamente sobre a história do homem, as crises da modernidade e o futuro da cultura e do pensamento humanos. Além das atividades docentes, dirige a biblioteca do Centro, considerada a mais importante da América Latina na área de filosofia — suas coleções sobre a filosofia grega clássica e o idealismo alemão estão entre as melhores do mundo. O trabalho e a vida do filósofo, que não quis conceder uma entrevista por não gostar de falar de si mesmo, são revelados aqui através de pesquisas em outras fontes.

A dignidade



A expressão 'fenomenologia da vocação' define bem o trajeto das idéias de Henrique Vaz. A partir de seus estudos sobre o pensamento clássico e de sua adesão à conciliação entre filosofia e teologia, entre fé e razão, o pensador brasileiro embrenhou-se na moderna discussão a respeito das transformações da Igreja, da sociedade e da cultura no século 20 para depois alcançar um reencontro com a tradição clássica. Em todo esse itinerário, o padre Vaz tratou sempre as grandes questões da filosofia de modo sistemático, amplo, erudito, rigoroso e sobretudo criativo.

Fenomenologia do espírito, primeiro grande livro do filósofo alemão Georg Hegel (1770-1831), é visto por alguns estudiosos como uma forma especial de 'romance de formação'. No livro, de 1807, Hegel descreve a trajetória da consciência, do espírito, desde que é apenas 'idéia-em-si', passando por sua alienação, quando se põe 'fora-de-si', até o momento de síntese, em que, após viver todas as circunstâncias do existir, reconcilia-se com ela mesma e torna-se 'idéia-que-retorna-a-si'.

Para Hegel, essa odisséia da consciência, a 'fenomenologia do espírito', é a essência do mundo: "Tudo o que desde a eternidade acontece no céu, na Terra, a vida de Deus e quanto se opera no tempo, visa apenas a que o espírito conheça a si próprio, faça a si mesmo objeto; se encontre, devenha por si mesmo, recolha-se em si próprio; desdobre-se, aliene-se, mas somente para poder se encontrar e poder voltar a si próprio."

Essa maneira de representar um caminho de descobertas, aprendizados, enriquecimento espiritual – nascido com a *Odisséia*, de Homero – foi levado à culminância no livro de Hegel, no qual ele expõe seu sistema filosófico, herança-crítica-síntese da grande tradição da filosofia ocidental. Falar de uma 'fenomenologia da vocação', portanto, é marcar duplamente a evolução das idéias de Henrique Vaz: pelo que a palavra fenomenologia evoca como 'itinerário', como 'formação', e pela profunda presença de Hegel em sua obra.

de da razão

Por **João Antônio de Paula**, do Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional da Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Minas Gerais



PINTURA DE EDGAR WALTER, 1921

Casa no bairro das Cabeças, em Ouro Preto (MG), onde o Padre Vaz nasceu e viveu os primeiros anos de sua vida

Apesar das dificuldades de compreensão que o sistema hegeliano oferece, por sua complexidade e grandeza, Hegel é claro quando diz, em *Introdução à história da filosofia*, texto que resultou de anotações de um dos seus cursos: “Confiai na ciência e em vós mesmos. A coragem da verdade, a fé no poder do espírito é a condição primordial da filosofia. O homem, por seu espírito, pode e deve julgar-se digno de tudo quanto há de mais sublime.”. Esses são os princípios que têm guiado o padre Vaz e sua filosofia: a confiança na ciência, a coragem da verdade, a fé no poder do espírito.

Filósofo, teólogo, educador, humanista, cidadão, o mineiro Henrique Cláudio de Lima Vaz é filho de Theodoro Amálio da Fonseca Vaz, catedrático de mineralogia da Escola de Minas de Ouro Preto e da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, e de Emília Josephina de Lima Vaz. Fez seus estudos básicos em escolas públicas de Ouro Preto, destacando-se entre as influências que lhe marçaram o destino de professor e pesquisador a prosadora Maria Estrelina de Oliveira Carmo, de quem guardará saudosa e reconhecida lembrança pelo exemplo digno e generoso de exercício da docência.

Aos 16 anos vai para Nova Friburgo (RJ), onde, em março de 1938, ingressa no Seminário dos Jesuítas. Aos 24 anos, em 1945, obtém bacharelado e licenciatura em filosofia pela Faculdade de Filosofia de Nova Friburgo, ordenando-se sacerdote em 15 de julho de 1948. Em 1946 vai para a Itália, bacharelado e licenciando-se em teologia pela Faculdade de Teologia da Universidade Gregoriana de Roma em 1949, já mergulhado na obra do filósofo grego Platão (427-347 a.C.). Em 1953, obteve

o título de doutor em filosofia na mesma universidade, com a tese *De dialectica et contemplatione in Platonis dialogis (Sobre a dialética e a contemplação nos diálogos de Platão)*. Dessa época, o padre Vaz destaca, em depoimento dado em 1976, a influência de dois professores, os padres Charles Boyer e Paolo Dezza.

A certeza sobre a capacidade intelectual do padre Vaz é precoce. O professor José de Assis Carvalho, um conterrâneo que conheceu o filósofo no início dos anos 50, relembra: “Nos idos de 1948, jovem seminarista, ouvi o padre Arlindo Vieira, ao término de missões populares, em frente à bicentenária catedral de Mariana, afirmar que o padre Leonel Franca estava à morte, mas a Companhia de Jesus já possuía um substituto à altura do seu imenso talento, na pessoa de um escolástico ouro-pretano, Henrique Cláudio de Lima Vaz. Padre Franca era considerado, à época, o luminar maior da cultura católica brasileira. Alceu Amoroso Lima chamava-o poeticamente de diretor espiritual da inteligência brasileira.”

Henrique Vaz lecionou no Colégio Pio Brasileiro de Roma e, ao voltar ao Brasil, na Faculdade de Filosofia Anchieta, de Nova Friburgo, na Universidade Católica de Minas Gerais e na Universidade Federal de Minas Gerais, além de sua permanente dedicação ao Centro de Estudos Superiores da Companhia de Jesus (no Rio de Janeiro, de 1975 a 1982, e em Minas Gerais, a partir de 1982). Professor em diversas disciplinas no campo da filosofia e da psicologia, o padre Vaz também tem formação no campo das ciências exatas. A esse respeito há um depoimento do padre Fernando Bastos de Ávila, um dos nomes mais importantes da Companhia de Jesus no Brasil e um dos criadores da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro: “Ele, com sua preparação matemática (...) e com seus cursos de cosmologia ministrados durante anos, chegou àquela visão abrangente do cosmos, envolvendo desde o turbilhão dos astros nas galáxias até a agitação frenética dos *quarks* nas partículas elementares.”

Esse interesse e essa competência nas matemáticas por parte de um filósofo não deve causar estranheza em quem sabe da centralidade da matemática na obra de Platão e da centralidade desse pensador na filosofia do padre Vaz. Em um de seus

FOTOS CEBIDAS PELO CENTRO DE ESTUDOS SUPERIORES DA COMPANHIA DE JESUS



Padre Vaz na época de sua formatura no Colégio Arnaldo, em Belo Horizonte em 1937, pouco antes de entrar no Seminário dos Jesuítas de Nova Friburgo (RJ)



Grupo de jesuítas na Faculdade de Filosofia Anchieta de Nova Friburgo (RJ), onde o Padre Vaz (o terceiro da esquerda para a direita, sentado) foi professor de Filosofia nas décadas de 1940 e 1950



mais belos textos, a aula inaugural do curso de doutorado em filosofia da UFMG, em 1993, ele diz: “O gesto inaugural de toda decisão autêntica de filosofar dentro de nossa tradição é um encontro ou um reencontro com Platão. (...) Para mim, em todo caso, filosofar não é ‘desconstruir’ mas, como queria Hegel, ‘rememorar’. Vem a ser retomar no esforço presente do conceito a longa história do ser tal como foi inaugurado exatamente pela audácia do filosofar platônico.”

Momentos e problemas de fronteira

Adicionando a Platão e a Hegel um terceiro nome, São Tomás de Aquino (1225-1274), temos as três grandes influências filosóficas no pensamento do padre Vaz. Isso não significa que tenha ignorado outros autores: na verdade, como acontece com seus principais mestres, sua obra é um amplo diálogo com a essência da tradição filosófica ocidental. Seus trabalhos abrangem tudo o que é considerado importante no pensamento filosófico e foram elaborados com os instrumentos adequados: erudição e inteligência.

Tal abertura para o diálogo, no entanto, não significa ecletismo ou permissividade. O juízo crítico do padre Vaz é severo e agudo, dentro de perspectiva filosófica ‘racionalista’ e ‘universalista’. Um exemplo particularmente claro disso é sua adesão ao tomismo. São Tomás de Aquino é, na trajetória da história do cristianismo, o momento de apaziguamento das exaltações apaixonadas de Santo Agostinho (354-430). A presença das idéias do filósofo grego Aristóteles (384-322 a.C.) na obra de São Tomás atua como contraponto e equilíbrio ao exaltado neoplatonismo agostiniano.



Outra navegação

O próprio padre Vaz fornece os elementos que permitem traçar a trajetória de sua formação e de sua obra. Iniciado no mundo filosófico sob influência de Platão e São Tomás de Aquino, ele admite ter experimentado “outra navegação” a partir de 1956, com a publicação de *O fenômeno humano* pelo pensador francês Pierre Teilhard de Chardin (1881-1955). No centro desse novo período estão as exigências do tempo, as transformações da Igreja e da sociedade, os grandes processos políticos e culturais que resultaram no Concílio Vaticano II (realizado pela Igreja entre 1962 e 1965) e na turbulência política e existencial que chegou ao auge em 1968, ano do turbulento ‘maio’ na França e também da Conferência Episcopal de Medellín, na Colômbia, que teria grande influência sobre os rumos da Igreja na América Latina.

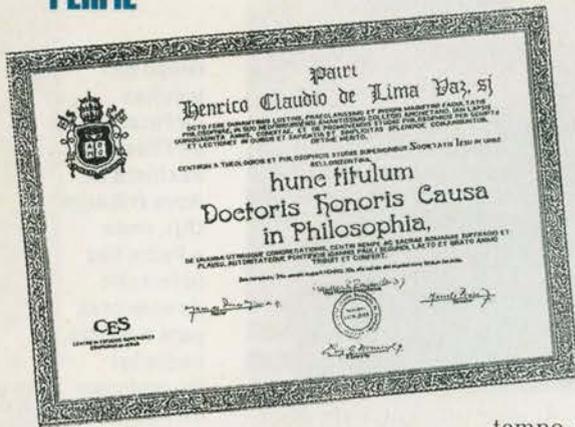
Tal mergulho no mundo, na temporalidade, em suas angústias e esperanças, foi vivido intensamente pelo padre Vaz. Seu papel destacado na construção de uma nova consciência eclesial e leiga no Brasil fez dele um precursor da chamada Teologia da Libertação. Na época, as bases que estabeleceu para o diálogo entre cristianismo e marxismo foram mais consistentes que as surgidas na Europa. Ao mesmo tempo, procedeu ao estudo intenso da filosofia moderna a partir das idéias do francês René Descartes (1596-1650) e teve seu “primeiro e realmente sério confronto” com as idéias do alemão Immanuel Kant (1724-1804).

Esse segundo momento da trajetória filosófica do padre Vaz, que tem algo de crítico em relação ao primeiro, marcado pela influência da síntese neotomista, seria superado por um terceiro, iniciado em 1970: o encontro com a filosofia hegeliana. A nova perspectiva teria para o filósofo o sentido de uma reconciliação com suas origens, com a tradição da filosofia clássica, com Platão. O encontro com Hegel permitiu a Vaz realizar sua mais decisiva e bela travessia. A voz do filósofo passou a mostrar encantamento e plenitude: “O caminho de volta da contemporaneidade à tradição não é o melan-



O filósofo alemão Georg Hegel foi uma das três fortes influências no pensamento do padre Vaz

À esquerda, sala de estudos da biblioteca da Faculdade Anchieta, na via Anhangüera (SP), onde o Padre Vaz foi professor de Filosofia



Título de Doutor Honoris Causa em Filosofia concedido ao Padre Vaz, em 1992, pelo Centro de Estudos Superiores da Companhia de Jesus

Padre Vaz (na primeira fileira de cima para baixo, o segundo da esquerda para a direita) na companhia de estudantes e professores do Centro de Estudos Superiores da Companhia de Jesus, em Belo Horizonte, 1983



cólico refúgio no passado, na desesperança resignada de compreender o presente. É o desafio do presente, vivido como problema, que obriga a rememorar o passado e a captar no conceito o

tempo que passa, pela mediação refletida do tempo passado.”

A obra que o padre Vaz produz de forma sistemática desde os anos 40 reflete sua trajetória como filósofo e cidadão. Todas as fases e todos os textos têm em comum a excelência da feitura e o rigor e a amplitude dos conhecimentos. Em balanço que fez, em 1969, da obra do padre Vaz, a historiadora italiana Lídia Acerboni incluiu 21 artigos em revistas especializadas e um livro, *Ontologia e história*, publicado em 1967 pela editora Duas Cidades, de São Paulo. Mas o filósofo já tinha publicado, também em 1967, pela editora Vozes (Rio de Janeiro), o livro *Universo científico e visão cristã*. Desse momento em diante sua obra multiplicou-se.

Além de dezenas de artigos, de traduções importantes (como a que fez de partes da *Fenomenologia do espírito*), de atividades editoriais, de inúmeros cursos e orientações de teses, de conferências e seminários, o padre Vaz publicou os seguintes livros: *Escritos de filosofia (Problemas de fronteira)*, em 1986; *Escritos de filosofia II (Ética e cultura)*, em 1988; *Antropologia filosófica I*, em 1991; *Antropologia filosófica II*, em 1992; e *Escritos de filosofia III (Filosofia e cultura)*, em 1997, todos pela editora Loyola, de São Paulo.

Filósofo por formação e escolha, Henrique Vaz

trouxe contribuição importante para a teologia no Brasil e na América Latina. Jesuíta como José de Anchieta (1534-1597) e Antônio Vieira (1608-1697), e inspirado no fundador da ordem, Santo Ignácio de Loyola (1491?-1556), o filósofo envolveu-se na renovação da vida cristã no país em um momento de grandes transformações e expectativas e foi um participante fundamental no processo de construção de uma ação católica comprometida com a luta pela justiça e pela liberdade.

Seu livro *Escritos de filosofia (Problemas de fronteira)*, de 1986, é a busca do encontro da filosofia com a teologia. Esse trabalho seria, nas palavras do próprio Vaz, “uma reflexão especificamente ‘teológica’ sobre a história, capaz de fundamentar teoricamente, pela mediação do ensinamento social da Igreja, uma autêntica *praxis* social cristã”.

Ética e razão: os focos da elipse

A modéstia e a contenção, praticadas como missão pelo padre Vaz, talvez expliquem o relativo desconhecimento de seu nome fora do âmbito da filosofia. É possível que este seja o destino dos filósofos – como Bento de Espinosa (1632-1677) – que fizeram da ‘ética’, mais que um campo da reflexão filosófica, uma exigência de vida. Essa atitude, que nada tem de provinciana ou falsa, impõe uma aura de respeito e sóbria grandeza em torno do trabalho do pensador brasileiro e impede que seus conhecedores e apreciadores o divulguem como merece.

Às vezes, porém, o significado da filosofia de Henrique Vaz é trazido a público. Como fez Paulo Menezes, o tradutor da *Fenomenologia do espírito*, de Hegel, para o português, ao comentar o livro *Ética e cultura*: “Esse livro do padre Vaz é certamente um dos pontos altos da bibliografia filosófica brasileira, e diria até que é um dos textos mais luminosos que se podem encontrar sobre ‘ética’”. Tive essa impressão ao compará-lo com *A filosofia moral – Exame crítico e histórico dos grandes sistemas*, de Jacques Maritain [filósofo francês, 1882-1973]. Quem fizer o mesmo não terá dificuldade em constatar onde se encontra mais simpatia e compreensão das éticas de Platão, Aristóteles e Hegel. E até mesmo mais profundidade: como se o aguerrido neoescolástico investisse contra muralhas e barbacãs dessas fortalezas, enquanto o padre Vaz, de dentro, mergulhasse na íntima essência e na profunda verdade de tão magníficas filosofias.”

É possível traçar um quadro que, apontando para a presença de ‘pares conceituais’ expressivos, expressa o essencial da proposta filosófica do padre Vaz. Sua obra exhibe e investiga as tensões do confronto permanente entre noções contraditórias: imanência *versus* transcendência; interioridade *versus* exterioridade; pessoa *versus* sociedade; fé

Padre
Henrique
Cláudio de
Lima Vaz



FOTO ARTHUR RODRIGUES/JORNAL ESTADO DE MINAS

versus razão; fé versus justiça. E sua resposta talvez seja que tanto a razão (como instrumento fundamental para se alcançar a verdade, a beleza e a liberdade) quanto a ética (que deveria ser a destinação de todo ato humano) – os dois focos da elipse que é a filosofia do padre Vaz – só têm legitimidade e plenitude porque submetidas à ‘transcendência’. Aqui, a transcendência, ou a intervenção de um princípio superior, além das coisas naturais, tem o sentido proposto pelo filósofo francês Maurice Blondel (1861-1949): “Sem um reconhecimento do sobrenatural, o nosso relato da realidade é incompleto.”

É este o sentido essencial da obra do padre Henrique Vaz: a conciliação da ética e da razão, da fé e da cultura, da fé e da razão como os caminhos inescapáveis da emancipação humana.

Há quem diga que toda a reflexão filosófica do padre Vaz tem uma só preocupação: “o homem nas suas vicissitudes históricas”, como escreveu em 1991 Xavier Herrero, filósofo também formado na tradição jesuítica e professor da UFMG. Vicissitudes essas tomadas a partir da grande tradição do pensamento racionalista e humanista e da experiência cristã. Esse também é o sentido básico do livro *Teologia e teoria social*, do inglês John Milbank (publicado no Brasil em 1995), que Vaz resenhou com entusiasmo em 1991. Nesse livro a teologia, a perspectiva da presença de Deus na história é um dado essencial, mesmo para as teorias sociais mais avançadas do nosso tempo. A proposta de Milbank era a de “evidenciar que as próprias teorias sociais ‘científicas’ são elas mesmas teologias ou antiteologias disfarçadas”.

A investigação filosófica do padre Vaz é ampla e profunda. Das grandes perguntas da filosofia (‘o que é o ser?’, ‘o que é a verdade?’, ‘o que é o belo?’, ‘o que é o bem?’, ‘o que é o dever?’), bases das grandes disciplinas filosóficas (a ontologia, a epistemologia/lógica, a estética, a ética), só a problemática estética não foi tratada a fundo em seu trabalho, talvez porque o pensador trate essa questão com a mesma severidade que seu mestre Platão.

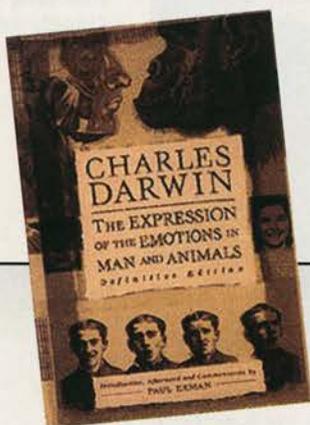
Em 1991, em uma referência implícita a seu próprio esforço filosófico, Henrique

Vaz comentou – após discorrer sobre Platão, Aristóteles, Plotino (205-270), Tomás de Aquino e Descartes – as “célebres perguntas” de Kant, que chamou de “sementes da vida filosófica”: ‘o que posso saber?’, ‘o que devo fazer?’, ‘o que me é permitido esperar?’ e ‘o que é o homem?’. Para o padre Vaz, “a interrogação sobre ‘o que posso saber’ situa-nos no terreno do tema ontologia e história” (tratado em seu primeiro livro). Já o tema ética e cultura (assunto de seu terceiro livro) “move-se no âmbito da pergunta ‘o que devo fazer?’”. Em sua opinião, a terceira pergunta, ‘o que me é permitido esperar?’, “nos envolve inapelavelmente com a *vexatissima questio* sobre as relações entre filosofia e cristianismo” (consideradas no segundo e sexto livros). Enfim, diz ele, “a pergunta ‘o que é o homem?’, na qual todas as outras irão desaguar, segundo Kant, leva-nos ao próprio coração do tema antropologia e história” (objeto de seus livros de 1991 e 1992).

Considerando a centralidade que a obra de Platão tem para o filósofo Henrique Vaz, talvez seja possível vislumbrar o núcleo essencial do seu projeto filosófico nas palavras do historiador alemão Werner Jaeger, adaptando frase que Platão escreveu em *A república*: “A dialética leva o melhor da alma a contemplar o melhor de tudo que existe.” Essa frase resume, como um programa, o sentido essencial da obra do padre Vaz: o conhecimento, a dialética, irresistivelmente inclinados para o bem. Eis a vocação desse mineiro que dignifica o pensamento filosófico brasileiro e nos dá esperança de um destino de justiça e liberdade. ■

Vista do campus do Centro de Estudos Superiores da Companhia de Jesus, em Belo Horizonte, onde atualmente o Padre Vaz é professor do curso de Filosofia





Muito além das 'caras e bocas'

The expressions of the emotions in man and animals

Charles Darwin

Terceira edição. Oxford University Press, 1998

A terceira e mais recente edição do famoso livro do naturalista inglês Charles Darwin (1809-1882) é a mais completa de todas, anuncia o organizador Paul Ekman logo no prefácio da obra. Mas, a história de *The expressions of the emotions in man and animals* (As expressões das emoções em homens e animais, ainda sem tradução no Brasil) começa em 1872, com a primeira edição. Na época, Darwin já se tornara famoso naturalista. Havia publicado no ano anterior *A origem do homem e a seleção sexual* e, em 1859, *A origem das espécies*, sua obra mais conhecida.

Nos quatro meses seguintes ao lançamento de *The expression...* foram vendidos 9 mil exemplares. Diante do interesse despertado e da intensa correspondência que recebeu após a primeira edição, Darwin preparou uma série de acréscimos e modificações para a segunda edição.

Esta foi publicada em 1889, sete anos após a morte do naturalista, editada pelo filho do autor Francis Darwin.

A presente edição (pode ser comprada pela Internet) supera a anterior. Foram acrescentados comentários que Darwin desejava in-

cluir, ignorados na segunda edição. Ekman inseriu também anotações esclarecedoras, fruto da consulta aos cadernos e à correspondência de Darwin. Foram incluídas ainda fotos originais do acervo de Darwin que foram substituídas por desenhos nas edições anteriores, para diminuir custos.

Outra novidade é a inclusão de seis apêndices, de diversos autores, inseridos no final do volume. Além de um obituário do naturalista e comparações entre as duas primeiras edições, estão entre os temas abordados comentários sobre o uso das ilustrações e das fotografias no livro, em um texto valioso do norte-americano Philip Prodger. O mesmo autor, dessa vez em parceria com Ekman, trata também da orientação das ilustrações, destacando a existência de uma assimetria facial, o que faria com que um dos lados expressasse melhor as diferentes emoções. Tudo isso mostra que a atual edição é realmente primorosa, contendo um grande volume de novas informações, tanto do próprio Darwin, como dos editores, o que torna o livro indispensável para biólogos, filósofos e historiadores da ciência, entre outros.

Na introdução, idêntica à da



primeira edição, Darwin historia estudos anteriores sobre as expressões faciais dos humanos, com impressionante cuidado na revisão bibliográfica. O naturalista, ainda nessa parte, re-

fere-se longa e elogiosamente à obra de Charles Bell, publicada pela primeira vez em 1806 (*Anatomy and philosophy of expression*). No entanto, um oportuno comentário de Ekman informa que um dos motivos de Darwin escrever *The expression...* foi contestar a afirmativa de Bell de que nossos músculos faciais foram obra de Deus para expressar as nossas emoções. Entre os comentários de Ekman foi incluído um trecho de uma carta de Darwin ao naturalista galês Alfred Russel Wallace (1823-1913), no qual está claro o enfoque evolucionista dado ao tema das expressões faciais.

Nos três primeiros capítulos, Darwin expõe os 'princípios gerais da expressão', os quais tentam explicar a maior parte das expressões e gestos involuntariamente feitos por animais e humanos, sob a influência de emoções e sensações – nessa parte, uma nota presta tributo ao filósofo inglês Herbert Spencer (1820-1903), quanto à distinção entre





temas entre os capítulos 6 e 13. No capítulo 11, por exemplo, Ekman incluiu uma foto inédita do próprio Darwin com seu filho Willy para ilustrar a narrativa (superficial) feita pelo naturalista sobre um episódio

emoções e sensações, mostrando sua importância na estruturação do pensamento de Darwin.

Mas, quais os princípios da expressão? Darwin enumera três. O primeiro é o dos 'hábitos úteis associados', segundo o qual determinadas expressões e movimentos musculares são induzidos mesmo não correspondendo aos estados da mente desencadeadores de tais expressões (por exemplo, alívio e/ou gratificação). O segundo, o princípio da antítese, pode ser exemplificado pelo movimento de um cão que se aproxima de alguém ainda não identificado, mas que poderia ser uma ameaça, e do movimento oposto que resulta do fato do cão identificar quem se aproxima como sendo seu dono. O terceiro é 'o princípio das ações devidas à constituição do sistema nervoso, independentemente da vontade e do hábito'. Um exemplo seria a queda de cabelo ou a mudança de cor (de escuro a claro), em resposta a uma situação de terror ou sofrimento.

O capítulo 4, marcado fortemente pela ideia evolucionista, é reservado aos meios de expressão dos animais. Por exemplo, a ereção de pêlos ou penas, sons, aumento do volume corporal para induzir medo em um oponente, posicionamento das orelhas junto da cabeça como sinal de raiva (caso dos carnívoros em geral).

As expressões humanas são

diálogo com o filho. Ekman vai aos cadernos de Darwin e resgata o caso detalhadamente. Essa parte da obra é preciosa, não só para biólogos evolucionistas, mas para psicólogos, psiquiatras e antropólogos.

Darwin mostra mais uma vez ser um mestre nas observações e conclusões, no último capítulo, dedicado a uma recapitulação e conclusões. Novamente, o aspecto evolutivo é destaque: "nós temos visto que o estudo teórico das expressões confirma a conclusão de que o homem é derivado de uma forma animal inferior e apóia a crença de uma unidade (...) entre inúmeras raças".

Ao se terminar a leitura desta magnífica obra é quase impossível deixar de dar razão a Konrad Lorentz (prefácio da edição de 1965/ University of Chicago Press), que afirma que é no campo dos estudos do comportamento que as verdades inegáveis contidas em *The expression...* atingem suas maiores consequências, teóricas, práticas e, mesmo, políticas. A seguir ele conclui: "Eu acredito que mesmo hoje em dia ainda não constatamos o quanto Charles Darwin sabia."

Aldo Mellender de Araújo

Departamento de Genética e Grupo Interdisciplinar em Filosofia e História das Ciências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Livros de viagem (1803-1900)

Miriam Lifchitz Moreira Leite

Rio de Janeiro, Ed. UFRJ, 1998

O olhar 'estrangeiro' dos viajantes é capaz de captar aspectos da vida cotidiana, imperceptíveis para os habitantes de uma determinada comunidade, cidade ou país. Foi partindo desse pressuposto que a professora Miriam Moreira Leite desenvolveu suas pesquisas, ao longo de 20 anos, analisando relatos e ilustrações de visitantes oriundos de outros países, principalmente da Europa, no Brasil. Estão expostos na obra escritos de mulheres totalmente diferentes, como os da inglesa Marta Graham, dama de companhia da princesa Leopoldina; os da baronesa de Langsdorff, que veio ao país acompanhando o marido em uma missão casamenteira, e os da prussiana Ida Pfeiffer que, aos 48 anos, buscou sua realização pessoal em viagens pelo mundo. O livro narra ainda as experiências de naturalistas estrangeiros, como o médico Alexandre Ferreira e o frei José Mariano da Conceição Velloso.



Primeiro Relatório Nacional para a Convenção sobre Diversidade Biológica

Ministério do Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, 1998

O Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal foi encarregado da implementação da Convenção sobre a Diversidade Biológica ratificada pelo Brasil em 1994. Um dos artigos da Convenção exige a apresentação de um relatório que aponte as medidas adotadas para implementar os dispositivos da mesma. O Primeiro Relatório da Convenção sobre Diversidade Biológica



pelos Estados Unidos, traz informações atualizadas, fornecidas tanto por agências governamentais como por organizações não-governamentais. Ele é também um demonstrativo dos planos, programas e políticas setoriais e intersetoriais, mas não pretende esgotar todas as iniciativas ocorridas nos estados, municípios e no setor privado. O relatório pode ser adquirido através do tel.: (061) 317-1235 ou do e-mail cid-ambiental@mma.gov.br



HÁ 50 ANOS ERA DESCOBERTA A TÉCNICA DE DATAÇÃO PELO MÉTODO DO CARBONO 14

Sob a poeira do tempo

Em 1949, o químico norte-americano Willard Frank Libby publicava na revista *Science* artigo em que descrevia um novo método para identificar a idade de fósseis e minerais. Três anos depois, ele registrava no livro *Radiocarbon dating (Datação por radiocarbono)* sua técnica baseada no carbono 14 — elemento químico essencial na composição dos organismos vivos e de muitas rochas. O pioneirismo na área rendeu a Libby o Nobel de Química em 1960.

Embara a existência do carbono 14 tenha sido constatada em 1934 nos laboratórios da Universidade de Yale, nos Estados Unidos, a descoberta do mecanismo de sua formação através dos raios cósmicos e de sua ocorrência no gás de esgoto foi feita pelo químico norte-americano Willard Frank Libby (1908-1980) em 1946. Com isso, ele deu o primeiro passo para o desenvolvimento da técnica que determina, com base nesse elemento químico, a idade de amostras geológicas e arqueológicas encobertas pela poeira do tempo.

O método de Libby parte do pressuposto de que o carbono

é um elemento químico essencial na constituição dos tecidos dos organismos vivos, sejam animais ou vegetais. Além disso, é também essencial na composição de muitas rochas, como o carvão mineral (hulha) e carbonatos, principalmente calcários.

O carbono é encontrado na forma de três isótopos, com pesos atômicos 12, 13 e 14. Os dois primeiros são estáveis e o último é naturalmente radioativo. O carbono 12 perfaz quase 99% do total do elemento existente na natureza, enquanto o carbono 13 equivale a 1%. Assim, a proporção $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ é de aproximadamente 0,01.

No caso do ^{14}C , a proporção (em relação a ^{12}C) cai para cerca de 10^{-12} . Tais valores, porém, podem variar ligeiramente em função de certos processos físico-químicos e biológicos.

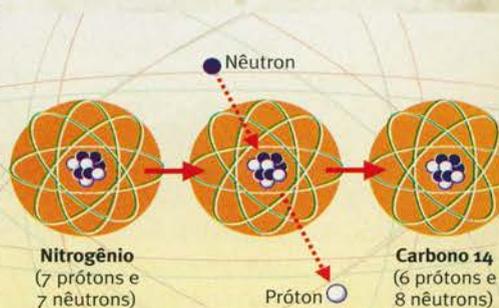
Para entender a produção do carbono 14 na natureza, é preciso considerar que a Terra sofre um constante bombardeio de radiações cósmicas. Um dos produtos desse fenômeno, os nêutrons, chocam-se às vezes com átomos de nitrogênio comum, de peso atômico 14. Com o choque, os nêutrons são capturados por núcleos de nitrogênio, que por sua vez liberam um próton (peso atômico igual a 1), transformando-se em carbono 14.

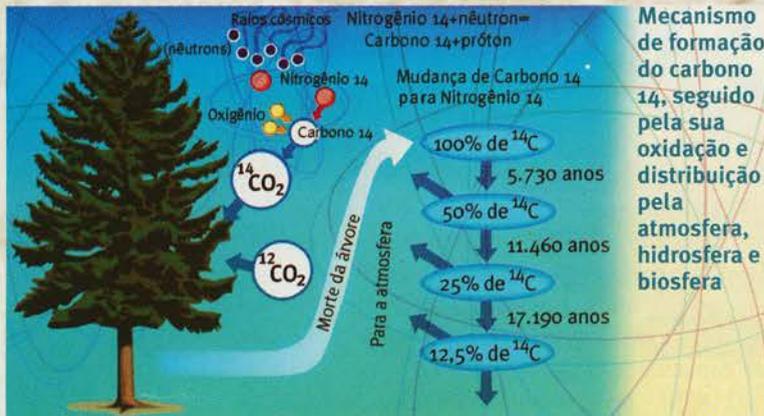
Há 50 anos

RAMKAMA & SAHAMA, 1954

ELEMENTOS	MATÉRIA VIVA DO HOMEM ADULTO	FIBRA DE MADEIRA
Carbono	48%	50%
Oxigênio	24%	43%
Nitrogênio	13%	1%
Hidrogênio	6%	6%
Outros	9%	—
	100%	100%

Composição química do homem e da madeira





Na atmosfera, os átomos de carbono 14 formados reagem quimicamente com o oxigênio para originar o gás carbônico (CO_2) e distribuem-se, a seguir, por toda a atmosfera, a hidrosfera e finalmente a biosfera. Como os vegetais vivos formam a matéria orgânica (que contém carbono) através da fotossíntese absorvendo CO_2 atmosférico, a proporção de carbono 14 nos vegetais é a mesma da atmosfera. Essa proporção é mantida nos animais herbívoros e, em consequência, nos carnívoros que se alimentam dos primeiros enquanto estiverem vivos.

O carbono 14 é naturalmente radioativo e, perdendo um elétron, volta a ser nitrogênio 14. A meia-vida (tempo necessário para que a massa inicial de um elemento seja reduzida à metade da existente na natureza) do carbono 14 é de 5.730 (± 40) anos.

O método de datação pelo carbono 14 proposto por Libby para estimar a idade das amostras antigas de troncos e folhas de árvores ou de carbonatos de conchas de moluscos é válido desde que obedeça a duas condições. A primeira delas é a de não ter havido mudanças no estado de equilíbrio entre a taxa total de produção de carbono 14 na natureza e seu desaparecimento

por desintegração radioativa (alterações nesse equilíbrio inutilizariam o método). A segunda exige que após a morte e o soterramento do ser vivo do qual se deseja datar o fóssil não ocorram trocas entre o carbono dos restos do animal ou vegetal e o do meio ambiente, isto é, que o sistema tenha permanecido quimicamente fechado (tais trocas mudariam a relação entre os isótopos, levando a datações erradas).

em amostras com idades em torno de 300 a 50 mil anos. Nos Estados Unidos, já existem empresas que trabalham com essa técnica de datação.

No Brasil, mais de 700 datações pelo método do carbono 14 já foram realizadas por pesquisadores da Universidade de São Paulo (USP) e da Universidade Federal da Bahia, principalmente em restos de madeira e conchas de moluscos associados às variações de nível do mar nos últimos 6 mil a 7 mil anos. Várias dessas amostras provêm de sambaquis – sítios arqueológicos abundantes nas costas Sudeste e Sul do Brasil e também ao longo de cursos fluviais, como o rio Xingu, no Pará. Hoje, o único laboratório de carbono 14



Troncos fossilizados de um pinheiro como este (*Pinus aristata*) permitem obter uma datação por radiocarbono acurada de até 11 mil anos atrás



Desde o início dos anos 50, quando as primeiras idades começaram a ser obtidas a partir das hipóteses levantadas por Libby, o método de datação de fatos geológicos e arqueológicos com o carbono 14 tornou-se o mais popular, podendo ser aplicado

em funcionamento no país é o do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), da USP, em Piracicaba (SP).

Kenitiro Suguio
Departamento de Paleontologia e Estratigrafia, Universidade de São Paulo



De volta para

A ficção científica (FC) é a literatura do futuro, certo? Mas não é incomum que ela olhe para o passado. Um dos recursos para isso é a viagem no tempo, que o escritor inglês H.G. Wells (1866-1946) transformou em capacidade tecnológica com *A máquina do tempo* (1895) – se bem que sua máquina viajou apenas para o futuro. Antes de Wells, em 1889, o norte-americano Mark Twain (1835-1910) levou um ianque de Connecticut para a corte do Rei Artur, bagunçando a tábua redonda com planos positivistas de industrialização da Idade Média. Também no século 19, o escritor português José Maria Eça de Queiroz (1845-1900) levou um jovem fidalgo a descobrir a verdade sobre o mito da ressurreição de Cristo, em *A relíquia* (1887). Só que nem Twain nem Eça usaram máquinas – o ianque levou uma pancada na cabeça e acordou no século 5; o português dormiu numa tenda durante uma peregrinação pela Terra Santa e despertou no século 1.

Para os brasileiros, a primeira viagem ao passado só foi possível em 1990, com a novela *A Janela do Segundo Andar*, de José dos Santos Fernandes, em que um jovem se entretém com a visão do passado captada pela máquina acoplada à janela da casa do tio cientista. Aos poucos ele se apaixona por uma moça que vê passar todos os dias numa carruagem e, ao vê-la ser atacada por assaltantes, cruza a barreira proibida da supertecnologia para salvá-la.

Polícia do tempo

Para a FC, muitas vezes uma tecnologia está fadada a ser mais difundida do que esperam os seus criadores. Com o potencial que teria a viagem no tempo para alterar o passado, em 1938, o norte-americano Jack Williamson pensou numa elite dedicada a controlar os efeitos dessa tecnologia, em *The legion of time*. O tema foi recuperado por outros dois norte-americanos, Fritz Leiber (1910-1992) em *The change war* (1978), e por Poul Anderson com *Os guardiões do tempo* (1960). O romance de Anderson acabou influenciando o brasileiro Octávio Aragão na criação da sua série Intempol®, uma polícia temporal vista no conto *Eu matei Paolo Rossi* (na antologia *Outras Copas, Outros Mundos*, editada por Marcello Branco). Aragão vê seu projeto como uma empreitada coletiva: “Mexer com viagens no tempo permite que os vários autores possam escrever sobre o que quiserem, no estilo que preferirem.”



Pastwatch, do norte-americano Orson Scott Card, oferece uma variação sobre o tema da ‘polícia temporal’, em que a única esperança para a humanidade é apagar tudo e começar de novo a partir da chegada de Colombo à América. Só que desta vez obrigando o navegador a ajudar os nativos a enfrentar o Velho Mundo em termos de igualdade.

Mundos perdidos e dinossauros tropicais

Um modo de fazer o passado chegar ao presente está no subgênero do ‘mundo perdido’, baseado na descoberta de antigas civilizações ou ecossistemas coexistindo com o presente. *Ela* (1887), do inglês H. Rider Haggard (1856-1925), fala de uma princesa egípcia comandando há milhares de anos um reino de terror num ponto esquecido da África do Norte. Na mesma linha, o romance nacional *A Amazônia misteriosa* (1925), de Gastão Cruis (1888-1959), leva um médico até o reino lendário das amazonas, que ele identifica como vestais astecas. Ao tomar uma bebida alucinógena, ele tem um vislumbre do real passado pré-colombiano. Já o inglês Arthur Conan Doyle (1859-1930) trouxe o seu cientista-herói, o professor Challenger, a Roraima em 1912 para descobrir um planalto povoado por dinossauros e hominídeos primitivos, no clássico *O mundo perdido*. Se no romance brasileiro o objetivo é descobrir algo da face inviolada de uma América perdida, para Doyle o que importa é encenar um drama darwinista, em que o homem vence a última batalha evolucionária. Para o norte-americano Michael Crichton, nos romances *O parque dos dinossauros* e *O mundo perdido*, o interesse é condenar o mercantilismo na ciência.

Dinossauros, é claro, formam outro tema favorito das viagens no tempo. A forma mais conhecida talvez seja o conto de ‘safari temporal’, como em *Um som de trovão e Uma arma para dinossauro*, do norte-americano Ray Bradbury e seu conterrâneo L. Sprague de Camp, respectivamente. Neles, aventureiros vão ao passado para caçar dinossauros. Na antologia nacional *Dinosauria tropicalia* (1995), há três histórias de viagem para o tempo dos ‘monstros pré-históricos’, assinadas por Finisia Fideli, Jorge Luiz Calife e Gerson Lodi-Ribeiro, mostrando que os brasileiros também cruzaram os milhões de anos até os períodos jurássico e cretáceo.

Nem sempre é preciso recorrer a uma superciência ou à sobrevivência de enclaves muito improváveis no nosso mundo já radiografado via satélite. Em

O passado

Mine Own Ways (1960) o norte-americano Richard McKenna recorre à memória ancestral coletiva dos homens, convocada através de sangrento ritual, para oferecer a um grupo de colonos espaciais um vislumbre da sua face mais primitiva.

História alternativa

Talvez o subgênero da FC que usa a história com mais sofisticação seja a 'história alternativa', em que a inversão de um ou outro evento histórico dá origem a uma nova realidade que 'poderia ter sido'. No Brasil, o primeiro autor conhecido a usar o recurso foi o celebrado José J. Veiga, em *A casca da serpente* (1989): Antonio Conselheiro sobrevive ao massacre de Canudos e funda uma nova comunidade, agora de perfil anarquista.

Outro pioneiro na área é Gerson Lodi-Ribeiro. Em seu conto *A ética da traição* (1992), a vitória do Paraguai na Guerra da Tríplice Aliança (travada entre a aliança Brasil, Argentina e Uruguai contra o Paraguai, de 1864 a 1866) produz um novo presente, no qual o Brasil é um país menor, porém mais progressista. Para Lodi-Ribeiro, cujo segundo livro, *O vampiro da Nova Holanda*, acaba de sair em Portugal, a história alternativa nos permite discutir temas importantes como integridade, lealdade, patriotismo, formação e dissolução do Estado nacional, e outros, sob uma ótica ficcional. O trabalho que dá o título de seu novo livro também é história alternativa.

A história alternativa combate o 'cronocentrismo' que todos partilhamos – a noção automáti-

ca de que nosso momento é o ápice de uma suposta evolução histórica, e nos força a reabilitar instantes que soam como estágios descartados na trajetória que nos trouxe até aqui. Um grande exemplo é o *The difference engine* (1990), dos norte-americanos William Gibson e Bruce Sterling: num século 19 em que os computadores chegaram 100 anos antes, o protagonista Ed Mallory afirma

sintomaticamente: "Não há história. Há somente a contingência!"

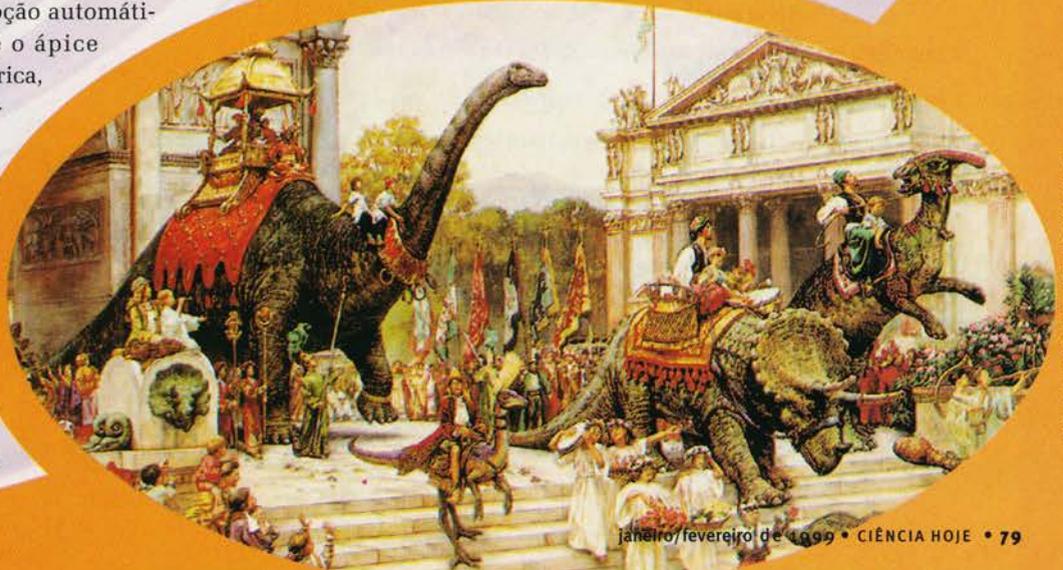
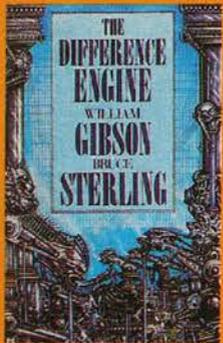
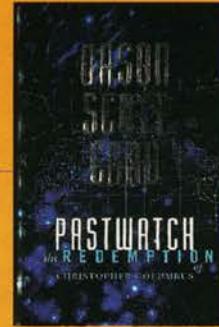
De modo semelhante, a trilogia *The hammer and cross*, do norte-americano Harry Harrison e do inglês John Holm, mostra um século 9 antecipando invenções tecnológicas e posturas que só viriam séculos depois, no Renascimento. Protagonizado pelo Rei Shef e por sacerdotes dedicados ao saber e à inovação científica e técnica, a trilogia afirma que mesmo a modernidade poderia ter chegado mil anos antes, e que uma diferença talvez circunstancial de 'mentalidade' é tudo o que nos separa do homem medieval. Efeito semelhante aparece em *O 31º peregrino* (1993), de Rubens Teixeira Scavone, ambientado no século 14, mas com o homem medieval confrontado com um fenômeno próprio do século 20: o objeto voador não-identificado.

Estudar a história nos permite compreender melhor como o presente é o que é. Na FC, o princípio funciona nos dois sentidos. Projetar características do presente para o futuro – no que é chamado de 'extrapolação' – nos ajuda a compreender o hoje enquanto o amanhã permanece uma incógnita. Objetivamente, o passado distante também é estranho à nossa experiência, e a FC tenta tocá-lo realizando uma extrapolação inversa.

Seja ambientada no passado, presente ou futuro, a ficção científica continua sendo uma literatura ocupada em compreender a realidade contemporânea.

Roberto de Sousa Causo

Especial para *Ciência Hoje/SP*



Elogio ao sertanejo

Parabéns aos autores pelo trabalho 'As estratégias do sertanejo'. Estou convicto de que projetos que levem em conta os sistemas socioculturais dos sertanejos, ou seja, suas experiências, tendem a dar mais resultado. Por que não são feitos? Todos nós sabemos... O trabalho não me chamou a atenção por acaso. Estou trabalhando em um estudo que valorize essa ótica: viabilizar o



semi-árido nordestino econômica, social, ambiental e culturalmente. Sempre partindo do princípio de ser o homem sertanejo o cientista, engenheiro, político e técnico, na construção de seus próprios modelos de desenvolvimento. (...) Gostaria de manter contatos sobre esse tema.

MARCÍLIO SANDRO
RECIFE, PE

Para contatos, o leitor forneceu o e-mail (sandro@npd.ufpe.br) e os seguintes telefones: (081) 476-2686 (residência) e (081) 271-8277 (Departamento de Geografia, Universidade Federal de Pernambuco).

Direto ao pesquisador

Gostaria de saber sobre a possibilidade de inclusão, ao fim de cada matéria publicada na CH, do endere-

ço de correspondência ou endereço eletrônico da pessoa envolvida na pesquisa. Lendo as matérias, muitas vezes gostaríamos de trocar idéias e esclarecer dúvidas. Ao facilitar a comunicação dos pesquisadores com o leitor, a revista estaria ampliando seu poder de divulgação da ciência.

DENISE DE OLIVEIRA
SÃO PAULO (POR E-MAIL)

O pedido, na forma sugerida pela leitora, não poderá ser atendido, já que a divulgação dos e-mails depende da concordância dos pesquisadores.

Mas CH pode promover o contato direto – através de nosso e-mail: chojered@sbpcnet.org.br –, sempre que um leitor manifestar interesse e o pesquisador estiver de acordo.

As famílias e o câncer

Sou estudante de enfermagem, estou no quarto período e acho fundamental para o meu conhecimento científico ler revistas como a CH. (...) Faço pesquisa sobre o lado emocional das famílias e da própria criança com câncer, e está sendo um pouco difícil conseguir material (tanto em português quanto em inglês), e queria pedir ajuda para obter essas informações. (...) O material ou a informação de onde pode ser obtido pode ser enviado pelo correio ou pelo fax (021) 263-1180.

BIANCA TAVARES VELOSO
RIO DE JANEIRO, RJ

Para os interessados em colaborar, a leitora indicou o seguinte endereço: Rua Antônio Basílio, 431/501, Tijuca, Rio de Janeiro, RJ, CEP 20511-190.

Cursos de especialização

Sou aluna do curso de farmácia e bioquímica da Universidade Federal de Santa Maria (RS). Estou no sétimo semestre, já na fase de especialização, tendo escolhido análises clínicas. O total do curso é de apenas oito semestres. Fiz a assinatura de CH duas vezes. Acho uma revista excelente, que nos atualiza em relação a várias áreas. Simplesmente adorei quando começou a parte sobre especialização. Acho que nosso currículo está mal organizado e o tempo, apenas um semestre, é muito curto para aprendermos tudo o que devemos saber para trabalhar em um laboratório de análises clínicas, pois o oitavo semestre é só estágio. Por isso estou interessada em obter informações sobre outros cursos de especialização na minha área (...).

MARLISE WAZLAWICK
SANTA MARIA, RS

O encarte sobre os cursos de especialização é na verdade um informe publicitário, e não uma seção editorial de CH. Por isso, não temos como esclarecer as suas dúvidas sobre os cursos de especialização oferecidos pelas universidades gaúchas, informações que podem ser obtidas com maior facilidade nas próprias instituições.

Correções

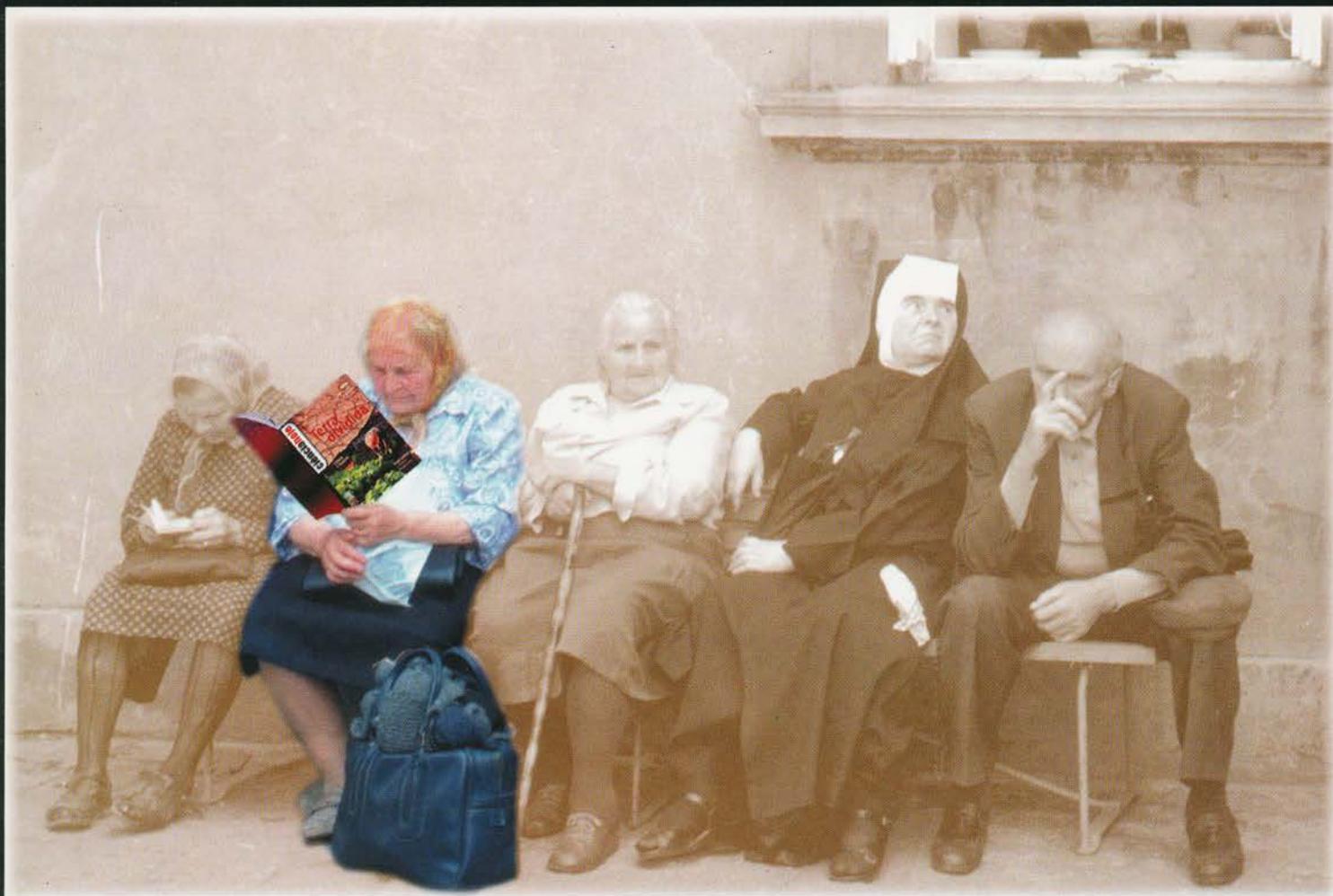
↳ O espectro luminoso não tem apenas duas cores, como foi colocado na figura 6 do artigo 'A busca por novos sistemas planetários' (CH nº 144, p. 20). Do azul ao vermelho as cores variam, como no arco-íris. E a linha espectral, sendo de absorção, só deveria aparecer como uma linha escura centrada na situação 2 da figura. Nas situações 1 e 3, todo o espectro se desloca (para a esquerda ou para a direita), e a linha espectral deveria acompanhar esse deslocamento.

↳ O nome do matemático russo citado no artigo 'A gênese do Big Bang' (CH nº 145) é Alexander Friedmann, e não Alexander Fleming, como está na legenda da fotografia (p. 39).

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

E-MAIL:
chojered@sbpcnet.org.br

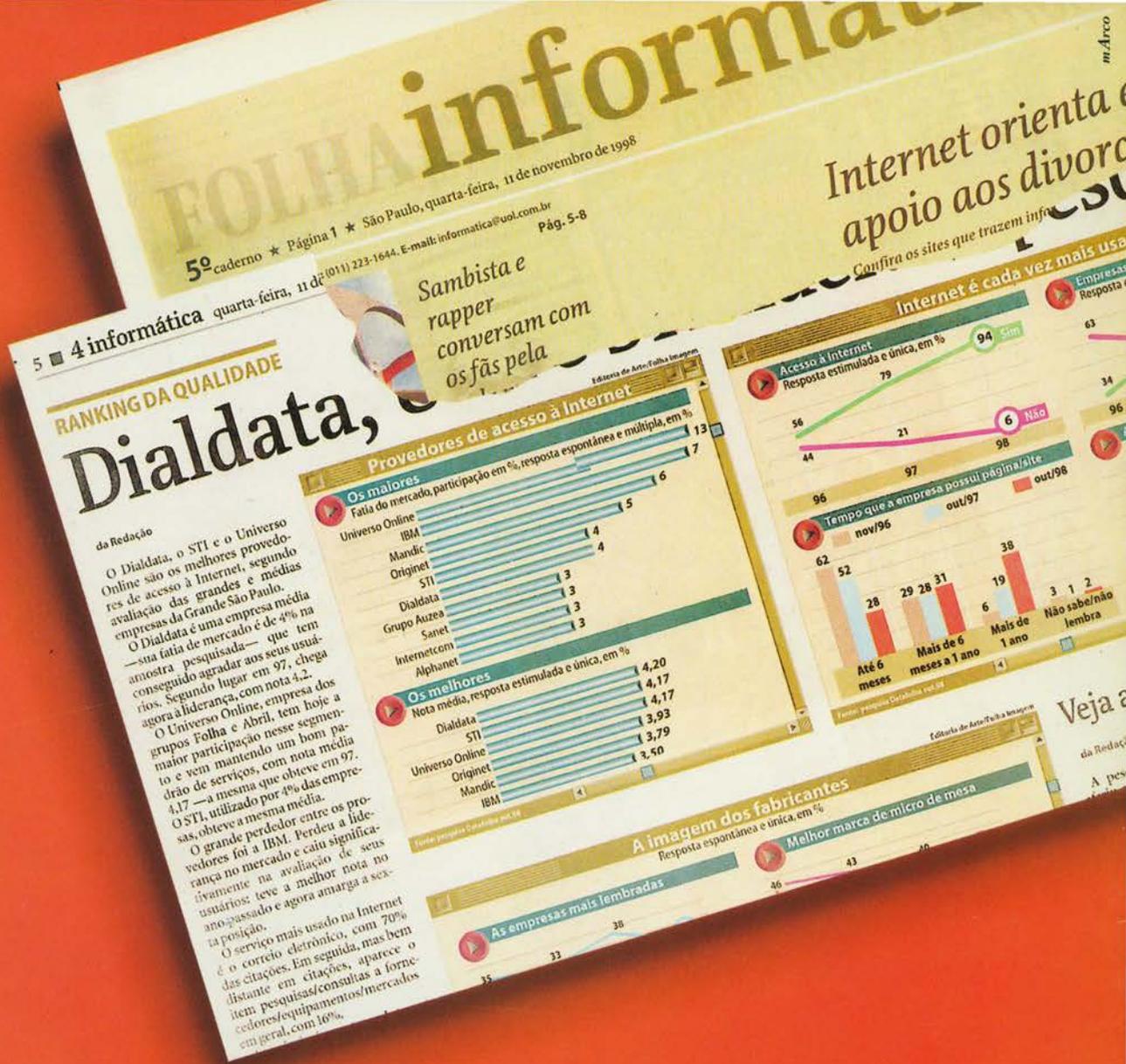
Destaque-se.



**Assine agora.
Ligue grátis:
0800-264846
e dê código CH55**

ciênciahoje
Aventure-se no conhecimento.

Departamento de Assinaturas
Av. Venceslau Brás, 71 - casa 27
CEP 22290-140
Botafogo - Rio de Janeiro/RJ
Tel.: (021)295-4846/ fax:(021) 541-5342
www.ciencia.org.br



NÃO DÁ PARA SER MELHOR.

Mais uma vez a Dialdata sai na frente e mostra que é o melhor. Segundo lugar em 97, chega agora à liderança como o melhor provedor com o maior índice de satisfação entre os usuários. Quem afirma é a pesquisa do Datafolha publicada em 11 de novembro no jornal Folha de S. Paulo, que ouviu 320 empresas de médio e grande porte da Grande São Paulo. O resultado não poderia ser diferente. Quem trabalhou com a Dialdata nos últimos anos sabe disso. Venha você também usufruir da qualidade de serviços que oferecemos sendo mais uma empresa sem problemas e com soluções na Internet.

www.dialdata.com.br

CEP 04532-002 SÃO PAULO-BRASIL TEL.: 829-4731 FAX: 822-4588 MODEM: 828-9577 3049-1900

RUA BANDEIRA PAULISTA, 716, 1º ANDAR

dialdata
internet systems