

DEVORADORES
DE GALÁXIAS

TRANSGÊNICOS:
AVANÇO OU AMEAÇA?

ISSN 0101-8515



FOBIA SOCIAL

Quando a timidez
vira doença





MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS



CBERS

SATÉLITE SINO-BRASILEIRO DE RECURSOS TERRESTRES

Um Tributo Sino-Brasileiro aos Recursos Naturais de Nosso Planeta

Em órbita desde 14 de outubro de 1999



<http://www.inpe.br/programas/cbers/portugues/index.html>



O medo doentio de viver em sociedade

Todos temos algum grau de ansiedade social ou timidez. Mas em algumas pessoas essa sensação deixa de ser normal e se torna patológica. Qualquer evento social novo ou desconhecido passa a ser vivido com uma apreensão ou inquietação exagerada, acompanhada de sintomas físicos como palpitações, sudorese, mal-estar gástrico, cefaléia e súbita necessidade de evacuar. Essa resposta inadequada a um determinado estímulo, chamada pelos psiquiatras de fobia social, atinge grande proporção de pessoas na vida moderna, prejudicando seu bem-estar e desempenho profissional. *Ciência Hoje* mostra nesta edição a importância de reconhecer a fobia social como doença para que ela possa ser tratada adequadamente.

O objetivo da biologia da conservação – manter a diversidade biológica do planeta – contrapõe-se à crise ambiental causada pelo desenvolvimento tecnológico, que levou ao aumento da população humana e ao uso não-sustentável dos recursos naturais. Para evitar a perda e fragmentação de habitats, e a conseqüente extinção de espécies, pesquisadores de Minas Gerais defendem uma nova forma de avaliar o problema e de propor soluções, com base na teoria de metapopulações.

Poucos imaginam que existam no universo objetos celestes semelhantes a enormes fornalhas. São os chamados núcleos ativos de galáxias, que emitem quantidades assombrosas de energia, na forma de jatos de matéria e radiação, luz, calor, ondas de rádio e raios X, produzindo luminosidades bilhões de vezes mais intensas que a do Sol. Duas pesquisadoras da Universidade de São Paulo mostram em *CH* como se comportam esses poderosos devoradores de matéria.

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). ISSN: 0101-8515

CONSELHO DIRETOR

Alberto Passos Guimarães Filho (CBPF/CNPq);
Otávio Velho (Museu Nacional/UFRJ);
Reinaldo Guimarães (Instituto de Medicina Social/UERJ);
Roberto Lent (Instituto de Ciências Biomédicas/UFRJ);
Fernando Szkló
Maria Elisa da C. Santos
Fernando Szkló
Ciências Humanas – Carlos Medeiros (Instituto de Economia/UFRJ)
Ciências Ambientais – Olaf Malm (Instituto de Biofísica/UFRJ)
Ciências Exatas – Francisco Caruso (LAFEX/CBPF e UERJ)
Ciências Biológicas – Débora Foguel (Instituto de Ciências Biomédicas/UFRJ)
Especial 500 anos – Carlos Fausto (Museu Nacional/UFRJ)

Secretária
Diretor Executivo
Editores Científicos

CIÊNCIA HOJE • SBPC**REDAÇÃO**

Editora Executiva
Editor de Texto
Setor Internacional
Repórteres
Revisoras
Secretárias
Colaboraram neste número

Alicia Ivanissevich
Ricardo Menandro
Micheline Nussenzeig
Ângela Góes, Bruno Magalhães, Leonardo Zanelli
e Rachel Ruiz Romano
Elisa Sankuevitz e Maria Zilma Barbosa
Theresa Coelho e Irani Fuentes de Araújo
Cássio Leite Vieira (reportagem e edição de texto) e
Marise Muniz (reportagem)

ARTE

Diretora de Arte
Programação Visual
Computação Gráfica

Ampersand Comunicação Gráfica S/C Ltda.
Claudia Fleury (E-mail: ampersand@uol.com.br)
Carlos Henrique Viviane e Raquel P. Teixeira
Luiz Baltar

SUCURSAS

BELO HORIZONTE
Coordenador Científico
Correspondente

Ângelo Machado (Instituto de Ciências Biológicas/UFMG)
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.
Tel.: (031) 499-2862 e 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

BRASÍLIA
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

BRASÍLIA
PROJETO NORDESTE

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

ADMINISTRAÇÃO

Gerente Financeira
Pessoal de Apoio

Lindalva Gurfild
Luiz Tito de Santana, Pedro P. de Souza, Ailton B. da Silva, Luiz Cláudio Tito,
Marly Onorato, 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

CIÊNCIA HOJE

Redação

Av. Venceslau Brás, 71, fundos – casa 27 – CEP 22290-140, Rio de Janeiro-RJ
Tel.: (0xx21) 295-4846 – Fax.: (0xx21) 541-5342
E-mail: chojered@sbpcnet.org.br

**Fobia social: a timidez patológica 16**

É normal sentir ansiedade ou timidez diante de um evento social. Mas quando a ansiedade é excessiva, provocando mal-estar, medo, suor exagerado, dor de cabeça e outros sintomas, ela deixa de ser normal e torna-se patológica, prejudicando toda a vida do indivíduo. É o que os psiquiatras chamam de fobia social.

Por Antonio Egidio Nardi

**Teoria de metapopulações: novos princípios na biologia da conservação 22**

A fragmentação de ambientes naturais precisa ser levada em conta na elaboração de estratégias que evitem a extinção de espécies animais e vegetais. A chamada teoria de metapopulações vem ajudando os biólogos da conservação a avaliar os problemas e a propor as soluções mais adequadas.

Por Onildo João Marini-Filho
e Rogério Parentoni Martins

**ATENDIMENTO AO
ASSINANTE E
NÚMEROS AVULSOS**

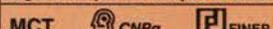
TEL.: 0800 264846

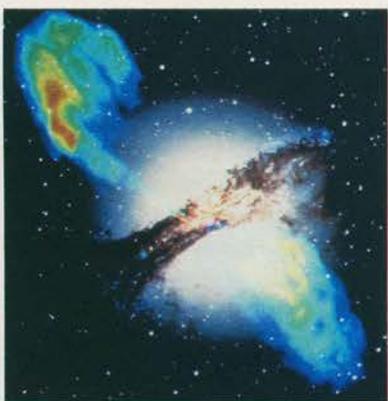
CH on-line:

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



Programa de Apoio a Publicações Científicas





As fornalhas do universo 30

Os núcleos ativos de galáxias – chamados, em casos extremos, de quasares – são objetos celestes semelhantes a fornalhas colossais, bilhões de vezes mais luminosos que o Sol, que consomem vorazmente grandes volumes de matéria e emitem quantidades imensas de energia.

Por *Elisabete M. de Gouveia Dal Pino e Vera Jatenco-Pereira*



Capa: Imagem Image Bank

O LEITOR PERGUNTA

- Q arco-íris é um arco geométrico de círculo perfeito ou é pura ilusão de óptica? 4
- Os 'homens do sambaqui' ensinaram aos tupis as técnicas de pesca no mar? 4
- Há alguma relação entre o diabetes e o surgimento de ceratocone? 5
- Por que os anestésicos não têm efeito em tecidos inflamados? 5



ENTREVISTA

Marcelo Viana

Esculpindo a matemática



6

MUNDO DE CIÊNCIA

- A Terra Santa e a origem das serpentes 11

ENSAIO

- A descoberta dos ciclos da natureza 38

EM DIA

- Transgênicos: um tiro no escuro 40
- Muito longe de um consenso 43
- Fósseis em águas profundas 46
- Verão negro no litoral carioca 48
- Uma vida dedicada à evolução 50
- O resgate da Amazônia colonial 53
- Habitantes 'clandestinos' de Rio Branco 54
- Tiro ao alvo 57



OPINIÃO

- A 'década da decisão' para a Amazônia 59

TECNOLOGIA

- Cinzas da incineração de lixo: matéria-prima para cerâmicas 63

PRIMEIRA LINHA

- História geológica do Quadrilátero Ferrífero 68
- Plantio direto: um veículo para doenças? 72



RESENHA

- Uma obra genuína que merece destaque 74

MEMÓRIA

- Proteção (esquecida) para o trabalhador 76



CARTAS

80

? O arco-íris é um arco geométrico de círculo perfeito ou é pura ilusão de óptica? Quais as leis físicas que o regem?

ORESTES MOREIRA DA SILVA, PORTO ALEGRE/RS

O arco-íris que vemos no céu resulta da luz solar espalhada (desviada) por gotinhas de água na atmosfera. Ele é visto por um observador de costas para o sol. Os raios espalhados que formam o arco-íris primário (mais intenso) sofreram um desvio de aproximadamente 42° (figura 1). Decorre da física do arco-íris que nessa direção o espalhamento é muito forte. O ângulo de desvio é ligeira-

mente diferente para as diferentes cores que compõem a luz solar, resultando nas cores do arco-íris.

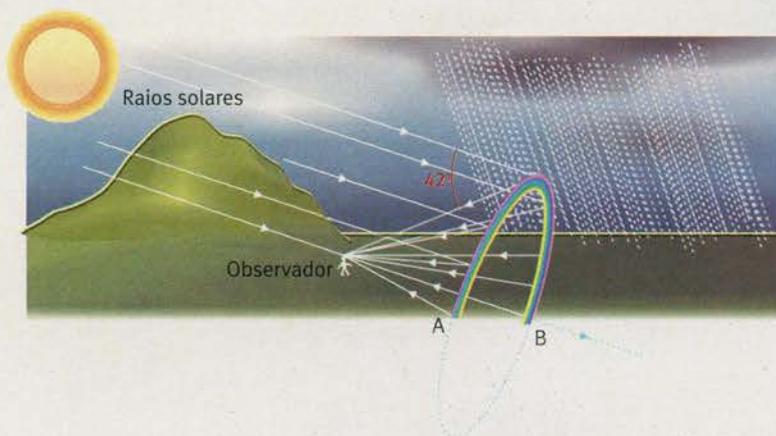
Assim, o arco-íris não é um objeto material (quem procurar sua 'base' nunca encontrará um pote de ouro!), mas sim um conjunto de direções da luz solar espalhada. Essas direções formam um cone de ângulo de abertura de 42° , cujo eixo é a direção dos raios solares e cujo

vértice é o olho do observador (pense em um guarda-chuva aberto: o cone é formado pelas varetas). A seção desse cone projetada no céu é o círculo, o que explica a forma circular do arco-íris.

Visto do solo, só é perceptível a parte AB do arco situada acima do horizonte (figura 1); com sorte, o círculo todo é visível de um avião. Quanto maior a elevação do sol em relação ao horizonte, menor é a porção do arco visível do solo: seria quase um semi-círculo ao raiar ou pôr-do-sol.

A teoria física completa do arco-íris só foi obtida recentemente e é bastante elaborada. Uma versão mais acessível encontra-se na *Scientific American*, vol. 236, pp. 116, 1977.

H. Moysés Nussenzveig
Instituto de Física,
Universidade Federal
do Rio de Janeiro



? Os 'homens do sambaqui' foram dominados pelos tupis por volta do ano 1000? Eles teriam ensinado aos tupis as técnicas de pesca no mar, com canoas e redes?

ISABEL ROQUE, POR E.MAIL

Há indícios da presença dos sambaqueiros na costa brasileira desde 6.500 anos atrás. É bem provável que eles já estivessem ocupando o litoral há mais tempo, mas com a subida do nível do mar os primeiros testemunhos foram cobertos pelas águas e nada se sabe sobre esse período. Fragmentos de cerâmica do início da era cristã foram encontrados em vários sítios e alguns deles foram identificados como pertencentes, segundo arqueólogos, à tradição tupi-guarani.

Há várias interpretações sobre a ocorrência de cacos cerâmicos nos últimos níveis dos sambaquis. A mais plausível propõe que, em um primeiro momento, a presença desse material indica que existiam trocas entre os sambaqueiros e os ceramistas. Depois, quando os



FOTO LINA MARIA KNEIP

ceramistas se instalaram na costa, ocorreu a desestruturação do modo de vida dos antigos pescadores. Durante esse processo, é bem provável que alguns sambaqueiros tenham sido incorporados pelos ceramistas e outros tenham migrado procurando novos locais para moradia.

Com relação à pergunta sobre as técnicas de pesca, é preciso lembrar que a base da dieta alimentar dos sambaqueiros era a pesca, e seu arsenal tecnológico

Há alguma relação entre o diabetes e o surgimento de ceratocone?

EDMARINE DE CASTRO BARBOSA, NOVA GAMA/GO



FOTO PAULO SCHOR

Embora o diabetes e o ceratocone tenham características genéticas e sejam transmissíveis de pai para filho, eles não parecem ser transmitidos em conjunto para os descendentes.

O diabetes pode afetar a retina (fundo do olho) após longo tempo de doença, se o nível de açúcar no sangue não for controlado. Nesse caso a visão pode diminuir, tornando-se necessário o tratamento com laser. Para evitar

isso, os diabéticos devem procurar o oftalmologista periodicamente para ter sua pupila dilatada e sua retina examinada.

O ceratocone atinge o olho na sua porção mais anterior, a córnea. Nessa situação, a córnea torna-se mais curva, aumentando o grau de miopia do indivíduo. A alteração pode evoluir na adolescência e exigir o uso de lentes de contato rígidas. Em casos extremos, quando as lentes não ficam estáveis nos olhos, o tratamento indicado pode ser a cirurgia de transplante de córnea, que atualmente tem uma taxa de sucesso muito alta.

Paulo Schor

Departamento de Oftalmologia,
Universidade Federal de São Paulo

devia incluir redes e embarcações. Os arqueólogos sabem disso porque encontraram nos sítios restos de peixes capturados, mais facilmente, com a utilização de rede de arrasto. Nunca foi encontrada embarcação, pedaço de remo ou vela, mas a ocupação das ilhas e a implantação ambiental dos sítios são evidências de que os sambaquieiros cruzavam os mares brasileiros.

Por outro lado, a origem dos ceramistas identificados com a tradição tupi-guarani é a região amazônica. Acredita-se que a sua expansão tenha sido feita seguindo o rio Amazonas em direção ao mar e que depois eles teriam rumado para o sul, seguindo a costa brasileira. A pesca era uma atividade recorrente para os ceramistas e, muito provavelmente, eles já contavam com algum tipo de embarcação quando encontraram os sambaquieiros. Mais detalhes sobre o assunto podem ser encontrados no recém-publicado livro de minha autoria *Sambaqui: arqueologia do litoral brasileiro* (editora Zahar).

Maria Dulce Gaspar

Museu Nacional,
Universidade Federal do Rio de Janeiro



Por que os anestésicos não têm efeito em tecidos inflamados?

ANDERSON L. BACCARINI, SÃO PAULO/SP

Em uma infecção, o processo inflamatório manifesta-se de diferentes formas: em geral, o tecido incha, fica avermelhado, quente e muito sensível ao toque. Essas alterações são características do processo, mas podem ocorrer também em outras condições. Por exemplo, em doenças reumáticas como a artrite reumatóide.

Nos tecidos inflamados, estímulos que normalmente não causam dor provocam sensações dolorosas. Quando machucamos um dedo, por exemplo, temos a sensação de que ele ficou maior e qualquer toque sutil causa dor ou desconforto. A esse fenômeno dá-se o nome de hiperalgesia. Os anestésicos funcionam sim durante processos infecciosos, principalmente se administrados de forma sistêmica (anestesia geral) ou usados para fazer bloqueios de campo. Se o anestésico é aplicado na região onde ocorre o processo inflamatório e nesse local há hiperalgesia, a sensação dolorosa pode ser maior. Entretanto, se bem administrado, pode ter efeito satisfatório, após a sensação de desconforto inicial.

Mauro Martins Teixeira

Instituto de Ciências Biológicas,
Universidade Federal de Minas Gerais

CARTAS À REDAÇÃO

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

E-MAIL:
chojered@sbcpcnet.org.br

Marcelo Viana

Esculpindo a matemática



2000 é o ano internacional da matemática. E o Brasil tem seus motivos para se sentir no mínimo confortável ao comemorar a data. É o país da América Latina mais bem classificado no *ranking* da União Internacional de Matemática, estando, por exemplo, lado a lado com a Holanda, Bélgica, Polônia e Espanha, países cuja tradição científica antecede a brasileira em séculos. Além disso, a última medalha de ouro da Academia de Ciências do Terceiro Mundo veio para um brasileiro, Marcelo Viana, por suas pesquisas na área popularmente conhecida como teoria do caos.

Aos 38 anos, Viana é também o membro-titular mais jovem da Academia Brasileira de Ciências. Seus estudos, até a graduação em matemática, foram feitos no Porto (Portugal), para onde foi levado aos três meses de idade. Em 1986, retornou ao Brasil para cursar a pós-graduação e, um ano depois, foi contratado como pesquisador do Instituto de Matemática Pura e Aplicada, no Rio de Janeiro, onde terminou seu doutorado em 1990 e trabalha até hoje.

Nesta entrevista, Viana fala de sua área de trabalho, de suas influências, dos eventos programados para o ano internacional da matemática, das vantagens e dificuldades de se fazer ciência no Brasil, entre outros temas.

ENTREVISTA CONCEDIDA A **CÁSSIO LEITE VIEIRA** (ESPECIAL PARA A *CIÊNCIA HOJE(R)*)

O senhor trabalha com sistemas dinâmicos não lineares, área popularmente conhecida como caos. Para o público, caos é sinônimo de bagunça, desorganização. É assim que certos fenômenos naturais se comportam?

Não. A expressão caos não é muito feliz. Foi introduzida em uma fase na qual se começou a observar que muitos sistemas pareciam ter comportamento irregular, que não seguiam nenhuma lei clara, embora fosse sabido que deveria haver algum tipo de regularidade que não estava aparente.

À medida que se foi entendendo cada vez mais esse tipo de comportamento, ficou claro que a expressão caos não era apropriada, pois os sistemas que chamamos caóticos não são realmente irregulares. Pelo contrário, são sistemas cujo comportamento segue um certo tipo de regularidade. O que acontece é que, em geral, se você quer formular essa regularidade, tem que usar uma linguagem baseada na probabilidade. Não se pode tentar dizer exatamente como o sistema vai se comportar no futuro, conhecendo suas condições iniciais. Tenta-se, então, com o máximo de precisão possível, dizer qual é a reação que ele provavelmente terá. Nesse sentido, tem sido observado que os sistemas caóticos são até bastante regulares.

Na natureza, os fenômenos caóticos são regra ou exceção?

Essencialmente, são regra. Há, claro, sistemas naturais muito simples cujo comportamento não chega a ser caótico. Porém, o que se observa é que, em geral, em qualquer área da ciência, há fenômenos cujo comportamento complexo cai nessa categoria que denominamos caótico.

Acredito que as formas desses corpos já existiam na pedra antes de Michelangelo começar a escultura. Mas foi necessário que ele as evidenciasse, que as trouxesse à luz

De onde vem essa imprevisibilidade dos sistemas caóticos?

Vou dar um exemplo para descrever um mecanismo simples de imprevisibilidade. Suponha que eu dê para você um número que tenha uma precisão muito grande, digamos de 12 casas decimais. Peço, então, que você multiplique o número por 10. A cada operação dessas, os números depois da vírgula vão diminuindo e, com isso, a precisão vai se tornando menor. Depois de fazer a multiplicação poucas vezes, a informação que era precisa no início, com 12 casas decimais, estará totalmente perdida.

Analogamente, o que acontece nos sistemas caóticos é que posições que são muito próximas no início vão se afastando ao longo do tempo. Em outras palavras, qualquer pequena modificação na posição inicial pode se converter em uma grande diferença à medida que esse sistema evolui com o tempo.

Esse é um exemplo puramente matemático. Em que fatos do cotidiano o caos se apresenta mais visivelmente?

Suponha que você esteja na cozinha fazendo um prato simples. É provável que a quantidade de sal e a quantidade de água não tenham uma grande influência no resultado final da sua receita. Mas se você estiver fazendo um prato sofisticado, elaborado, as quantidades dos ingredientes podem determinar totalmente o sucesso ou o fracasso da sua refeição. É, claro, um exemplo um pouco humorístico, mas mostra que no dia-a-dia enfrentamos situações em que pequenas modificações do estado inicial do sistema podem conduzir a resultados totalmente diferentes.

Isso também pode ser observado em ecologia. Por vezes, pequenas modificações na população de uma espécie podem conduzir a resultados inesperados. Por exemplo, mesmo um pequeno aumento no número de indivíduos de uma espécie pode levar a resultados surpreendentes, como a extinção dessa espécie.

Dá para se tirar proveito desse comportamento caótico?

Sim. Apesar de os sistemas caóticos parecerem imprevisíveis, é possível saber como eles evoluem. Assim, pode-se tirar partido desse caráter sensitivo para fins práticos. Um exemplo muito citado é o das

missões espaciais. Atualmente, usa-se bastante a teoria do caos para selecionar trajetórias que são muito mais econômicas em relação ao gasto de combustível para naves e sondas. Essas trajetórias tiram proveito do seguinte fato: sistemas planetários e de corpos celestes são caóticos. Então, é possível, através de uma escolha muito cuidadosa do momento e da direção do lançamento, fazer com que uma sonda espacial chegue a Marte com o mínimo de combustível. Para isso, ela é enviada normalmente na direção de planetas ou outros corpos celestes, tirando-se partido do comportamento caótico desses sistemas.



A União Internacional de Matemática declarou 2000 o ano internacional da matemática. Quais são algumas das ações e os projetos previstos?

Aliás, essa declaração se chama Declaração do Rio, por ter sido feita pelo Comitê Executivo da União Internacional de Matemática [IMU], reunido aqui no Instituto de Matemática Pura e Aplicada. O ano internacional de matemática prevê atividades em todos os continentes. A IMU está dando uma ênfase muito forte ao desenvolvimento da área em particular nos países em desenvolvimento. Haverá encon-

faça uma apresentação do trabalho que justificou a premiação. Fiz um resumo para o público presente, de cientistas, sobre o trabalho que venho desenvolvendo com sistemas dinâmicos não lineares, enfocando também pesquisas feitas por colegas que trabalham nesse assunto.

Como o senhor classificaria a pesquisa matemática feita no Brasil em comparação com outros países? Qual a área em que o Brasil mais se destaca?

O Brasil pertence ao terceiro grupo da União Inter-



Os computadores estão muito longe de substituir o esforço mental do matemático e o papel do cérebro humano. O elemento determinante do avanço da matemática ainda é de origem humana

tros científicos nos Estados Unidos, na Europa e, mais importante, na América Latina, África e Ásia. Na América do Sul, estamos realizando pela primeira vez o Congresso Latino-americano de Matemática, que será realizado aqui no Impa, na primeira semana de agosto, com patrocínio da IMU.

A IMU também patrocinou a publicação do livro *Mathematics: perspectives and frontiers* [Matemática: perspectivas e fronteiras], lançado há poucos meses pela Sociedade Americana de Matemática. É um esforço para repetir o famoso discurso de Hilbert [David, matemático alemão, 1862-1943] feito no Congresso Internacional de Matemática de Paris em 1900, no qual ele propôs 23 problemas que deveriam ser estudados pelos matemáticos neste século. Entendendo que 100 anos depois não é mais possível que um único indivíduo elabore para o século 21 um programa de problemas, foram contactados cerca de três dúzias de matemáticos de altíssimo nível, e cada um deles elaborou um capítulo desse livro, com suas visões pessoais sobre a evolução das várias áreas da matemática no próximo século. É um livro interessantíssimo, com pontos de vista diferentes e estimulantes.

A IMU também está estudando mecanismos de apoio a centros de pesquisa em países do hemisfério Sul. Esses programas ainda estão em fase inicial, mas a iniciativa em si é de grande importância.

Recentemente, o senhor ganhou a medalha de ouro da Academia de Ciências do Terceiro Mundo na categoria matemática. A cerimônia de entrega foi em Dacar, no Senegal. O que o senhor disse em seu discurso?

O discurso de aceitação do prêmio é de caráter científico. Espera-se da pessoa que ganhou o prêmio que

nacional de Matemática. Ao todo, são cinco grupos. Essa classificação tem a ver com a produção científica do país. A posição ocupada pelo Brasil o coloca entre uma elite de países, ao lado da Holanda, Austrália, Bélgica, Espanha, Polônia, por exemplo. Acima, no quarto grupo, estão Israel, Suíça e Suécia, e, no quinto grupo, estão, por exemplo, Estados Unidos, Rússia, França e Inglaterra, países com tradição científica muito maior que a nossa. Pouquíssimos países da América Latina estão nesses cinco grupos de classificação. Por exemplo, Argentina, Chile e México estão no grupo dois, e Uruguai, Cuba e Venezuela no grupo 1.

A posição brasileira reflete o que tem sido a produção científica do país, que é ainda relativamente pequena se comparada à de potências como Estados Unidos, Rússia ou Inglaterra, mas é de altíssima qualidade.

Várias áreas da pesquisa matemática no Brasil já atingiram níveis muito bons, mas tradicionalmente sistemas dinâmicos é aquela em que temos a maior projeção internacional no momento.

Que matemáticos influenciaram seu trabalho?

Devo mencionar Jacob Palis Júnior, atual diretor do Instituto de Matemática Pura e Aplicada, que foi meu orientador e cuja influência foi marcante para meu trabalho. Ele influenciou de modo muito positivo uma grande parte da matemática brasileira, em particular a escola de sistemas dinâmicos. No plano mais geral, citaria Poincaré [Jules Henri, matemático francês, 1854-1912], que pode ser considerado o fundador da área de sistemas dinâmicos e cujo espírito ainda permeia não só essa área, mas também outras da matemática.

A matemática e a física se alternam na vanguarda da pesquisa. Ora uma está na frente, ora outra, dependendo da época e da área. Em sistemas dinâmicos, quem está na frente neste momento?

A área de sistemas dinâmicos tira grande parte de sua energia do fato de ser uma área de interação, de confluência de métodos. Os matemáticos dessa área são motivados por questões colocadas pela física, biologia, química, economia etc. Essa conjugação de métodos e influências faz essa área ser muito ativa, muito excitante, levando a física e a matemática a competir para estar na frente. Mas acho que as abordagens são distintas, mesmo para problemas relacionados. Por algumas décadas, ocorreu que a matemática estava desenvolvendo uma teoria relativamente elaborada para os sistemas dinâmicos, mas que não correspondia às necessidades da física. No entanto, sobretudo na década de 1990, assistimos a uma revolução profunda na matemática dos sistemas dinâmicos, que passou a ser capaz de propor formulações e conceitos satisfatórios às necessidades tanto dos físicos quanto de outros cientistas experimentais.

Não acho que haja uma prevalência da física. Pelo contrário, creio que, neste momento, a matemática está fazendo sua parte com pleno sucesso, enquanto a física está enfrentando dificuldades por estar abordando problemas em que a observação experimental de certos fenômenos é muito difícil por razões técnicas.

Na era dos supercomputadores, ainda é possível fazer boa matemática com papel, lápis e cérebro?

Absolutamente, sim. Os computadores são ferramen-

tas que não substituem o gênio humano que o computador não substitui.

O senhor tem alguma técnica especial para se concentrar quando está trabalhando em matemática?

A concentração exige essencialmente que você se desligue do mundo exterior, que consiga parar de prestar atenção em estímulos externos. Tento fazer isso evitando escutar vozes humanas, que me distraem bastante. Para isso, procuro me concentrar escutando música; nesse caso, curiosamente, a voz humana não me incomoda. Tenho um gosto bem variado com relação à música. Escuto com o mesmo prazer música clássica, jazz ou música mais contemporânea. Qualquer um desses estilos me ajuda bastante a me desligar dos estímulos externos. No rock, sou fã de Deep Purple, Led Zeppelin, Pink Floyd e Dire Straits; no jazz, gosto muito de Ella Fitzgerald e Billy Holliday; com relação ao clássico, gosto basicamente de Bach.

Como surgem seus *insights* no trabalho?

Vêm, por exemplo, de fatos do cotidiano ou a intuição é sempre meramente abstrata?

Em geral, fico pensando no problema bastante tempo. É um período relativamente infeliz, porque você não sabe para onde se voltar, onde procurar. Fico assim por muito tempo e, por vezes, acabo deprimido e paro por algum período, até voltar ao problema. Porém, em algum momento, que é totalmente imprevisível, surge uma idéia, em um processo que é muito curioso, porque, por vezes, sei que tive a idéia fundamental, mas ainda não sei em que ela consiste. Vou

A linguagem matemática é mais difícil e mais demorada de ser aprendida do que aquela que revela a estética e a beleza de jogadas bonitas do futebol, como a embaixadinha e a bicicleta.

tas que têm sido de grande utilidade no teste de certas hipóteses, para a confirmação de idéias, por exemplo. Sem dúvida, eles têm conduzido a descobertas na matemática, mas não alteraram a tarefa fundamental da matemática, que é o enunciado e a demonstração dos fatos matemáticos, dos teoremas.

Os computadores estão muito longe de substituir o esforço mental do matemático, bem como o papel do cérebro humano. O elemento determinante do avanço da matemática ainda é de origem humana. Cito aqui a demonstração relativamente recente do chamado último teorema de Fermat como um exem-

plando um caso específico em que o caminho me veio na forma de uma figura, que surgiu para mim quase como uma visão mística. Tive certeza de que ela continha a idéia fundamental para resolver o problema. Outras vezes, porém, o processo ocorre de forma mais vaga. Você sabe que uma nova compreensão do problema é a solução, é o passo fundamental, embora tenha que elaborar essa idéia.

Gosto da seguinte frase de Thomas Edison [físico e inventor norte-americano, 1847-1931]: ciência é 10% de inspiração e 90% de transpiração. A idéia fundamental, esse momento mágico, é muitas vezes ▶



quase intangível, mas é a partir dela que você vai despende os 90% de transpiração, extraindo dessa intuição a demonstração rigorosa de seu resultado. É um processo que acho fascinante do ponto de vista psicológico. Em um certo instante, você tem certeza de que vai resolver o problema, ainda que tenha que extrair desse minério bruto a pureza de sua demonstração. Nesse momento, vem a certeza de que o problema será resolvido.

Uma questão mais filosófica. Alguns matemáticos acham que a matemática reflete a realidade do mundo exterior. Outros acham que ela é só uma representação desse mundo.

Em qual dessas correntes o senhor se enquadraria? Acredito que na matemática fazemos o que Michelangelo fez nas suas esculturas. Cito o exemplo da obra *Os escravos*, em que da rocha vemos



É como se os teoremas estivessem lá, antes que os descobramos, mas é necessário que os retiremos do resto da pedra e os tornemos visíveis. As realidades matemáticas preexistem ao indivíduo, mas precisam dele para serem evidenciadas

surgir corpos humanos que estão parcialmente delineados. Acredito que as formas desses corpos já existiam na pedra antes de Michelangelo começar a escultura. Mas foi necessário que ele as evidenciasse, que as trouxesse à luz. Acredito que na matemática fazemos algo parecido. Escavamos uma rocha, um mármore, onde as formas já existem. É como se os teoremas estivessem lá, antes que os descobramos, mas é necessário que os retiremos do resto da pedra e os tornemos visíveis. Para mim, as realidades matemáticas preexistem ao indivíduo, mas precisam dele para serem evidenciadas.

Para o público geral, a matemática é uma área só para gênios ou superdotados intelectualmente. O senhor concorda? Genialidade e criatividade andam de mãos dadas?

Em relação à primeira pergunta, a resposta é não. Por exemplo, uma grande maioria gosta de futebol, mas nem todos são ou serão craques. Mas isso não impede que essas pessoas apreciem a estética desse esporte. Como em qualquer outra área, há que se distinguir entre o profissional e o apreciador. Para ser profissional em qualquer atividade, é preciso talento, vocação e esforço, e a matemática não é exceção. Por outro lado, o apelo estético das noções da matemática é intrínseco à natureza humana. Todos

podem apreciar a beleza dos objetos e fatos da matemática. Só que muitas vezes esses fatos precisam ser expressos em uma linguagem que é mais difícil e mais demorada de ser aprendida que aquela que revela a estética e a beleza de jogadas bonitas do futebol, como a embaixadinha e a bicicleta.

Quanto à segunda pergunta, não saberia definir o que é genialidade. Se tivesse que defini-la, diria que ela é quase um sinônimo de criatividade e aqui não estou pensando só no âmbito da ciência ou tecnologia. Genialidade em qualquer atividade é a capacidade de fazer algo que nenhuma outra pessoa faria e, assim, é uma noção muito próxima da de criatividade. Portanto, acho que, nesse sentido, poderíamos dizer que ambas andam de mãos dadas.

O que o senhor diria a um adolescente que está pensando em se dedicar à matemática pura no Brasil?

Diria: faça matemática, seja pura ou aplicada, já que essa distinção não tem sentido. Acredito que é possível fazer boa ciência no Brasil, em particular na matemática. É possível fazer neste país ciência da qual nos orgulhamos.

E quais as principais dificuldades que esse adolescente encontraria?

O Brasil é curioso. Há um sentimento de que um país com essas características tem a obrigação estratégica de fazer ciência, porque não se pode dar ao luxo de não fazê-la. A ciência não é um luxo. O luxo seria não fazê-la.

De um modo geral, a visão da pesquisa científica em nosso país é muito mais positiva que a encontrada em outros países com situação econômica e social comparável à nossa. Mas, por outro lado, os cientistas brasileiros lutam, de maneira permanente, contra as instabilidades. A principal dificuldade por que passa a pesquisa no Brasil neste momento é a impossibilidade de programação, porque o desembolso de recursos é muito irregular. No ano passado, tivemos uma crise enorme, da qual estamos saindo. No entanto, apesar de esforços louváveis para tornar o financiamento da pesquisa mais estável, ainda vivemos uma situação de grande vulnerabilidade do fomento à ciência. ■

A Terra Santa e a origem das serpentes

Algumas serpentes ainda exibem vestígios de ossos dos membros posteriores. Por isso, imaginava-se que estes sofreram redução progressiva ao longo da evolução e que só existiriam membros mais desenvolvidos em serpentes primitivas. Agora, no entanto, um fóssil de serpente encontrado em Israel, descrito na revista *Science* (v. 287, p. 2.010), contradiz essa teoria.

As serpentes surgiram na era Mesozóica, há talvez 140 milhões de anos, mas ainda há controvérsias sobre que animais tetrápodos seriam seus ancestrais. As hipóteses mais aceitas previam que as serpentes primitivas apresentariam vestígios de membros posteriores mais desenvolvidos, que teriam sofrido progressiva redução durante sua evolução. Essa idéia, porém, acaba de ser derrubada por um fóssil de serpente de 95 milhões de anos, denominado *Haasiophis terrasanctus*, encontrado em Jerusalém. Pesquisa recente demonstrou que esse fóssil apresenta características ósseas de serpentes evoluídas, que a presença de membros posteriores em fósseis de serpentes não indica ancestralidade e que a perda de patas nesses répteis pode ter ocorrido várias vezes ao longo de sua evolução.

Os dinossauros, as aves, os mamíferos e as plantas com flores (angiospermas) surgiram durante a era Mesozóica, entre 260 e 65 milhões de anos atrás, sob um clima predominantemente tropical. As serpentes originaram-se dos lagar-

tos do grupo Autarchoglossa, que têm órgão vomeronasal (região bucal com terminações nervosas quimiossensitivas) desenvolvido e, em alguns casos, apresentam língua de ponta dupla, como a das serpentes. As características serpentiformes incluem corpo alongado, grande redução de membros e olhos e órgão vomeronasal.

Há duas hipóteses correntes sobre a origem das serpentes. Uma baseia-se na semelhança estrutural e ecológica entre alguns fósseis, como *Dinilysia* (80 milhões de anos), com serpentes atuais como *Cylindrophis* (família Aniliidae). A outra diz que as primeiras serpentes eram pequenas, como os atuais lagartos anguiomorfos, entre os quais estão as chamadas cobras-cegas. Esses lagartos, aparentados das serpentes, não têm patas e variam de 20 cm até quase 10 m de comprimento (caso dos extintos mosassauros, que viviam em ambientes aquáticos).

O sítio fossilífero Ein Yabrud, datado do período Cretáceo (95 milhões de anos), o último da era Mesozóica, fica perto de Jerusalém. Ali foram achadas as duas espécies de ser-

pentes marinhas fósseis. Uma, *Ptychochachis problematicus*, apontada como a serpente mais antiga, foi considerada “um excelente exemplo de espécie de transição”, que ligaria as serpentes aos extintos mosassauros. Os estudos dessa espécie levaram à proposta de que as serpentes teriam surgido no mar.

Esse quadro mudou com a descrição recente da segunda espécie de Ein Yabrud por uma equipe da qual participou o brasileiro Hussam Zaher, da Universidade de São Paulo. O animal, que ganhou o nome de *Haasiophis terrasanctus*, é uma serpente com pouco mais de 70 cm, bem melhor preservada que *P. problematicus*. A espécie foi identificada como serpente com base na alta mobilidade do crânio (graças ao modo de articulação dos ossos, diferente do existente em lagartos), no número e formato das vértebras (do corpo, da região cloacal e da base da cauda).



A estrutura craniana mostra detalhes relativamente primitivos, como os presentes em serpentes da família Aniliidae, mas também alguns do grupo mais avançado das macrostomatas (as que podem abrir muito a boca para engolir presas grandes inteiras). O crânio é tipicamente serpentiforme e o membro posterior é bem desenvolvido, com fêmur, tibia, fíbula, tarso, metatarso e falange.

A equipe que descreveu *H. terrasanctus* também reestudou *P. problematicus* à luz de seus caracteres e pelo método filogenético (que avalia a história evolutiva). Caracteres morfológicos indicam que *H. terrasanctus* não é um exemplar juvenil de *P. problematicus*, (de maior porte). Já a análise filogenética revelou que os dois gêneros são espécies-irmãs, posicionadas na base das serpentes macrostomatas, e portanto próximas das jibóias e pitons. O crânio e os dentes dos dois fósseis exibem muitas características em comum com os macrostomatas, enquanto as similaridades com os mosassauros são superficiais e convergentes (evoluíram de forma independente, e não por herança de um ancestral comum).

A proximidade com os macrostomatas indica que os dois gêneros, *Haasiophis* e *Pachyrhachis*, não estão relacionados à origem das serpentes ou aos mosassauros. Representam, antes, uma prova cabal da primeira ocupação do ambiente marinho por serpentes macrostomatas. Além disso, a presença de membros posteriores em um grupo relativamente avançado de serpentes sugere que a perda de patas pode ter ocorrido repetidas vezes nesses animais, assim como entre todos os Squamata (ordem que reúne lagartos, asfisbenas e serpentes).

Augusto Abe

Departamento de Zoologia,
Universidade Estadual Paulista
(Rio Claro)

FÍSICA

CAPTURA DE UM ÁTOMO POR UM ÚNICO FÓTON

Um experimento realizado por Gerhard Rempe, do Instituto Max Planck de Óptica Quântica, em Munique (Alemanha), conseguiu aprisionar um átomo usando um único fóton. O átomo de rubídio, produzido por uma 'fonte atômica' e injetado numa cavidade com velocidade muito baixa, da ordem de 20 cm por segundo, é capturado por um único fóton de *laser*. O volume da cavidade é muito pequeno, o que torna o campo elétrico do fóton suficientemente forte para capturar o átomo. Um sistema desse tipo poderia ser utilizado como memória quântica em aplicações futuras da computação quântica, empregando fibras óticas para transmissão de fótons de *laser* entre diferentes cavidades.

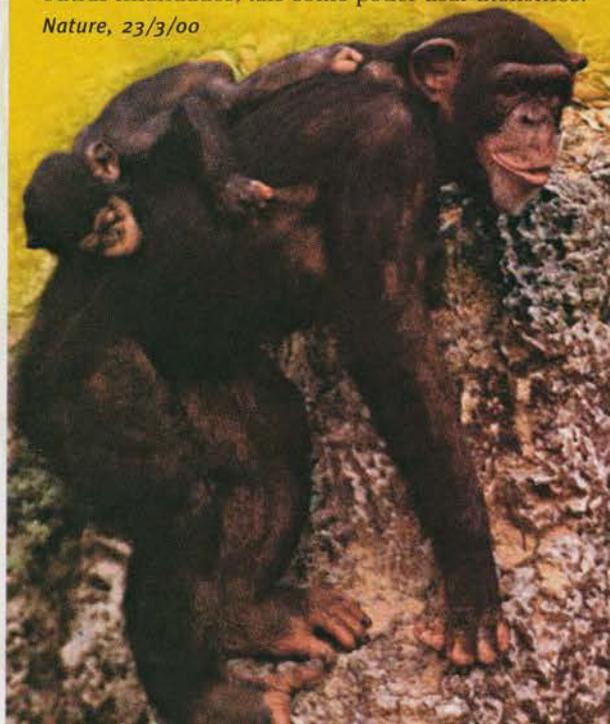
Nature, 23/3/00

EVOLUÇÃO HUMANA

COMO CAMINHAVAM NOSSOS ANCESTRAIS

Um estudo dos paleoantropólogos Brian Richmond e David Strait, da Universidade George Washington (Estados Unidos), sugere que antes de se tornarem bípedes, os ancestrais comuns dos humanos e macacos africanos andavam apoiando as juntas dos dedos das patas dianteiras sobre o solo, como ainda fazem chimpanzês e gorilas. Os pesquisadores examinaram fósseis de hominídeos de 3 a 4 milhões de anos atrás, das espécies *Australopithecus afarensis* e *Australopithecus anamensis*, incluindo o célebre esqueleto de 'Lucy'. Verificaram que os ossos dos pulsos nesses fósseis têm características típicas desse modo de andar. Tais características desapareceram em ancestrais do homem entre 2,5 e 3 milhões de anos atrás. Os cientistas acreditam que a vantagem evolutiva do bipedalismo não estaria em caminhar sobre o solo, como se pensava antes, mas em liberar as mãos para outras finalidades, tais como poder usar utensílios.

Nature, 23/3/00



Gerar energia e conservar o meio ambiente é mais do que um desafio: é uma filosofia de trabalho. FURNAS conhece o seu papel na construção de uma nova sociedade e entende que respeitar o meio ambiente é prioridade nessa missão. Conservar a natureza é respeitar as fontes de vida.

www.furnas.com.br

www.furnas.com.br



*Se você quer viver
num país saudável,
faça como nós:
consERVE o
meio ambiente*



Todos temos algum grau de ansiedade social ou timidez. Sempre que nos defrontamos com a possibilidade de um compromisso novo, a ansiedade social se faz presente. Temos logo uma sensação difusa, desagradável, de apreensão, que precede qualquer evento social novo ou desconhecido. Essa sensação psíquica de expectativa é acompanhada por vários sintomas físicos: mal-estar epigástrico, aperto no tórax, palpitações, sudorese excessiva, cefaléia, súbita necessidade de evacuar, inquietação, entre outros. Mas quando esse tipo de ansiedade deixa de ser normal e se torna patológica configura-se o que os psiquiatras chamam de fobia social. Trata-se de uma resposta inadequada — em intensidade e duração — a determinado estímulo. A fobia social paralisa o indivíduo, prejudica seu bem-estar e seu desempenho e impede que ele se prepare para situações ameaçadoras.

Antonio Egidio Nardi

Laboratório de Pânico e Respiração, Instituto de Psiquiatria, Universidade Federal do Rio de Janeiro

FOBIA

a timidez



ILUSTRAÇÃO: CAVALCANTE

Os padrões individuais de sintomas físicos de ansiedade variam amplamente. Algumas pessoas apresentam sintomas cardiorrespiratórios, outras exibem sintomas gastrintestinais e há aquelas que sofrem apenas sudorese excessiva.

A diferença entre medo e ansiedade é uma questão teórica. A ansiedade é uma sensação vaga e difusa, e leva-nos a enfrentar as situações, agradáveis ou não, com sucesso. Já o medo, que também é uma reação normal, difere da ansiedade porque é ligado a uma situação ou objeto específico que oferece perigo — real ou imaginário — e nos leva a evitá-lo. Um exemplo é o medo de assalto. Todos evitamos situações que nos possam deixar mais vulneráveis. A fobia, entretanto, é diferente do medo, e se caracteriza por medo excessivo, imensurável, de um objeto ou uma situação; comportamento de esquiva em relação ao objeto temido; grande ansiedade antecipatória quando próximo do objeto em questão; e ausência de sintomas ansiosos quando longe da situação fóbica.

SOCIAL

ez patológica



É vantajoso responder com ansiedade a certas situações ameaçadoras. Para diminuir ou controlar os sintomas de ansiedade social, todos nos preparamos para situações de exposição, tanto na aparência, como no comportamento e no treinamento (aulas, conferências, encontros amorosos etc.). Assim, podemos falar de ansiedade social normal, contrastando com a ansiedade social anormal ou patológica – a fobia social ou o transtorno de ansiedade social. Trata-se de uma resposta inadequada a determinado estímulo, em virtude de sua intensidade, duração e sintomas. Diferentemente da ansiedade social normal, a patológica paralisa o indivíduo, traz prejuízo ao seu bem-estar, ao seu desempenho, e não permite que ele se prepare e enfrente situações ameaçadoras.

A fobia social é o medo patológico de comer, beber, tremer, enrubescer, falar, escrever, enfim, de agir de forma ridícula ou inadequada na presença de outras pessoas (figuras 1 e 2). Inicia-se na adolescência, afetando igualmente homens e mulheres,

atingindo entre 5% a 13% da população. Essa variação de prevalência deve-se a variações no rigor dos critérios utilizados para o diagnóstico.

A fobia social apresenta-se basicamente de duas formas: a circunscrita e a generalizada. A primeira restringe-se a apenas um tipo de situação social. A pessoa teme, por exemplo, escrever na frente de outros, mas em outras situações sociais não apresenta qualquer tipo de inibição exagerada. O segundo tipo caracteriza-se pelo temor a todas ou quase todas as situações sociais. Além das acima citadas, é comum o paciente temer paquerar, dar ordens, telefonar em público, usar banheiro público, trabalhar na frente de outras pessoas, encontrar estranhos, expressar desacordo, resistir a um vendedor insistente, entre outras situações sociais comuns. A esquivia é importante para o diagnóstico e, em casos extremos, pode resultar em um total isolamento social.

Uma característica fenomenológica ou descritiva da fobia social é a ansiedade antecipatória. É o caso, por exemplo, de um paciente que vive longo período ▶

assintomático, esquivando-se de reuniões sociais e, ao saber que daí a três meses deverá comparecer a um encontro de trabalho sem poder criar desculpas para sua ausência, começa a se sentir ansioso. Seu sono, apetite e concentração ficam alterados por todo o período. Diferentemente do ataque de pânico, que dura apenas alguns minutos, o fóbico social sofre antecipadamente e durante a exposição, por períodos às vezes longos. No exemplo citado, se a reunião durar quatro horas, serão quatro horas de extrema ansiedade. Ao contrário de uma pessoa normal, o fóbico social não se tranqüiliza com o transcorrer da exposição. Ele tende a piorar, porque começa a prestar atenção a como está falando, se há alguém na platéia dormindo etc. O resultado é pouca concentração, maior chance de erros e, em consequência, maior dificuldade de concentração.

Os estudos com fobia social são muito recentes. A freqüência na população geral parece ser a mesma nos dois sexos, diferentemente de outras fobias, mais freqüentes em mulheres. Nas amostras clínicas e de pesquisa observamos sempre um percentual

maior de homens. Talvez isso possa ser explicado pela maior exigência social no desempenho masculino e conseqüente maior necessidade de o homem procurar ajuda. A fobia social começa na infância e adolescência e a pessoa tende a estruturar sua vida pela fobia. Assim, as mulheres tendem a ser donas de casa ou procuram trabalho com o mínimo de contato público. Os homens com fobia social, mesmo procurando trabalho com o menor contato possível, têm exigências sociais diferentes das mulheres (reuniões de trabalho, de condomínio etc.), e a sociedade acaba cobrando uma postura mais afirmativa em inúmeras situações.

ORIGEM E CLASSIFICAÇÃO

Existem algumas hipóteses para a etiologia da fobia social. As teorias biológicas, ao definirem a ansiedade social como uma função mental, criam hipóteses para sua representação cerebral. Essas teorias baseiam-se em medições objetivas que comparam a função cerebral de pessoas normais com a dos que sofrem transtornos de ansiedade, principalmente através do uso de medicamentos. Certas pessoas podem ser mais suscetíveis ao desenvolvimento de um transtorno de ansiedade, por causa de uma sensibilidade biológica. Os três principais neurotransmissores associados à ansiedade social são a dopamina, a serotonina e o ácido gama-aminobutírico (gaba).

Embora os medos patológicos tenham sido citados pelo médico grego Hipócrates (460-377 a.C.), o termo 'fobia' só começou a ser usado na literatura médica no século 19, ganhando o conceito de medo extremo, fora de qualquer proporção ao estímulo, que não pode ser explicado e leva sempre à esquila daquilo que é temido.

Até há pouco tempo, cada fobia era classificada com base na situação temida e catalogada através da adição do sufixo *phobia* a uma palavra em latim ou grego que denotava o objeto temido. Esse método de classificação retardou o reconhecimento fenomenológico e clínico de características comuns aos transtornos fóbicos.

O desenvolvimento da terapia comportamental levou ao progresso no diagnóstico e no estudo das fobias. Em 1966, os psicólogos comportamentais ingleses Isaak Marks e Martin Gelder definiram fobia social como o "medo de comer, beber, tremer, enrubescer, falar, escrever ou vomitar na presença de outras pessoas". Segundo eles, o sintoma principal era o medo de atuar de forma ridícula perante outros. O conceito inicial incluía pacientes com medos sociais específicos e algumas formas generalizadas de fobia social.

Essa definição abrangente tem sido bastante questionada. Talvez os pacientes com ansiedade social

Figura 1. Critérios diagnósticos da Associação Americana de Psiquiatria para fobia social

- A** Medo acentuado e persistente de uma ou mais situações sociais ou de desempenho, onde o indivíduo é exposto a pessoas estranhas ou a um possível exame cuidadoso por outras pessoas. A pessoa teme agir de um modo (ou mostrar sintomas de ansiedade) que lhe seja humilhante e embaraçoso. Em crianças, deve haver evidências de capacidade para relacionamentos sociais adequados à idade com pessoas que lhes são familiares, e a ansiedade deve ocorrer em contextos que envolvem seus pares, não apenas em interações com adultos.
- B** A exposição à situação social temida quase que invariavelmente provoca ansiedade, que pode assumir a forma de um ataque de pânico ligado à situação ou predisposto pela situação. Em crianças, a ansiedade pode ser expressada por choro, ataques de raiva, imobilidade ou afastamento de situações sociais com pessoas estranhas.
- C** A pessoa reconhece que o medo é excessivo ou irracional. Em crianças, essa característica pode estar ausente.
- D** As situações sociais e de desempenho temidas são evitadas ou suportadas com intensa ansiedade ou sofrimento.
- E** A esquiva, antecipação ansiosa ou sofrimento na situação social ou de desempenho temida interferem significativamente na rotina, funcionamento ocupacional (acadêmico), em atividades sociais ou relacionamentos, ou existe sofrimento acentuado por ter a fobia.
- F** Em indivíduos com menos de 18 anos, a duração é de no mínimo seis meses.
- G** O temor ou esquiva não se deve aos efeitos fisiológicos diretos de uma substância (por exemplo, droga de abuso, medicamento) ou de uma condição médica geral, nem é mais bem explicado por outro transtorno mental (por exemplo, transtorno de pânico com ou sem agorafobia, transtorno de ansiedade de separação, transtorno dismórfico corporal, transtorno invasivo do desenvolvimento ou transtorno da personalidade esquizóide).
- Especificar se a fobia é generalizada: se os temores incluem a maioria das situações sociais (considerar também o diagnóstico adicional de transtorno da personalidade esquiva).

generalizada e patológica deveriam ser classificadas como tendo transtorno de esquivas da personalidade, enquanto os pacientes com sintomas específicos e circunscritos de ansiedade social patológica deveriam receber o diagnóstico de fobia social. Mas não há qualquer embasamento clínico ou teórico para tal distinção. Uma visão arbitrária dos pacientes com ansiedade social generalizada patológica como portadores de um transtorno de personalidade pode levar a preconceitos etiológicos e restrições terapêuticas.

A primeira classificação médico-clínica a apresentar a fobia social como uma entidade separada foi a da Associação Psiquiátrica Norte-americana, de 1980 (DSM-III). Novas edições foram lançadas, como a DSM-III revisada (1987) e a DSM-IV (1994), mas a fobia social permanece como um transtorno que pode surgir independentemente de outros transtornos psiquiátricos (ver figuras 1 e 2).

Os estudos sobre diagnóstico e terapêutica da fobia social ainda estão em fase inicial. Algumas mudanças em sua classificação vêm surgindo, como a subdivisão em tipos 'primária' e 'secundária'; 'circunscrita' e 'generalizada'; e 'de desempenho' e 'de interação'. Mas talvez a observação atual mais importante é a alta taxa de comorbidade (existência simultânea de duas patologias) entre fobia social e outros diagnósticos psiquiátricos, principalmente a depressão.

A fobia social é, provavelmente, o mais prevalente dos transtornos ansiosos. Segundo o estudo epidemiológico norte-americano National Comorbidity Survey, de 1994, observou, em 12 meses, uma prevalência de 13,3%.

Embora na população geral a situação fóbica social mais temida pareça ser falar em público, em uma amostra clínica do Instituto de Psiquiatria da Universidade Federal do Rio de Janeiro, o temor de escrever, principalmente de assinar o próprio nome, apareceu como o mais freqüente. Talvez isso possa ser explicado dada a dificuldade de evitar assinar o nome em situações públicas (bancos, cheques, cartões de crédito, cartórios, listas de presença, documentos etc.). Já um fóbico social circunscrito à situação de falar em público adota desde a adolescência um comportamento de esquivas para tal situação ao ponto de ela se tornar pouco provável.

A fobia social talvez seja igualmente prevalente entre os sexos na população geral ou um pouco mais prevalente entre as mulheres, na proporção de três para dois. Mais uma vez, no entanto, a taxa populacional difere de nossa amostra clínica. Em estudos controlados com fobia social, o índice médio entre os sexos tem sido de uma mulher para dois homens. Talvez as exigências culturais e sociais já citadas possam responder por essa procura maior de homens pelo tratamento.

Figura 2. Diretrizes da Organização Mundial da Saúde para fobia social

- Os sintomas psicológicos, comportamentais ou autonômicos devem ser primariamente manifestações de ansiedade e não secundários a outros sintomas, tais como delírios ou pensamentos obsessivos.
- A ansiedade deve ser restrita ou predominar em situações sociais.
- Evitar as situações fóbicas deve ser um aspecto proeminente.

O transtorno parece começar cedo, entre os 15 e 20 anos de idade, e seguir um curso crônico e contínuo. A dificuldade de desempenho, seja vocacional ou social, é sempre significativa: os pacientes mostram-se incapazes de trabalhar, estudar e, às vezes, abusam de drogas, como o álcool.

Os pacientes deprimidos freqüentemente restringem suas atividades sociais, mas isso acontece geralmente por causa da perda de interesse, prazer ou disposição, e não por causa dos sintomas ansiosos como os fóbicos sociais. Além disso, se o comportamento de esquivas social estiver presente apenas durante o episódio depressivo, é sinal de que provavelmente ele é compatível com a constelação de manifestações relacionadas à própria depressão.

A AMOSTRA CLÍNICA

O Programa de Ansiedade e Depressão do Instituto de Psiquiatria da Universidade Federal do Rio de Janeiro estudou 250 casos de fóbicos sociais quanto às características demográficas e clínicas da primeira consulta (figura 3). As mulheres predominam em levantamentos epidemiológicos, enquanto os homens são mais freqüentes nas amostras clínicas. Provavelmente, fatores de seleção explicam essa di-

Figura 3. Características clínicas de uma amostra de 250 fóbicos sociais primários

Idade média em anos (desvio padrão):	42,8 (9,3)	
Sexo	masculino: 74%	feminino: 26%
Educação:	universitário: 68,4%	2º grau: 31,6%
Subtipo de fobia social:	generalizada: 68%	circunscrita: 32%
Duração média da doença em anos (desvio padrão):	20,7 (5,8)	
Idade média de início de doença em anos (desvio padrão):	14,7 (6,8)	
Comorbidade:	Eixo I	Ansiedade generalizada: 17,2%
		Distímia secundária: 18,4%
		Transtorno do pânico: 11,2%
		Depressão maior: 29,6%
		Abuso de álcool: 24%
Eixo II	Esquiva: 60%	
	Dependente: 5,2%	
Nunca havia feito tratamento anteriormente:	66,8%	



ferença, uma vez que o inverso acontece nas amostras de pacientes com transtorno de pânico. Pode-se especular que as mulheres são expostas com menos frequência a situações sociais obrigatórias e que a fobia social é menos incapacitante.

Depressão maior e distímia (depressão crônica com sintomas brandos e irritabilidade) ocorreram em 48% das amostras, no momento da avaliação. Como a amostra é clínica, é de se esperar que a prevalência seja maior que a descrita em estudos epidemiológicos (em torno de 33,8%). Desses levantamentos, pode-se aferir que tanto a depressão maior quanto a distímia são frequentes em pacientes com fobia social. Na maioria absoluta da nossa amostra, a fobia social precede o aparecimento do transtorno depressivo.

As implicações clínicas desses achados são grandes. A fobia social é agora reconhecida como um transtorno altamente incapacitante, apesar de a maioria dos pacientes não procurar tratamento. Isso também ocorre com a distímia, em que um alto grau de incapacitação é acompanhado de ausência de tratamento. Somando os dois diagnósticos, confrontamo-nos com uma subamostra de pacientes que deve ser prontamente diagnosticada e tratada.

O paciente com fobia social procura o médico muitos anos depois que seu transtorno começou. Ao contrário daquele que sofre de transtorno do pânico, o fóbico social passou por poucos tratamentos médicos e não tem grandes esperanças em relação às possibilidades terapêuticas, medicamentosas ou psicoterápicas. Pensa que 'é' exageradamente tímido e não que 'está' assim. Como passou a sentir os sintomas e as dificuldades desde o fim da adolescência, não se considera um doente mas apenas diferente. Seus familiares e amigos confirmam isso.

A fobia social limita carreiras e relacionamentos. O tratamento médico de escolha é o uso de medicamentos associados à psicoterapia cognitiva comportamental. Atualmente, os indivíduos que têm sua vida prejudicada pela fobia social podem, com um tratamento eficaz, adquirir uma postura mais segura em situações públicas. A esquivia desaparece e novas oportunidades de trabalho e lazer passam a ser enfocadas sem a percepção fóbica.

A esperança para as pessoas que sofrem dessa 'timidez patológica' começou a se delinear com as

primeiras publicações específicas sobre o tema, a partir de 1985. Não houve nos últimos 20 anos outro ramo da psiquiatria que tenha sofrido tantas alterações diagnósticas e terapêuticas como os transtornos de ansiedade. Isso não quer dizer que a ansiedade estivesse ausente nos estudos psiquiátricos. É que os médicos consideravam – preconceituosamente – que os transtornos de ansiedade eram de origem psíquica e, portanto, mereciam apenas tratamento psicológico.

Ao examinar um paciente com queixas de ansiedade (palpitação, sudorese excessiva, tremor, ruborização, diarreia, dor no coração etc.), os médicos viam o quadro como resultante de um único sintoma – a ansiedade – e procuravam causas conscientes e/ou conflitos inconscientes relacionados a experiências infantis. Não importava a descrição detalhada dos sintomas ou suas características em relação a outras queixas de ansiedade ou situações específicas. A orientação da época era esquecer os sintomas concretos e procurar justificativas no passado.

Aos poucos, em vez de se preocuparem com o 'porquê' de o paciente estar ansioso, os médicos começaram a observar 'como' ele ficava ansioso e o que poderia ser feito para a ansiedade retornar a um nível normal. Esses estudos em relação ao diagnóstico clínico e ao tratamento realizaram-se ao mesmo tempo em que ocorreram grandes avanços em ciências afins, como a genética, a farmacologia, a etologia e a fisiologia.

A procura de clínicas especializadas por pacientes com síndromes ansiosas e o estudo pormenorizado dos sintomas trouxeram nova perspectiva para o diagnóstico. Aos poucos, a atenção dos psiquiatras clínicos voltou-se para alguns pacientes que se caracterizavam por serem quietos, excessivamente sensíveis ao contato social, temerosos de serem o centro das atenções, e por isso mesmo discretos. Esses indivíduos seriam descritos por uma pessoa leiga, ou por eles mesmos, como "muito tímidos". Mas há nesse transtorno muito mais do que uma dificuldade social. Há um terror à interação social, com conseqüências intensas e debilitadoras. Talvez pior do que isso é o sofrimento anterior ao evento – a ansiedade antecipatória –, ao saberem que em poucos dias terão um evento social. Esses pacientes são diagnosticados como portadores de fobia social: uma fórmula virtual para solidão, tristeza e fracasso.

A fobia social apresenta-se frequentemente associada a outros diagnósticos psiquiátricos, sendo o mais freqüente a depressão. O tratamento com antidepressivos associados à psicoterapia cognitivo-comportamental é o mais útil para o alívio desses sintomas limitantes, especialmente quando associados a um quadro depressivo. ■

Sugestões para leitura:

- NARDI A. E., *Questões atuais sobre depressão*, São Paulo, Lemos Editorial, 1998.
- NARDI A. E., *Comorbidade: fobia social – depressão*, Programa Comorbidade, Associação Brasileira de Psiquiatria, 1999.
- PORTELLA NUNES E., BUENO J.R. e NARDI A. E., *Psiquiatria e Saúde Mental*, Rio de Janeiro, Atheneu Editora, 1996.
- VERSIANI M., NARDI A. E. e MUNDIM F. D., 'Fobia Social' in *Jornal Brasileiro de Psiquiatria*, 38(6): 251-263, 1989.

O BRASIL NA SOCIEDADE DO CONHECIMENTO DESAFIO PARA O SÉCULO XXI

52ª REUNIÃO ANUAL da SBPC • BRASÍLIA 9 A 14/07



UnB



2000

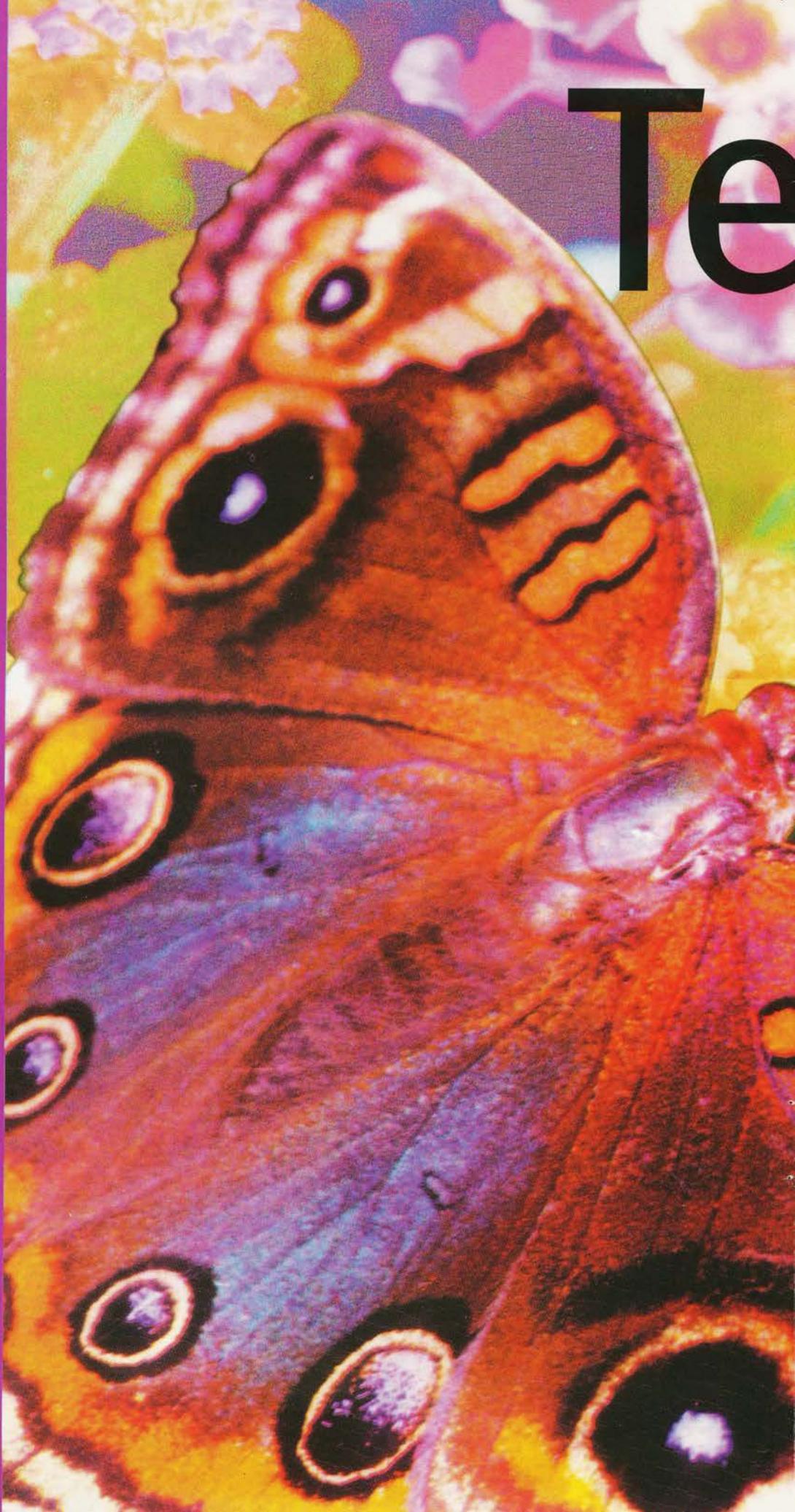


SOCIEDADE BRASILEIRA
PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA

SBPC NACIONAL - (11) 259-2766/ FAX:(11) 214-2541
www.sbpcnet.org.br - lea@sbpcnet.org.br

A fragmentação de diferentes ambientes naturais, decorrente da ação humana, vem ameaçando a preservação de muitos animais e vegetais. A extinção de muitas espécies só será evitada com a formulação de estratégias que levem em conta esse processo e seus efeitos sobre as populações em perigo. Esse é um dos objetivos da biologia da conservação, que nos últimos anos, com o desenvolvimento da chamada teoria de metapopulações, vem mudando a forma de avaliar os problemas e propor soluções.

Onildo João Marini-Filho
Rogério Parentoni Martins
Laboratório de Ecologia e Comportamento de Insetos, Departamento de Biologia Geral, Universidade Federal de Minas Gerais



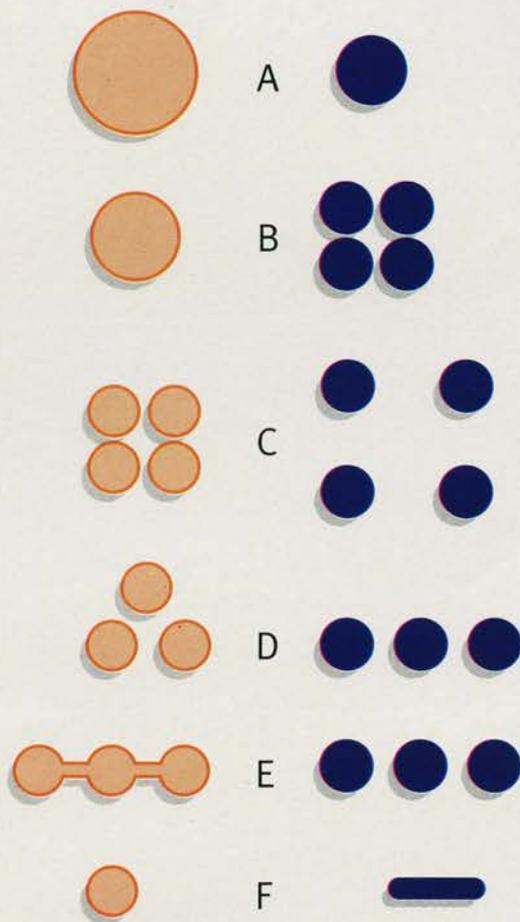
Oria de metapopulações

Novos princípios na biologia da conservação

A biologia da conservação tem como objetivo manter a diversidade biológica do planeta. Esse campo da biologia abrange outras áreas do conhecimento ligadas à vida silvestre, como a administração de áreas naturais protegidas e o estudo das relações da fauna e da flora com populações humanas. Por seu interesse em preservar a maior diversidade de organismos pelo maior tempo possível, a biologia da conservação contrapõe-se à crise ambiental causada pelo desenvolvimento tecnológico, que levou ao aumento da população humana e ao uso não-sustentável dos recursos naturais.

A exploração inadequada da natureza vem provocando a extinção de grande número de espécies, nos diferentes ecossistemas da Terra, em especial nos países em desenvolvimento situados em regiões tropicais, onde – por muitas razões, entre elas o clima – se encontra a maior biodiversidade. A perda e a fragmentação de habitats são hoje as causas mais comuns dessas extinções. A perda de habitats elimina espécies com distribuições restritas, enquanto a fragmentação impede que espécies de maior porte, que precisam de espaços maiores ou distribuem-se de modo mais esparsa, consigam manter populações estáveis em fragmentos pequenos. ▶

Figura 1. Segundo os princípios da teoria de biogeografia de ilhas para o desenho de reservas naturais, as alternativas à esquerda seriam melhores que as à direita, mas a validade dos princípios B, C e F ainda é debatida



Os conhecimentos gerados pela biologia da conservação podem subsidiar tanto decisões sobre a configuração e localização de reservas naturais, que podem ajudar a reduzir as extinções de espécies, quanto ações que promovam a sobrevivência de espécies nativas em um meio ambiente muito alterado pelas ações humanas.

Da biogeografia de ilhas para as metapopulações

Nos últimos cinco anos, o modo como a biologia da conservação considerava os problemas e propunha soluções, visando diminuir o número de extinções, sofreu uma grande mudança qualitativa. Os estudos sobre a conservação de espécies em grandes áreas tinham como principal referência a teoria de 'biogeografia de ilhas', lançada em 1967 pelo ecólogo canadense Robert H. MacArthur (1930-1972) e pelo biólogo norte-americano Edward O. Wilson (1929-).

As famosas regras de configuração de reservas (figura 1) basearam-se em parte nas previsões dessa teoria sobre a perda de diversidade decorrente

de extinções de espécies e da falta de recolonizações. Assim, áreas pequenas e distantes de fontes emissoras de espécies teriam maiores perdas que áreas grandes e próximas. Algumas dessas regras, porém, foram muito contestadas. Uma das mais difundidas, a regra de que "uma reserva grande é melhor que muitas pequenas", foi tanto reforçada quanto desmentida em estudos de campo. A falta de consenso levou os biólogos da conservação a questionarem a aplicação dos princípios da teoria de biogeografia de ilhas para a definição de tipo e tamanho de reservas ambientais.

Essa teoria mostrou-se insuficiente, por exemplo, para a previsão da extinção de muitas espécies, pois os tempos médios de extinção podem ser ou muito maiores ou muito menores que os previstos por ela. Isso tornou impossível prever quantas espécies serão encontradas em determinado local, a médio e longo prazos, baseando-se apenas em sua área. A teoria também dizia que fragmentos pequenos teriam um número menor de espécies do que se observava em estudos de campo. Além disso, a biogeografia de ilhas admite que as populações intercambiam indivíduos sem limitações em uma área, enquanto hoje se acredita que as populações dividem-se em grupos locais, que apresentam limitado intercâmbio de indivíduos.

Todas essas condições afetam as dinâmicas das populações naturais, incluindo a possibilidade de seu restabelecimento após extinções parciais. Uma grande limitação da teoria da biogeografia de ilhas é que esta mede variáveis referentes a comunidades (conjuntos de espécies) que não podem ser aplicadas às populações de cada espécie, dificultando as previsões sobre o destino destas.

Tais limitações, e os resultados de pesquisas sobre a distribuição espacial de organismos em habitats fragmentados (figura 2), fizeram ressurgir a teoria da dinâmica de metapopulações. Essa teoria foi proposta pelo ecólogo norte-americano Richard Levins (1970), pouco depois da teoria de biogeografia de ilhas, para suprir a maior deficiência dos modelos clássicos de dinâmica de populações, que ignoravam o fluxo de indivíduos entre populações vizinhas. Uma metapopulação, portanto, pode ser definida como uma 'população de populações' – um grupo de populações locais conectadas por migrações.

Migrações, colonizações e extinções são os principais processos populacionais envolvidos no estudo das metapopulações. A quantificação desses processos permite determinar, na região estudada, a viabilidade de populações de variados tamanhos ao longo do tempo e a necessidade de intervenções que assegurem sua persistência.

A teoria das metapopulações ganhou importância para a conservação quando estudos em áreas de

pequenas dimensões constataram que tais áreas eram as únicas que continham populações (também pequenas) de certas espécies, sendo por isso as mais adequadas para sua conservação. Essa mudança de paradigma alertou os conservacionistas para a necessidade de preservar pequenos fragmentos e estudar taxas de reprodução, mortalidade e movimento de organismos entre tais fragmentos.

No atual estágio da biologia de populações, a teoria de metapopulações abriu espaço para a integração de outras disciplinas, como a matemática, e de áreas da própria biologia que evoluíram quase isoladas. Os estudos metapopulacionais incluem muitas vezes complexas modelagens matemáticas, envolvendo dados sobre dinâmica e genética de populações, sobre interações entre organismos de diferentes níveis na cadeia alimentar, sobre estrutura de comunidades e, principalmente, sobre a estrutura espacial do ambiente (ver 'As bases lógicas dos modelos').

Figura 2. O sistema de capões de mata de galeria naturalmente fragmentado, visto no Parque Nacional da Serra da Canastra (MG), apresenta, em meio a campos limpos, fragmentos de mata (capões) que distam de dezenas a centenas de metros uns dos outros, o que torna o local adequado para estudos metapopulacionais

As bases lógicas dos modelos

Os modelos metapopulacionais mais simples não levam em conta o tamanho das populações locais, computando apenas sua presença ou ausência nos fragmentos. O que interessa, quando se quer conservar alguma espécie, é prever a permanência das populações em nível regional. Assim, os fenômenos mais importantes são a extinção local e a (re)colonização de fragmentos desabitados. A escala dos modelos, portanto, é a regional, reunindo um conjunto de fragmentos de hábitat. Alguns modelos prevêem apenas a fração de fragmentos habitados por uma metapopulação em equilíbrio, sem considerar vários fatores (tamanho do fragmento, distância para o fragmento mais próximo, recursos ambientais necessários e presença de competidores, parasitas e predadores) que podem interferir na dinâmica das populações locais.

Do ponto de vista da metapopulação, pode-se diferenciar entre extinção local (uma subpopulação morre) e extinção regional (toda a população morre). Mesmo que não haja migração entre as subpopulações, o risco de extinção regional será sempre muito menor que o de extinção local. Usando um modelo simples, é possível constatar que as chances de persistência de uma população são bem maiores se ela ocupar mais de um fragmento. Cálculos teóricos revelam que, se uma população que só habita um fragmento tiver uma probabilidade de persistência (de um ano para outro) de 30%, essa chance diminuirá para 9% no segundo ano, para 2,7% no terceiro e assim por diante. Mas se essa população habitar, por exemplo, 10 fragmentos, a chance de que pelo menos uma delas chegue ao ano seguinte subirá para 97%.

Tais cálculos ainda não consideram as migrações entre as populações locais, que podem recolonizar fragmentos onde eventualmente ocorre a extinção da população. Considerando esse fator, as chances de extinção e colonização em cada fragmento passam a depender da fração de fragmentos ocupados. Uma metapopulação vive em constante mudança, por conta das extinções e colonizações, mas há um equilíbrio quando as taxas de extinção e colonização se igualam. Modelos metapopulacionais mais complexos podem incluir outros fatores, como os efeitos do tamanho dos fragmentos e do seu isolamento em relação ao fragmento habitado mais próximo.



A



B

E.P.B. 1994

Figura 3. As borboletas, que sempre atraíram muito interesse por suas cores, hoje mostram-se importantes nos estudos de biologia da conservação – as imagens mostram as espécies *Parides ascanius* (A – sobre a planta *Lantana camara*) e *Dryas julia* (B – sobre uma orquídea)

Estudos metapopulacionais: a contribuição das borboletas

Estudos com vários organismos já demonstraram a validade de alguns modelos da teoria de metapopulações. Tais estudos incluem um sapo (*Rana lessoniae*) e seu peixe predador (*Esox lucius*) em lagoas na costa do mar Báltico, na Suécia, pulgas-d'água (gênero *Daphnia*) em pequenas lagoas, aranhas em ilhas das Bahamas, três subespécies de corujas-pintadas (*Strix occidentalis*) na América do Norte e sistemas de interações em três níveis tróficos – como o que reúne a planta *Senecio jacobea*, a mariposa-desfolhadora (*Tyria jacobaeae*) e seu parasitóide (*Cotesia popularis*) –, além de diversas espécies de borboletas na América do Norte e na Europa.

As borboletas são os organismos que mais contribuíram para o conhecimento e os testes de modelos de metapopulações. Os principais estudos foram realizados em áreas naturalmente fragmentadas da Finlândia, com a espécie *Melitaea cinxia* (família Nymphalidae, subfamília Melitaeinae), e dos Estados Unidos, com *Euphydryas editha* (Nymphalidae,

Melitaeinae), e em áreas fragmentadas pela ação humana na Grã-Bretanha, com *Hesperia comma* (Hesperiidae), *Plebejus argus* (Lycaenidae) e *Thymelicus acteon* (Hesperiidae). Tais estudos podem servir de modelos para outras populações de borboletas. Estima-se, por exemplo, que cerca de 75% das espécies de borboletas da Grã-Bretanha e 60% das espécies da Finlândia tenham estrutura metapopulacional.

Borboletas são os insetos que mais atraem a atenção, por sua ampla variedade de formas e cores (figura 3). Por isso, sempre despertaram interesse, seja de biólogos profissionais ou de amadores (a estes deve-se grande parte do conhecimento da biologia de várias espécies desses insetos, em todo o mundo).

Além de terem inspirado a geração de teorias evolutivas fundamentais, como a do mimetismo, as borboletas são hoje alvos de grande atenção porque são adequadas para testar novas idéias importantes para a biologia da conservação. Como têm vida curta, e portanto muitas gerações em pouco tempo, permitem a acumulação rápida de informações taxonômicas, ecológicas e evolutivas. Além disso, a facilidade de captura, marcação (figura 4) e recaptura

torna esses insetos ideais para o estudo de dinâmica de populações e para determinação de padrões de distribuição espacial.

Anos antes da criação do termo metapopulação, o ecólogo norte-americano Paul R. Ehrlich (1932-) começou a estudar a dinâmica de populações e seus mecanismos evolutivos utilizando a borboleta *Euphydryas editha*, comum na estação ecológica do campus da Universidade de Stanford. Durante 25 anos, ele e seus colaboradores (estudantes e pesquisadores) fizeram descobertas importantes sobre a dinâmica de populações e a evolução dessa espécie e de outras afins.

Esses resultados podem ser generalizados para espécies diferentes que vivem em condições ecológicas parecidas, ou comparados às características de espécies semelhantes que vivem em outros ecossistemas. O próprio Ehrlich compara a história de vida de *E. editha* com a da borboleta neotropical *Heliconius erato* (Nymphalidae, Heliconiinae). Esse método comparativo ajuda a entender a ecologia de organismos evolutivamente aparentados, já que várias espécies podem exibir os mesmos tipos de adaptações ao ambiente, ou indicar características ecológicas universais responsáveis pela evolução de certas adaptações. É o caso, por exemplo, da evolução do mimetismo, nas borboletas que imitam os padrões de coloração de espécies tóxicas para os predadores.

Uma descoberta fundamental do grupo de Ehrlich, muito importante para o manejo e conservação de populações, foi a de que estas podem ter distribuições espaciais descontínuas, ou seja, diferentes grupos de indivíduos da mesma espécie podem crescer em unidades de hábitat isoladas. As dinâmicas de cada população são quase totalmente independentes, mas elas ligam-se por eventuais migrações entre as unidades. Essa configuração espacial de uma população (a 'metapopulação') é hoje reconhecida em várias espécies de invertebrados e vertebrados. Antes de submeter tais populações a um plano de conservação, para evitar sua extinção, é indispensável entender como interagem. Caso a persistência de uma espécie em uma região dependa da existência de várias populações isoladas, que troquem indivíduos entre elas, a estratégia de conservação precisará incluir não algu-

mas populações isoladas, mas o conjunto das populações.

Modelos variados de metapopulações de borboletas

Um dos melhores exemplos de estrutura metapopulacional em borboletas é o da espécie *Melitaea cinxia*, estudada pelo ecólogo finlandês Ilkka Hanski e colaboradores. Populações dessa espécie são comuns em fragmentos isolados de campos secos em ilhas rochosas do mar Báltico, ao sul da Finlândia. Tais fragmentos, com 1.300 m² em média, mantêm pequenas populações locais com menos de 400 indivíduos. Até nas populações maiores, porém, o risco de extinção é alto, em decorrência de variações ambientais estocásticas (que independem do tamanho da população). Em um ano excepcionalmente seco, por exemplo, a menor disponibilidade de alimento para as larvas pode extinguir populações de vários fragmentos.

Em geral, as borboletas estão presentes apenas em parte dos fragmentos, ou seja, em qualquer momento há fragmentos desocupados. As populações locais ligam-se através da dispersão de pequeno número de indivíduos migrantes, que fundam novas populações ou se juntam a populações preexis-



Figura 4. Nos estudos populacionais com borboletas, os indivíduos são marcados – como esta *Hamadryas arete* (Nymphalidae), da mata atlântica da Reserva Florestal de Linhares (ES) – para que sua movimentação possa ser acompanhada

tentes. A distância média de deslocamento de um indivíduo de *M. cinxia* é 590 m, enquanto a distância média entre fragmentos de campos secos é 240 m, o que possibilita movimentação suficiente de indivíduos entre diferentes fragmentos.

Como as dinâmicas das populações são relativamente independentes em cada fragmento, extinções em alguns podem ser compensadas por recolonizações. Espera-se que a relação entre colonizações e extinções mantenha-se constante, caso não haja mudanças no hábitat. Logo, a persistência de uma metapopulação a longo prazo depende da existência de várias populações relativamente próximas, para garantir o fluxo de indivíduos entre fragmentos, como prevê o modelo de Levins. Esse modelo simula o fluxo de indivíduos em uma metapopulação onde não há uma subpopulação muito maior que as outras, de modo que a migração entre todos os fragmentos, sejam pequenos ou grandes, é importante para a manutenção da população a longo prazo.

Se, por falta de informações biológicas, essa espécie fosse tomada como uma população clássica (no sentido de que todos os indivíduos de todas as subpopulações seriam capazes de colonizar qualquer fragmento, a qualquer distância), uma estratégia de manejo que priorizasse a conservação de apenas alguns fragmentos povoados, mesmo de tamanhos consideráveis, poderia levar à sua extinção. Como a estrutura é metapopulacional, o aumento e a manutenção das populações dependem da existência de fragmentos temporariamente povoados e despovoados. Assim, a conservação de vários fragmentos isolados, povoados e despovoados, não muito distantes entre si, é necessária para garantir a preservação desse inseto por longo tempo.

Já a borboleta *Euphydryas editha*, estudada no monte Morgan, na Califórnia (Estados Unidos), e em fragmentos adjacentes, exhibe estrutura populacional diferente da de *M. cinxia*. As populações de *E. editha* habitam fragmentos de vegetação típicos de terrenos serpentinos (formado por silicatos hidratados de magnésio), nos quais as populações são proporcionais ao tamanho do fragmento. Populações locais pequenas (10 a 100 indivíduos) são mais suscetíveis à extinção, mas têm grandes chances de recuperação se estiverem a menos de 5 km de distância de uma área maior (como o monte Morgan), fornecedora de indivíduos colonizadores. O monte, onde uma população de cerca de um milhão de indivíduos mantém-se em equilíbrio, atua como fonte provedora de indivíduos para os fragmentos adjacentes. Esse tipo de estrutura metapopulacional é chamado de 'continente-ilhas' ou Boorman-

Figura 5. Exemplos de áreas naturalmente fragmentadas mostrando as diferenças entre o sistema de Levins (em azul), com muitos fragmentos de tamanhos variados, mas nenhum muito maior que a média, e o sistema continente-ilhas (em laranja), com um fragmento grande cercado de fragmentos menores



Levitt, em referência aos ecólogos que o propuseram em forma de modelo matemático (figura 5).

Os modelos de Levins e Boorman-Levitt, embora provados experimentalmente, não devem representar as situações reais mais comuns, que provavelmente incluem características de ambos os modelos. Em sistemas naturais com grande variedade de tamanhos de fragmentos, pode não haver um 'continente', e nesse caso tanto o fluxo de indivíduos oriundo dos fragmentos grandes quanto as trocas entre os fragmentos pequenos devem ser considerados. Além disso, a lição da biogeografia de ilhas lembra aos biólogos da conservação que é preciso evitar, sem comprovação experimental, a aplicação dos modelos de metapopulação no manejo e conservação da vida silvestre, mesmo que tais modelos sejam mais adequados que aquela teoria.

Como anda a conservação de borboletas no Brasil

Se ainda faltam dados para a maioria das borboletas mais estudadas na Europa e nos Estados Unidos, estes são ainda mais escassos para as numerosas espécies da região neotropical. Estudos sobre a capacidade de deslocamento e as chances de colonização de áreas isoladas são raros para quase todas as espécies brasileiras.

Entre essas poucas informações, destacam-se as do projeto Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais (PDBFF), que há anos pesquisa os efeitos, sobre animais e plantas, da fragmentação da floresta amazônica, em 25 fragmentos (de 1 ha a 1.000 ha) de floresta de terra firme isolados entre áreas de pastagem. Vários pesquisadores têm estudado, nesses fragmentos, o que ocorre com diferentes espécies, entre eles o ecólogo norte-americano, radicado em Campinas (SP), Keith Brown Jr., que trabalha com borboletas. Brown e colaboradores registraram, por exemplo, relativa abundância desses insetos: 455 espécies nos 25 fragmentos. Quase 50% desse total só ocorrem em cinco ou menos fragmentos, e 75 espécies vivem apenas nas bordas de fragmentos isolados – as espécies desses dois grupos foram consideradas raras.

Após o registro de cerca de 110 mil borboletas, durante 10 anos, concluiu-se que, além da fragmentação, vários fatores influenciam a diversidade de espécies de determinada área, como sazonalidade, sucessão temporal, heterogeneidade espacial, graus de perturbação e isolamento dos fragmentos. Essa avaliação também depende da capacidade (do pesquisador) de realizar uma amostragem exaustiva. O estudo registrou, adicionalmente, eventuais aumentos populacionais – não relacionados aos tamanhos

dos fragmentos – de aranhas, aves e outros predadores que devastaram populações de borboletas.

Alguns indivíduos foram recapturados a mais de 1 km de distância do local onde foram marcados, inclusive em outros fragmentos, sugerindo conexões entre possíveis subpopulações. Mas borboletas como *Catonephele acoutius* (Nymphalinae) e espécies dos gêneros *Heliconius* (Heliconiinae), *Pierella* (Satyrinae) e *Stalactis* (Riodinidae) foram bastante residentes, persistindo por meses no local da marcação.

O número de espécies de borboletas, nos fragmentos maiores estudados pelo PDBFF, foi sempre menor que o previsto pela teoria de biogeografia de ilhas. Esta previa o dobro de espécies para um aumento de uma ordem de grandeza (10 vezes). O estudo na Amazônia, portanto, em vez de apoiar a idéia de que "uma reserva grande é melhor que muitas pequenas", sugere que ambas são necessárias para a conservação de maior número de espécies. Embora esses estudos com borboletas não tenham sido especificamente planejados para verificar a existência de estrutura metapopulacional em espécies desses insetos da floresta amazônica de terra firme, seus resultados fornecem subsídios importantes para uma análise metapopulacional.

Estratégias de conservação podem ser melhoradas

A fragmentação do hábitat original de inúmeras espécies de animais e plantas é freqüente hoje no Brasil, em especial nos estados mais desenvolvidos, em função da rápida expansão agrícola. No entanto, a conservação de um número muito maior de espécies, em áreas agrícolas e urbanas, poderia ser garantida apenas mantendo-se, em cada propriedade, áreas relativamente pequenas de matas, cerrados e campos, criando-se assim um sistema de fragmentos de vegetação capazes de interconectar populações atualmente restritas a unidades de conservação.

O cumprimento da Lei de Uso da Terra, que determina a manutenção de 20% do ambiente original em cada propriedade das regiões Sul e Sudeste e a preservação das matas ripárias, deve portanto ser incentivado, pois isso garantiria a existência de fragmentos capazes de sustentar metapopulações de animais e plantas. Além disso, o incentivo ao programa de Reservas Particulares do Patrimônio Natural, do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), pode beneficiar muito a conservação da fauna e da flora brasileiras em regiões altamente afetadas por atividades humanas. ■

Sugestões para leitura:

- EHRlich, P.R.
O mecanismo da natureza, Editora Campus, Rio de Janeiro, 1991.
- HANSKI, I.
Metapopulation ecology, Oxford University Press, Oxford, 1999.
- HUNTER, M. L., Jr.
Fundamentals of conservation biology, Blackwell Science, Cambridge, 1996.
- PULLIN, A. S. (Ed.)
Ecology and conservation of butterflies, Chapman & Hall, London, 1995.

*Nos confins do universo,
há objetos celestes
que se assemelham
a fornalhas colossais.*

*Devoram massa
com voracidade
impressionante,
consumindo grandes
quantidades de matéria
da galáxia.*

*Emitem quantidades
assombrosas de energia,
na forma de jatos de
matéria e radiação, luz,
calor, ondas de rádio
e raios X, produzindo
luminosidades bilhões
de vezes mais intensas
que a do Sol.*

*Tudo isso em um volume
relativamente pequeno
de espaço.*

*Neste artigo, o leitor
vai conhecer mais sobre
os chamados núcleos
ativos de galáxias
e sobre exemplos ainda
mais extremos desse
fenômeno: os quasares.*

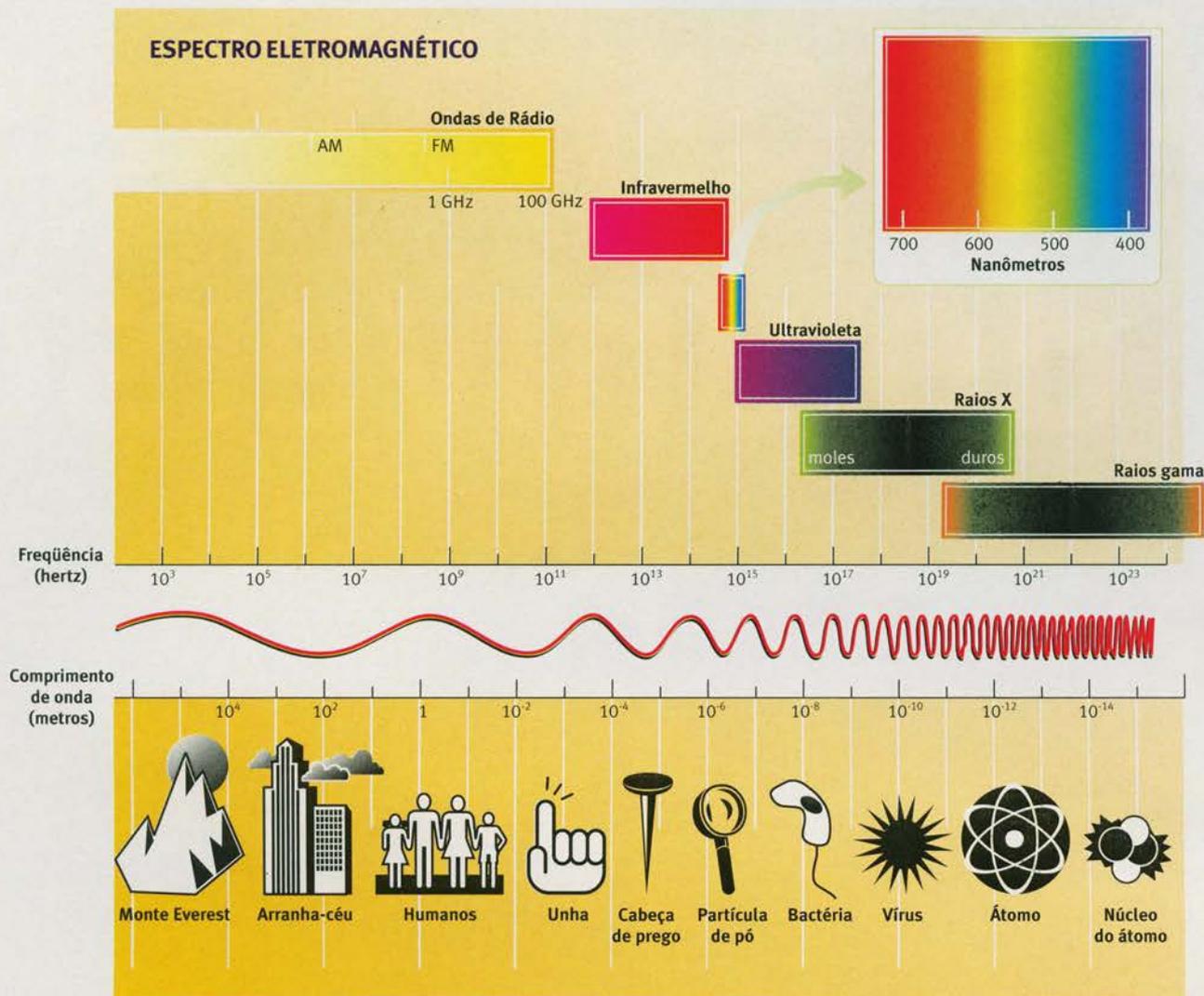
Elisabete M. de Gouveia Dal Pino
e **Vera Jatenco-Pereira**
*Instituto Astronômico e Geofísico,
Universidade de São Paulo*



As **fornalhas** do universo

Galáxias normais, que contêm cerca de 100 bilhões de estrelas, possuem no centro um núcleo com grande concentração de estrelas e emitem energia basicamente na forma de luz estelar e calor. Porém, há classes de galáxias com núcleos tão pequenos que, em chapas fotográficas especiais expostas por um período curto de tempo, suas imagens não parecem maiores que a de uma única estrela. No entanto, esse núcleo é extremamente ativo, e sua luminosidade em geral é maior que a da própria galáxia que o abriga. Em virtude dessa intensa atividade, essas galáxias são comumente denominadas NAGs, sigla para núcleos ativos de galáxias.

Há ainda uma outra classe de objetos compactos extragalácticos muito distantes com luminosidades ainda maiores que a dos NAGs. São os quasares, abreviatura do termo em inglês *quasi-stellar object* (ou objeto quase-estelar). Suspeita-se que quasares sejam exemplos extremos de NAGs. Por estarem muito distantes, é muito difícil observar o corpo das galáxias que os abrigam. ▶



Bilhões de sóis

Em geral, os vários tipos de NAGs e quasares apresentam parte das (ou todas as) características abaixo:

(1) luminosidade superior a 10^{37} watts, isto é, equivalente a 25 bilhões (ou $2,5 \times 10^{10}$) de vezes a luminosidade do Sol;

(2) emissão intensa de energia, se comparada à de galáxias normais, na forma de luz ultravioleta, infravermelha (calor), ondas de rádio e raios X;

(3) luminosidade variando com períodos de semanas ou meses;

(4) brilho intenso que contrasta com o do restante da galáxia que os hospeda;

(5) jatos de matéria e energia emergindo de seu núcleo.

Vale ressaltar que o núcleo de nossa galáxia, a Via Láctea, bem como os de outras galáxias normais, também possuem algumas dessas características, porém não são capazes de gerar tanta energia como a dos NAGs. A luminosidade da Via Láctea é

cerca de 100 vezes menor, ou seja, 10^{35} watts.

Entre os vários tipos de NAGs, podemos distinguir as galáxias de Seyfert, os objetos BL-Lacertae, as radiogaláxias, além de objetos de atividade mais moderada, como os *liners* e as galáxias com surtos explosivos de formação estelar, denominadas *starburst*. Passaremos, então, a examinar esses diferentes tipos de NAGs e quasares.

Espiraís muito brilhantes

Em 1943, bem antes da descoberta das radiogaláxias e dos quasares, o astrônomo americano Carl Seyfert (1911-1960) identificou seis galáxias espirais com núcleos muito brilhantes. Hoje, galáxias com essas características são chamadas Seyfert e são em sua maioria espirais (figura 1). Cerca de 1% de todas as galáxias espirais são Seyferts. Suspeita-se que todas as espirais passem pelo menos uma fase de sua existência como galáxias de Seyfert.

As galáxias de Seyfert irradiam grande quantidade de energia na forma de radiação infravermelha. Boa parte dessa energia se deve à poeira que circunda o núcleo, e o restante se deve à radiação do tipo síncrotron produzida por elétrons viajando a velocidades próximas à da luz através de um campo magnético.

As luminosidades das Seyferts variam de 10^{37} watts a 10^{38} watts. A fonte central deve ser bem pequena, mas muito poderosa, para ser capaz de produzir essas altas luminosidades.

Um estudo recente de uma amostra de Seyferts revelou um resultado bastante curioso: muitas delas estão próximas de outra galáxia, formando uma 'dupla' de galáxias denominada sistema binário. É possível que essa proximidade induza fortes interações gravitacionais entre os componentes desse par de galáxias, fazendo com que, em uma delas, surjam as características de uma Seyfert por um certo período de tempo.

Variação rápida e caótica

Outro tipo de galáxia ativa é o objeto BL-Lacertae, que, em geral, emite radiação síncrotrônica, predominantemente na forma de radiação infravermelha. Quando observados através da luz visível que emitem, comumente têm o aspecto de uma estrela, sem evidências de estrutura extensa. Porém, quando essa observação é feita na faixa das ondas de rádio, esses objetos podem apresentar uma ligeira estrutura extensa.

A principal diferença entre os BL-Lacertae e os demais tipos de NAGs é a rápida e caótica variação da radiação que emitem. A luz visível emitida pode variar, por exemplo, em até 20 vezes. Noite após noite, as flutuações de sua luminosidade podem chegar a 10% ou 30% e alguns casos variam em até 100 vezes.

Finalmente, vale ressaltar que as determinações das distâncias desses objetos não são boas. Mas, através de uma fraca nebulosidade que envolve o objeto protótipo dessa classe, foi possível avaliar sua distância em cerca de 430 milhões de *parsecs* (ou 430 Mpc). Cabe aqui uma nota sobre as principais unidades que serão usadas ao longo deste artigo. A unidade astronômica (UA) é a distância média da Terra ao Sol, cerca de 150 milhões de km. O ano-luz é a distância que a luz percorre em um ano à velocidade constante de 300 mil km por segundo, valendo aproximadamente 10 trilhões de km. O *parsec* (pc) equivale a 3,26 anos-luz. Para se ter uma idéia, a Lua está a cerca de um segundo-luz da Terra, enquanto o Sol está a oito minutos-luz do nosso planeta.

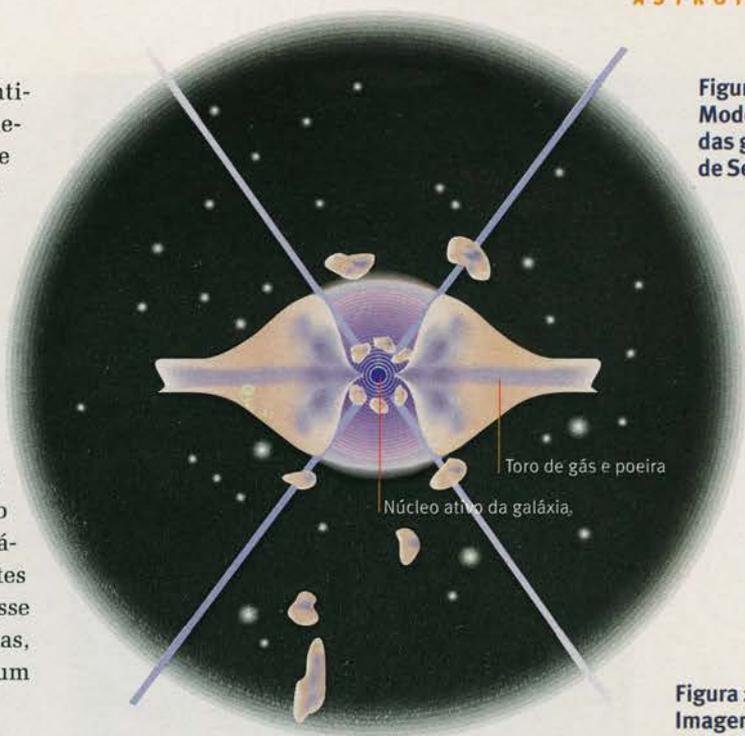


Figura 1. Modelo-padrão das galáxias de Seyfert

Como um colar de contas

As primeiras captações de ondas de rádio vindas do espaço só foram feitas no início dos anos 30, quando o físico norte-americano Karl Jansky (1905-1950) detectou emissão dessa radiação vinda do centro da Via Láctea. Porém, foi só depois da Segunda Guerra Mundial que a radioastronomia tomou impulso com o emprego do radar, desenvolvido durante o conflito.

Em 1949, astrônomos australianos identificaram pela primeira vez duas fontes de rádio: M87 e Centaurus A, localizadas em galáxias próximas, NGC 5128 e NGC 4486, respectivamente. Cinco anos mais tarde, os astrônomos teuto-americanos Walter Baade (1893-1960) e Rudolf Minkowski (1895-1976) observaram, dessa vez em uma galáxia distante, o objeto Cygnus A, também um emissor de rádio (figura 2). Essas identificações marcaram a descoberta de uma nova classe de objetos extragalácticos, as radiogaláxias.

Figura 2. Imagem feita a partir das ondas de rádio emitidas por Cygnus A, mostrando os lóbulos gigantes situados em posições opostas em relação ao núcleo da fonte, ao centro. Note-se também o jato estreito emergindo à direita do núcleo em direção ao lóbulo, e a estrutura filamentar de ambos os lóbulos

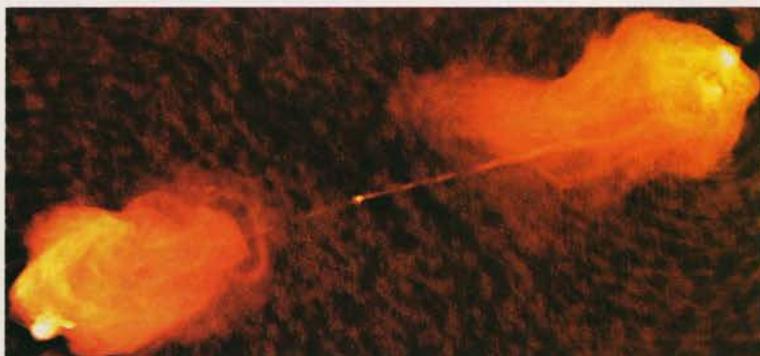


Figura 3. A galáxia elíptica ativa M87, onde se pode ver o jato emergente da fonte, na parte inferior à direita da imagem. O jato é mostrado com mais detalhe na figura 4



A maior parte das galáxias espirais normais também irradia ondas de rádio, porém com potência não superior a 10^{33} watts, inferior à de uma radiogaláxia.

As radiogaláxias podem ser de dois tipos: compactas ou extensas, sendo que as últimas não raro apresentam uma estrutura dupla ou bipolar, com dois 'lóbulos' gigantes, separados por distâncias de alguns Mpc, dispostos simetricamente em lados opostos em relação ao núcleo.

M87 é uma radiogaláxia típica, com lóbulos simetricamente opostos (figura 3). Localizada ao centro do aglomerado de galáxias de Virgo, a 20 Mpc de distância da Terra, M87 é identificada, por sua emissão de luz visível, como uma galáxia elíptica gigante. Em seu núcleo, há uma fonte de ondas de rádio compacta com 'apenas' 1,5 mês-luz de diâmetro. Emergindo do núcleo, observa-se um jato que se estende por 6 mil anos-luz (figura 4A).

Uma imagem detalhada mostra que o jato possui várias estruturas arredondadas brilhantes ao longo de sua extensão, como as contas de um colar, denominadas nós (figura 4B). Esses nós têm alguns décimos de anos-luz de diâmetro. M87 também emite raios X, com luminosidade cerca de 50 vezes maior que sua radiação visível.

Centaurus A (figura 5), a galáxia ativa mais próxima da Terra, a quatro Mpc, é outro exemplo de emissor de ondas de rádio. Identificada como uma galáxia elíptica, circundada por um anel de poeira, ela tem dois lóbulos gigantes, com respectivamente 200 mil pc (ou 200 kpc) e 400 kpc de diâmetro.

Figura 4. O jato de M87; em (A), fotografia da galáxia e do jato; em (B), imagem do jato processada por computador, mostrando os nós brilhantes ao longo de sua extensão

Internamente a esses lóbulos, há mais um par de lóbulos menores, com 10 kpc de diâmetro, que se localizam nas extremidades da galáxia e se alinham com os lóbulos externos. Um jato emerge de um dos lados, ligando o núcleo a um dos lóbulos internos.

Muitas radiogaláxias têm lóbulos, e a quase totalidade daquelas com baixa luminosidade possui jatos, por onde, acredita-se, o núcleo conduza partículas e energia para os lóbulos, alimentando-os continuamente.

Surtos de Formação Estelar

Ainda entre os NAGs, podemos distinguir classes de galáxias com menor atividade nuclear que os demais, mas ainda superior à de galáxias normais. Entre elas, estão os *liners* – sigla, em inglês, para *low ionization nuclear emission regions*, ou regiões de emissão nuclear de baixa ionização – e as galáxias *starburst*, que apresentam surtos explosivos de formação de estrelas.

A região nuclear de uma *starburst* típica é bem maior que a da Via Láctea e emite muita radiação infravermelha: cerca de 10^{37} watts, por causa da presença de grande quantidade de poeira que reflete a luz das estrelas.

A galáxia irregular M82 é um exemplo típico de *starburst* (figura 6). Seu espectro indica a presença de material expandindo de seu centro a velocidades da ordem de 100 km por segundo. Filamentos e fragmentos de poeira bloqueiam parcialmente a observação da luz visível proveniente de sua região nuclear.

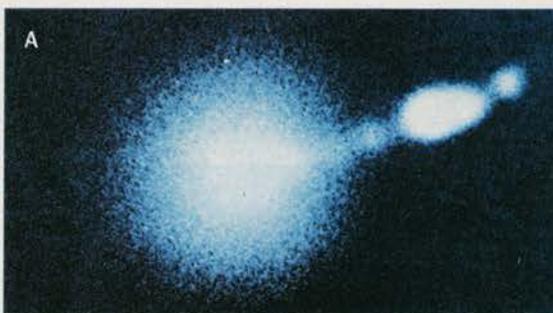




Figura 5.
Centaurus A

Observações da emissão de raios X mostram que seu núcleo é cheio de estruturas e granulações e emite uma potência de 3×10^{33} watts desse tipo de radiação, sendo que as fontes são possivelmente estrelas binárias, similares a Cygnus X-1, localizada em nossa galáxia, bem como estrelas OB e restos de supernovas (explosões de estrelas massivas). Essas observações favorecem a interpretação de que a região nuclear de uma *starburst* teria sofrido um grande surto de formação de estrelas entre 10 milhões e 100 milhões de anos atrás, fenômeno que teria se prolongado até hoje.

Como a M82 acha-se próxima a uma galáxia espiral, a M81, é possível que interações gravitacionais e de atrito entre as duas galáxias tenham desencadeado o surto de formação estelar em M82, que é bem rica em gás e poeira, ingredientes essenciais para a formação de estrelas.

Mais brilhantes do universo

No final dos anos 50, os radioastrônomos haviam compilado catálogos repletos de objetos emissores de ondas de rádio que ainda

não haviam sido identificados com nenhum outro que emitisse radiação na forma de luz visível.

Em 1961, os astrônomos norte-americanos Thomas Matthews e Allan Sandage descobriram um objeto celeste, muito brilhante, com aspecto estelar, cuja posição coincidia com a do emissor de rádio 3C 48 – onde 3C designa o nome abreviado do terceiro catálogo de radiofontes de Cambridge. Esse objeto emitia mais radiação ultravioleta que qualquer estrela ordinária conhecida. Sua natureza permaneceu um mistério até 1963, quando outro



Figura 6.
A galáxia
irregular M82

objeto semelhante, 3C 273 (figura 7), foi identificado. As características da radiação que ele emitia também eram intrigantes.

Essas novas fontes de ondas de rádio foram designadas quasares, e evidências indicam que estão bem mais distantes que galáxias vizinhas à Via Láctea. Hoje, já foram identificados vários quasares.

Assim como as radiogaláxias e demais NAGs, os quasares emitem radiação do tipo sincrotrônica, na faixa que vai das ondas de rádio aos raios X. Vários apresentam estrutura dupla extensa que emite ondas de rádio; outros consistem apenas de uma fonte compacta dessa radiação.

Quasares variam sua luminosidade tanto na luz visível quanto em ondas de rádio. Essas variações têm períodos da ordem de um ano, mas podem ser ainda mais rápidas, da ordem de dias a semanas.

As variações da luz visível ajudam a estimar o tamanho real desses objetos. Estimativas mostram que os quasares devem ter dimensões de 1 pc ou menos, correspondendo a volumes trilhões de vezes menores que o de uma galáxia normal.

Apesar de descobertos por sua emissão em rádio, somente 10% dos quasares são, de fato, emissores dessa radiação. Tudo indica que são exemplos extremos de NAGs, tendo no entanto luminosidade muito superior. Por exemplo, 3C 273 emite cerca de 10^{40} watts, ou seja, 1.000 vezes mais que uma galáxia espiral ordinária.

Um fato surpreendente presente em alguns quasares, bem como em outros objetos emissores de rádio, foi a detecção de fenômenos com velocidades aparentemente superiores à da luz (ou 'superluminais').

O próprio 3C 273 é um exemplo de fonte superluminal. Verifica-se que em certas fontes essas velocidades chegam a aparentemente 10 vezes a velocidade da luz! Apesar de aparentemente contrariar a teoria da relatividade, que mostra que a velocidade da luz no vácuo (300 mil km por segundo) é

um limite para a natureza, esses fenômenos superluminais têm a ver, na realidade, com ejeções de nuvens de gás pela fonte com velocidades próximas (mas não superiores) à da luz, que apontam praticamente para a direção do observador aqui na Terra.

Tudo indica que os quasares são os objetos mais brilhantes e mais distantes do universo observável. Suas luminosidades, tipicamente 100 vezes maiores que as das galáxias mais potentes próximas à Terra e produzidas em regiões extremamente compactas, levantam um problema importante: qual a sua fonte de energia?

Devoradores de massa

Após a descoberta dos quasares, vários modelos foram propostos para os NAGs. Apesar do considerável avanço das observações nas últimas décadas, ainda não há um modelo geral capaz de descrever todas as propriedades dos NAGs.

Nos primeiros modelos, explosões estelares, as supernovas, foram invocadas como fontes de energia. Como o centro das galáxias tem grande concentração de estrelas, é de se esperar que a taxa de produção dessas explosões ali seja grande. Além disso, suspeitava-se que a colisão freqüente entre estrelas favoreceria a formação de supernovas.

Entretanto, esses modelos não eram capazes de reproduzir muitas propriedades dos NAGs. Em particular, não podiam explicar a formação dos jatos bipolares. Foram assim abandonados, embora recentemente, venham sendo invocados para explicar propriedades de NAGs de menor potência, como as galáxias de Seyfert.

Atualmente, o modelo mais popular e mais estudado para os quasares e NAGs envolve um buraco negro supermassivo (figura 8) com massa entre 10 milhões e 10 bilhões de massas solares.

A primeira característica de um NAG ou quasar é a quantidade colossal de energia que é capaz de produzir em um volume pequeno. NAGs muito ativos liberam cerca de 10^{53} a 10^{54} joules (unidade de energia) em 100 milhões de anos. Para se ter uma idéia de quão grandes são esses valores, basta dizer que o Sol terá liberado ao final de sua vida 10^{44} joules em 10 bilhões de anos, correspondendo à conversão de massa em energia, em um processo governado pela equação $E = mc^2$ (onde E é a energia, m a massa e c^2 a velocidade da luz ao quadrado), deduzida pelo físico alemão Albert Einstein (1879-1955), em sua teoria da relatividade, publicada em 1905.

Em 10 bilhões de anos, o Sol terá aniquilado só cinco décimos de milésimos de sua massa. Uma galáxia normal, consistindo de cerca de 100 bilhões de estrelas como o Sol, consome apenas 0,005 mas-



Figura 7.
O quasar 3C 273

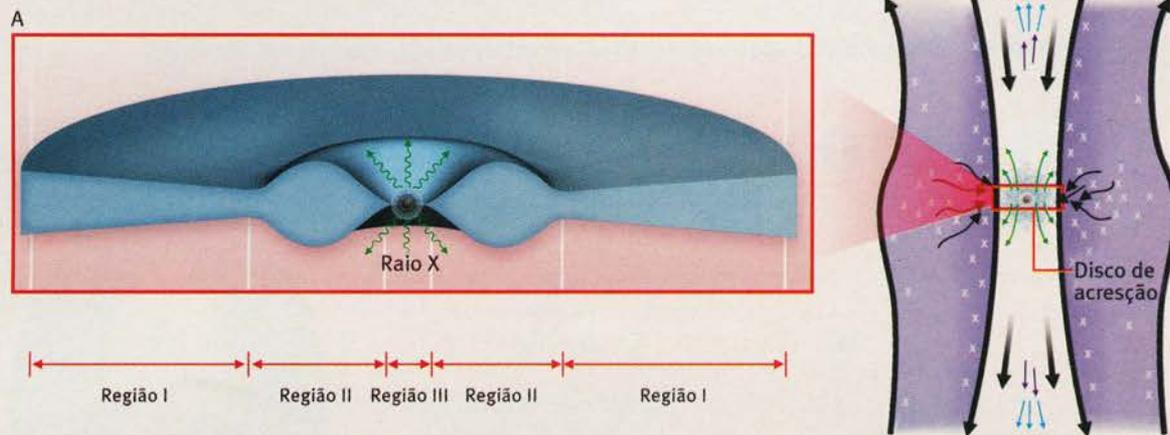


Figura 8. Modelo de buraco negro com disco de acreção para NAGs. Em (A), o efeito combinado da gravidade e da força centrífuga resultante da rotação do gás ao redor do buraco faz com que o gás forme um disco achatado (região I). À medida que se aproxima do buraco, a temperatura do gás cresce, e o disco infla, ficando mais espesso e formando um bojo (região II). Próximo ao buraco negro, a temperatura cresce para milhões de graus, e o fluido torna-se turbulento (região III); cerca de 80% da energia irradiada pelo gás, antes de ser sugado pelo buraco, são na forma de raios X. Em (B), devido a campos elétricos e magnéticos intensos, elétrons e prótons do gás que circunda o buraco negro são acelerados nas duas direções perpendiculares ao disco de acreção, criando os jatos de elétrons com velocidades próximas à da luz, responsáveis pela emissão sincrotrônica

sas solares por ano para manter sua luminosidade. Já um NAG que libera 10^{54} joules de energia consome 5 milhões de massas solares em apenas 100 milhões de anos, ou seja, 0,05 massas solares por ano – em alguns casos, até mais.

Mais eficiência

Esses números mostram que o processo de conversão de massa em energia em um NAG deve ser bem mais eficiente que aquele permitido no interior das estrelas. Isso levou os astrofísicos a ponderarem que, possivelmente, a fonte primária de energia em um NAG seria a gravitacional, já que esta é a única forma de energia que pode ser convertida com uma eficiência maior que a das reações nucleares que ocorrem dentro das estrelas.

Embora sejam conhecidos vários processos capazes de converter energia gravitacional em radiação, um aspecto atraente do modelo do buraco negro supermassivo é ele ser capaz de gerar com facilidade as grandes quantidades de energia necessárias a um quasar em uma região com diâmetro de ‘apenas’ alguns anos-luz, convertendo energia gravitacional em radiativa de maneira eficiente.

Nesse modelo, luminosidades da ordem daquelas requeridas pelos quasares (cerca de trilhões de vezes a do Sol) são produzidas através do acúmulo (ou acreção) de matéria ao buraco negro, a uma taxa de mais ou menos uma massa solar por ano.

Nos NAGs e quasares, um buraco negro supermassivo em um núcleo galáctico denso pode ser alimentado por estrelas que se rompem nas suas vizinhanças. O material estelar forma um disco de acreção, ou seja, uma quantidade de matéria em torno do buraco negro. Essa matéria emite radiação à medida que é sugada, em rotação, para dentro do buraco negro, atraída por seu intenso campo gravitacional. Esse processo ‘alimenta’ o quasar. Além disso, fluxos de gás são acelerados para fora, na direção perpendicular

lar ao disco, dando origem a jatos de matéria e radiação, bem como à estrutura dupla emissora de ondas de rádio observada em muitos dos NAGs (figura 8a).

Atividade bastante violenta

Para finalizar, cabe uma nota sobre a importância dos NAGs e quasares no contexto evolutivo de suas galáxias-hospedeiras e do universo. Os NAGs mais ativos, como vimos, não são observados nas vizinhanças de nossa galáxia, mas a distâncias de 10 bilhões de anos-luz. Isso é uma evidência de que o número de NAGs decresceu no curso do tempo. O tempo de vida de um NAG é de cerca de 100 milhões de anos e é notável que a parte do universo que contenha os NAGs mais ativos esteja a 10 bilhões de anos-luz da Terra.

Ainda não se sabe se todas as galáxias tiveram em alguma fase de sua vida um núcleo ativo, mas a maior parte delas, inclusive a Via Láctea, possui um núcleo com atividade bem pequena.

NAGs são palco de uma atividade bastante violenta durante um tempo muito pequeno se comparado ao tempo de vida médio de uma galáxia. Dessa forma, sua atividade, na maioria dos casos, deve ter possivelmente pouca influência sobre o resto da galáxia. ■

Sugestões para a leitura:

- FRIAÇA, A.;
GOUVEIA DAL
PINO, E.;
SODRÉ,
L. e JATENCO-
PEREIRA, V.
(Eds.)
*Astronomia:
uma visão geral
do universo*,
São Paulo,
Edusp, 2000.
(Acadêmica; 28)
- CHAISSON, E. e
MCMILLAN, S.
*Astronomy:
a beginner's
guide to the
universe*,
New Jersey,
Prentice Hall,
1998.

GEOLOGIA O naturalista escocês James Hutton revolucionou o estudo da superfície terrestre

A descoberta dos ciclos da natureza



Pedro Wagner Gonçalves

*Departamento de Geociências Aplicadas ao Ensino,
Instituto de Geociências,
Universidade Estadual de Campinas*

Representação moderna dos sucessivos estágios de formação da famosa descontinuidade do Rio Jed identificada por James Hutton

A memória nos ajuda a recordar fatos do passado, assim como livros e documentos são úteis na reconstituição de acontecimentos históricos. Mas como recuperar a história da natureza, de uma época que não se tem registro, quando nem o ser humano existia? Um pensador do século 18 – o naturalista britânico James Hutton (1726-1797) – tentou responder essa questão.

Hutton imaginava que os fósseis revelavam formas de vida de um mundo anterior à existência da humanidade. Ele supunha ser possível identificar suas características e narrar os fenômenos ocorridos

a partir dos registros deixados nas rochas. Enfim, ele acreditava que a Terra era muito mais antiga do que os 6 mil anos impressos nas bordas da Bíblia.

Tal perspectiva guiou o trabalho do geólogo escocês. Ele percebeu que os solos se renovavam, que as rochas na superfície terrestre estavam em permanente modificação, dando origem aos solos e podendo ser removidas pela erosão. Talvez melhor do que seus contemporâneos, Hutton compreendeu como os rios transportam sedimentos para o fundo dos oceanos, onde se depositam e consolidam para depois se transformar em rochas, assim como aceitou a premissa de que o interior da Terra é quente, gera vulcões e levanta as rochas formadas no fundo do mar. Imaginou, dessa forma, o ciclo da natureza, em que a água remove os materiais para

o fundo dos oceanos e o calor ergue novos continentes que ocupam o lugar dos que foram desgastados. Estimou também um tempo extremamente longo para que essas mudanças ocorressem – dezenas de milhares de anos.

Ao comparar essas explicações com o conhecimento atual que temos da natureza – consolidado nas últimas gerações – dificilmente notamos a importância de tais observações. Mas, se lembrarmos que na época de Hutton a idade da Terra era, para muitos naturalistas, de apenas 6 mil anos e que todas as rochas de sua superfície eram consideradas sedimentares, é possível imaginar quão revolucionárias foram essas teorias e explicações que modificaram profundamente a idéia da idade da Terra (ampliando-a para aquilo que foi chamado na época de 'tempo profundo').

Interesses diversos

Comparado aos cientistas da atualidade, Hutton tinha interesses bastante diversificados. Atraído inicialmente pela química, acabou cursando medicina. Foi provavelmente a partir de seu aprendizado sobre anatomia comparada, química e história natural que ele deve ter despertado sua curiosidade para a mineralogia e o estudo das rochas. Nunca chegou a exercer a medicina. Já graduado, dedicou-se por quase 20 anos à pesquisa em diferentes áreas – agricultura, química, meteorologia e geologia – e só foi divulgar suas teorias filosóficas e científicas nos últimos 15 anos de vida.

Em Edimburgo, sua cidade natal, ele conviveu com naturalistas, empresários, fazendeiros e pensadores escoceses, como o filósofo Adam Smith (1723-1790) e o filósofo e historiador Adam Ferguson (1723-1816). Esse círculo de intelectuais incentivou Hutton a expor publicamente suas idéias. Em

Deposição de sedimentos



Leve dobramento



Progressão e crescimento das dobras



Elevação do terreno e erosão da superfície emersa



Pleno aplainamento resultante da erosão



Rebaixamento da superfície e nova deposição de sedimentos marcando claramente a descontinuidade



1785, apresentou ao público sua teoria de revoluções cíclicas, responsáveis pela renovação de rochas e solos e pela manutenção do planeta habitável. Ele defendia que sem essa renovação dos continentes, sem o intemperismo e a erosão não poderiam existir plantas ou animais.

Controvérsia

De um lado, sua teoria produziu incendiárias reações dos círculos científicos e religiosos, de outro, agrupou intelectuais escoceses importantes – o matemático John Playfair (1748-1819), o mineralogista James Hall (1761-1832), o químico Joseph Black (1728-1799), o minerador e pintor John Clerk de Eldin (1728-1812) – que buscaram divulgar suas idéias e provar que Hutton estava certo.

Mas ele não estava satisfeito. Seus experimentos com amostras de rochas, seus estudos e observações por todo o Reino Britânico confirmavam que o mundo estava em constante transformação. No entanto, Hutton compreendia a necessidade de provar sua tese no campo. Guiado por seu conhecimento e experiência sobre a distribuição de rochas, realizou, de 1785 a 1790, uma série de viagens pela Escócia, encontrando diversos locais que corroboravam suas idéias.

Uma de suas viagens mais conhecidas é a visita a *Jedburgh*. Nas margens do rio Jed, em 1787, Hutton notou uma seqüência de rochas: estratos de arenitos horizontais estavam sobrepostos a xistos verticais, separados por uma camada de conglomerados derivados das rochas inferiores. Os estratos rochosos superior e inferior não se mostravam paralelos entre si, apresentando uma descontinuidade (termo cunhado depois de sua morte). Ele então arriscou uma explicação: areias e argilas que formavam o xisto teriam se depositado no fundo do oceano, sendo compactadas, dobradas e elevadas. Em seguida, a erosão teria exposto as bordas verticais das dobras, carregando muito material para adiante. Por último, a terra teria afundado, mais sedimentos teriam se depositado e se consolidado mas, dessa vez, sem se dobrarem, formando arenitos e provocando uma

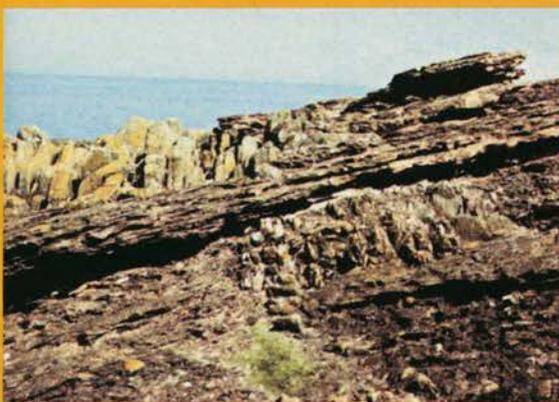
segunda elevação do lugar. Segundo Hutton, esses eventos só poderiam ocorrer em imenso período de tempo (ele imaginou um período geológico de mais de 80 mil anos!). Estava ali a prova de que ele precisava para garantir a repetição cíclica dos processos naturais.

Buscando uma prova adicional, Hutton observou que a descontinuidade de *Jedburgh* estava presente na costa, uns 50 km a nordeste. Ele encontrou o que procurava em *Siccar Point*.

A descoberta produziu forte impressão nos companheiros de viagem, como pode se perceber pelo relato de Playfair: “A palpável evidência apresentada para nós (...) deu realidade e substância para as especulações teóricas que, embora prováveis, nunca tinham sido diretamente autenticadas, até agora, pelo testemunho dos sentidos. (...) Sentimos que necessariamente tínhamos que voltar no tempo quando os xistos, sobre os quais estávamos, foram postos no fundo do mar e o arenito estava apenas começando a se depositar, na forma de areia e lama, nas águas de um antigo oceano. Uma época ainda mais remota se mostrou quando mesmo as rochas mais antigas, em vez de estarem levantadas em camadas verticais, depositavam-se em planos horizontais no fundo do mar e ainda não haviam sido perturbadas pela imensurável força que rompeu o pavimento sólido do globo. Revoluções ainda mais remotas apareceram em uma perspectiva distante e extraordinária. A mente parecia crescer atordoada ao ver tão longe o abismo do tempo (...) e nos tornamos sensíveis de que a razão poderia ir tão longe quanto a imaginação pode ousar seguir.”

A precisa fórmula de Hutton foi mais tarde confirmada – os xistos foram reconhecidos como silurianos e o intervalo entre sua deformação e a deposição dos arenitos foi estimada em mais de 100 milhões de anos. Mas é importante ressaltar aqui o raciocínio empreendido por ele ao narrar a história de eventos seqüenciais de levantamento e descida do território, baseado na distribuição das rochas. O procedimento ultrapassou a taxionomia dos corpos rochosos e o simples empilhamento vertical. Esse pensador conseguiu agrupar de modo racional o ciclo de soerguimento e rebaixamento da superfície terrestre. Tal procedimento cognitivo é hoje absolutamente dominante e muitos cientistas o usam sem avaliar o salto intelectual nele envolvido. ■

Hutton agrupou de modo racional o ciclo de soerguimento e rebaixamento da superfície terrestre. Tal procedimento é hoje dominante e muitos cientistas o usam sem avaliar o salto intelectual nele envolvido



A descontinuidade de Siccar Point descoberta dias depois da descontinuidade do Rio Jed. Ela foi prevista por Hutton que realizou viagem por barco para encontrá-la

Transgênicos: um tiro no escuro



Invasores silenciosos chegam às prateleiras dos supermercados de todo o mundo, infiltrados na composição de centenas de alimentos. São os chamados transgênicos, organismos geneticamente modificados em laboratório, que são hoje alvo de calorosa controvérsia mundial. Eles já compõem a receita de inocentes papinhas para bebês, biscoitos, achocolatados, molhos, suplementos, massas e uma infinidade de guloseimas feitas principalmente à base de milho e soja, cereais que já têm metade de sua produção dominada pelas lavouras transgênicas nos Estados Unidos.

As plantas transgênicas são assim chamadas porque recebem um ou mais genes de outro organismo para ganhar características supostamente capazes de melhorar seu desempenho produtivo e sua resistência a pragas e doenças. De olho nos possíveis benefícios econômicos prometidos pelas safras transgênicas, os norte-

americanos já disseminaram esses organismos em 60% dos alimentos processados em seu país. Mas o que essas plantas mutantes podem causar ao meio ambiente e à saúde humana e animal é ainda uma grande especulação em terreno desconhecido.

Ecólogos e ambientalistas alertam sobre a falta de dados científicos capazes de assegurar que uma planta transgênica é realmente segura ao ambiente e à saúde humana. Eles enumeram razões para suspeitar de prováveis desequilíbrios ecológicos decorrentes da introdução dos cultivos transgênicos. A principal delas é o risco de que as plantas mutantes se tornem pragas de proporções alarmantes por serem mais resistentes e se reproduzirem com maior rapidez.

Não está afastada, por exemplo, a possibilidade de transferência horizontal de genes de plantas resistentes a herbicidas para plantas selvagens da mesma família.

Aumenta dessa forma o risco de gerar plantas daninhas resistentes, o que poderá exigir maior uso de agrotóxicos. Além disso, os transgenes podem escapar e produzir novas pestes ou fazer crescer a diversidade genética das plantas selvagens originais.

Um efeito indesejável já comprovado é a destruição da biodiversidade de insetos, com a quebra de sua cadeia alimentar. Nas lavouras de um milho transgênico resistente à praga da broca, por exemplo, constatou-se que seu pólen matava lagartas da borboleta Monarca, colocando-a em risco de extinção. Suspeita-se ainda que joaninhas que se alimentam de pragas presentes em lavouras de batata transgênica tenham seu tempo de vida reduzido.

O grão da discórdia

A soja *Roundup ready*, da multinacional Monsanto, alterada geneticamente para resistir a inseticidas, provoca hoje uma das mais

acirradas polêmicas entre biotecnólogos, ecólogos e ambientalistas. Os primeiros alegam que a alteração genética é um recurso necessário para garantir a resistência e a produtividade da planta. Já os últimos advertem que a soja da Monsanto recebeu um gene que dá imunidade a um certo tipo de

rar casos de câncer como pode explodir uma cidade inteira”, argumenta. Azevedo é um dos 36 integrantes da Comissão Nacional de Biossegurança (CTNBio), órgão vinculado ao Ministério de Ciência e Tecnologia responsável pela regulamentação do uso dos transgênicos no país.



herbicida, o que pode gerar características capazes de torná-la uma praga super-resistente. Eles alertam ainda para os possíveis impactos no ambiente, em particular a redução da biodiversidade.

Além do provável risco de essa combinação genética gerar plantas mutantes indesejáveis, a soja transgênica da Monsanto foi programada para garantir sua produtividade mesmo quando impregnada de agrotóxicos, usados para controlar as ervas daninhas que com ela competiriam. E o uso abusivo de herbicidas, lembram os ambientalistas, fatalmente agride o solo e o lençol freático, ameaçando o equilíbrio ecológico.

Para o pesquisador Vasco de Carvalho Azevedo, do Departamento de Biologia Geral da Universidade Federal de Minas Gerais, a ciência está diante de uma poderosa ferramenta biotecnológica, que pode ser usada para o bem ou para o mal. “É como a radioatividade, que tanto pode cu-

Até agora, a CTNBio só deu parecer favorável ao cultivo da soja da Monsanto, mas essa liberação foi revogada pela 6ª Vara da Justiça Federal de Brasília, que acolheu parecer do Ministério Público baseado em ações movidas pelo Instituto Brasileiro do Direito do Consumidor (Idec) e pela organização ambientalista Greenpeace. Decidiu-se que o cultivo da soja transgênica em solo brasileiro fica suspenso temporariamente, até que sejam apresentados estudos e relatório de impacto ambiental pela Monsanto.

Azevedo vê nessa decisão uma ameaça ao avanço da pesquisa biotecnológica no país e afirma que é preciso correr os supostos riscos. Segundo ele, se prevalecer a moratória, a pesquisa brasileira sofrerá um atraso de pelo menos 15 anos, tempo que uma planta transgênica demora para chegar à mesa do consumidor. “Se fizermos isso – avalia –, estaremos perdendo o trem da ciência.”

Risco zero

A bioquímica Glaci Zancan, presidente da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), diz não ter dúvidas de que a construção de organismos geneticamente modificados é uma tecnologia que veio para ficar. Ela concorda que a manipulação genética pode ser uma poderosa ferramenta no estudo dos fenômenos biológicos, com repercussão na saúde, no ambiente, na agricultura e na tecnologia de alimentos. Alerta, porém, para a necessidade de se pesquisar mais a fundo sobre as implicações do cultivo em larga escala das plantas transgênicas.

Como cada construção transgênica é uma manipulação diferente, Zancan sugere que se analise caso a caso para pesar criteriosamente os riscos e benefícios. “É preciso encontrar o equilíbrio entre a economia e o bem-estar da população, preservando nossa biodiversidade para as gerações futuras”, pondera. Em uma atitude de cautela, a SBPC aprova a moratória de cinco anos antes de liberar plantas modificadas em cultivos intensivos. A proposta é que, nesse período, sejam feitos rigorosos estudos de impacto ambiental em experimentos controlados, além de testes mais severos de segurança alimentar.

“Não há dúvida de que os estudos sobre os organismos transgênicos devem prosseguir, mas com risco zero ao ambiente e à saúde”, opina o professor de ecologia Rogério Parentoni, do Departamento de Biologia Geral da UFMG. Segundo ele, isso só pode ser feito através de experimentos fechados em protocolos especiais, para o controle dos impactos ambientais.

Parentoni afirma que alguns dos benefícios propalados por biotecnólogos e empresas, tal como a diminuição da fome no mundo, servem apenas para impressionar os incautos. Segundo ele, o mundo produz atualmente 3 kg de alimentos/pessoa/dia, o

que seria suficiente para alimentar os 6 bilhões de habitantes do planeta. "O problema não é aumentar a produtividade de alimentos e sim distribuí-los de forma mais equilibrada e justa."

Efeitos indesejáveis

Em relação à saúde humana, pairam ainda muitas dúvidas sobre os prováveis efeitos colaterais

a maioria da população sequer sabe decifrar o dialeto químico contido nos rótulos.

Outro risco à saúde diz respeito às plantas transgênicas que contêm genes de resistência a antibióticos. Teme-se que esses genes possam ser transferidos para bactérias humanas, reduzindo as chances de controle de doenças via antibióticos.

das, a Greenpeace lidera uma campanha mundial contra os experimentos transgênicos, alegando que desastres ambientais e à saúde provocados por plantas manipuladas podem ter conseqüências irreversíveis no futuro.

Sementes manipuladas já são cultivadas no mundo em uma área de 30 milhões de hectares e seu mercado deverá movimentar este ano em torno de US\$ 3 bilhões. Um dos argumentos dos produtores é a necessidade de se dar um salto de qualidade através da biotecnologia para atender à crescente demanda mundial por alimentos.

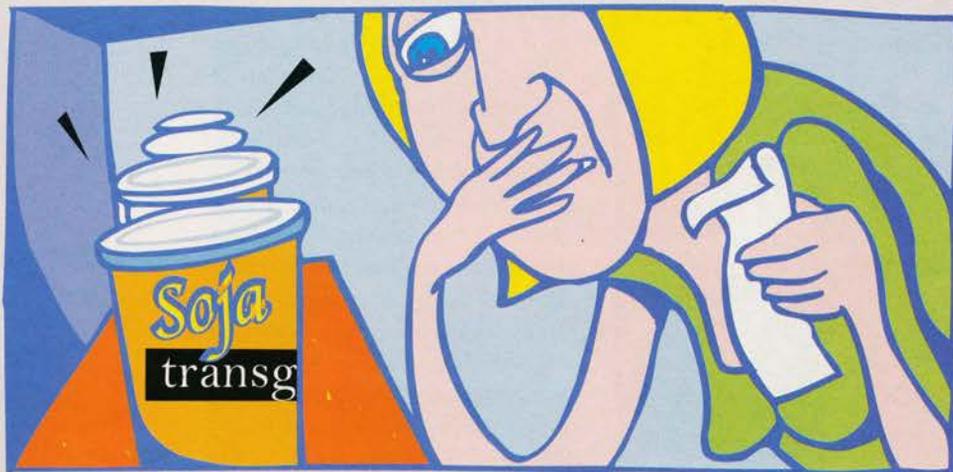
Nesse aspecto, a presidente da SBPC lembra que, por enquanto, os avanços biotecnológicos ainda não foram capazes de aumentar a produtividade e o valor nutricional das plantas sem provocar problemas de biossegurança. A seu ver, isso só será possível se os experimentos conseguirem manipular enzimas básicas de melhoria de produtividade. "O que se tem hoje são plantas dependentes de agrotóxicos", diz.

Enquanto não se chega a um consenso, alimentos importados contendo organismos mutantes são vendidos livremente em supermercados brasileiros e o país planeja importar 3 milhões de toneladas de milho dos Estados Unidos e da Argentina, onde as lavouras transgênicas são liberadas oficialmente.

Zancan considera prudente que as autoridades do país acatem o conselho do Idec, regulamentando a comercialização dos alimentos transgênicos através de normas que determinem sua identificação nos rótulos, além de promover estudos criteriosos sobre o impacto desses produtos no ambiente e na saúde dos consumidores.

Marise Muniz

Especial para *Ciência Hoje*/MG



que os alimentos transgênicos podem causar a longo prazo. A presidente da SBPC cita a ocorrência de alergias, particularmente depois que se construiu uma soja transgênica contendo uma proteína da castanha-do-pará com elevado teor de metionina. Como essa soja contém expressiva quantidade de estrógeno (hormônio feminino), suspeita-se também que seja um alimento arriscado para crianças.

"Insistimos na rotulagem de alimentos que contenham transgênicos, para que as pessoas possam decidir livremente sobre seu consumo", enfatiza Zancan. Ela cita estatísticas mostrando que a alergia alimentar afeta hoje cerca de 1,5% da população adulta e 5% das crianças menores de três anos nos Estados Unidos. O problema, a seu ver, é que os produtores se negam a estampar essa informação nos rótulos, temendo perder consumidores. No Brasil, a situação é ainda mais grave, pois

Tais temores, entretanto, começam a ser vistos como infundados. Pesquisadores da Universidade de Leeds, na Inglaterra, falharam em suas tentativas de fazer com que bactérias adquirissem genes de resistência a antibióticos usados em milho transgênico. Em vários experimentos, não houve evidências de que bactérias do intestino de galinhas alimentadas com milho transgênico adquirissem e ativassem o gene *bla*, que confere ao milho resistência à ampicilina.

Como esses resultados não são conclusivos, as suspeitas permanecem. A União Européia aprovou uma lei determinando que produtos transgênicos sejam identificados com etiqueta informando que se trata de organismo geneticamente modificado, enquanto a Associação Médica da Grã-Bretanha pediu fiscalização rigorosa das colheitas e do processo de industrialização dos alimentos transgênicos. Fazendo eco a essas medi-

GENÉTICA Países europeus divergem sobre a liberação de organismos geneticamente alterados

Muito longe de um consenso

Na Europa, o debate sobre organismos geneticamente modificados (OGM) intensificou-se no início dos anos 90, com a divulgação dos riscos e benefícios envolvidos em sua produção e em seu consumo. Segundo as mais recentes pesquisas de opinião feitas no continente, os países com mais objeções a esses produtos são a Alemanha, a França, a Suíça e a Dinamarca. Os britânicos são os mais receptivos aos alimentos transgênicos. Apesar de haver grande variedade de opiniões sobre o assunto, a maioria defende a rotulagem nos alimentos geneticamente alterados.

Pelas previsões econômicas, o mundo vai precisar, nos próximos 50 anos, mais cereais do que consumiu nos últimos 10 mil anos. A demanda de comida será enorme. O sistema tradicional de produção de alimentos deverá abastecer mais 90 milhões de pessoas a cada ano. "Isso só poderá ser feito com ajuda da biotecnologia. Sabemos que a tecnologia é apenas um lado da equação e que cada país tomará a decisão que precisa. Mas é bom lembrar que a biotecnologia não terá apenas impacto na economia, como também no ambiente – com a redução do uso de pesticidas – e na saúde, possibilitando uma boa nutrição", pondera a bióloga Monica Winstanley, chefe de relações públicas do Biotechnology and Biological Sciences Research Council (BBSRC), em Swindon (Grã-Bretanha). Segundo o filósofo inglês Roger Straughan, professor da Universidade de Reading (Grã-Bretanha), o significado moral desse potencial não pode ser desprezado. "Enquanto alguns be-

nefícios já podem ser observados, as possíveis ameaças ou prejuízos ainda não apareceram", destaca.

Cruzamento versus engenharia genética

O cruzamento de espécies para melhoramento genético vem sendo feito há séculos. Mas o que preocupa os críticos da nova tecnologia é o ritmo com que a engenharia genética está introduzindo essas mudanças. Seus defensores alegam que, apesar de mais veloz, a engenharia genética é também mais precisa. Ela permitiria sele-



cionar o gene ou o grupo de genes desejados, deixando de lado aqueles que não interessam e que, no cruzamento tradicional, acabariam passando para as gerações seguintes. A moderna biotecnologia seria, portanto, aparentemente mais segura do que as alterações genéticas indiscriminadas que ocorrem no cultivo seletivo.

Mas algumas diferenças entre o processo tradicional de cruzamento de espécies e as novas técnicas de manipulação genética merecem destaque. As espécies

cruzadas pelo processo tradicional são sempre correlatas, enquanto as técnicas modernas permitem mover genes entre espécies completamente diferentes. Seria impossível pelas técnicas convencionais, por exemplo, cruzar gatos com cachorros.

Outro ponto de divergência é a rapidez – poucas semanas – com que a engenharia genética é capaz de transferir o DNA entre organismos, comparada ao longo tempo – vários anos – necessário no procedimento tradicional. Além disso, a alteração genética que resulta do método convencional ocorre em um número relativamente pequeno de espécies. Já as propostas da engenharia genética são mais ambiciosas: controlar a poluição, descontaminar a água do esgoto, usar animais e organismos transgênicos como fábricas, prevenir doenças, produzir medicamentos e até modificar a composição genética do ser humano.

As preocupações dos ambientalistas concentram-se sobretudo em como os novos organismos geneticamente modificados vão se comportar no meio em que serão lançados. Sua principal objeção é que a engenharia genética permite introduzir genes em microrganismos, plantas e animais que nunca apareceriam pelas técnicas de manejo tradicional. Com o tempo, o material genético dos OGM acabaria se combinando com o de outros organismos, com efeitos imprevisíveis.

Os ambientalistas também alegam que não se conhece suficientemente o campo das interações ecológicas para prever as consequências da transferência de genes. Além disso, as transforma-

ções no ambiente podem não ser notadas de imediato e o conceito de poluição genética – disseminação de genes que naturalmente não ocorrem no ecossistema onde foram lançados – não costuma ser levado em conta.

A manipulação genética de vírus é particularmente arriscada. Enquanto alguns especialistas consideram segura a introdução de proteínas virais em certas plantas para torná-las resistentes a infecções, outros vêem o procedimento com receio. O problema ainda gera controvérsia e requer mais estudos.

A reação da sociedade

Segundo o cientista alemão Peter Meyer, professor do Departamento de Biologia da Universidade de Leeds (Grã-Bretanha), vários aspectos devem ser levados em conta antes de iniciar os testes de campo com um novo OGM. “Temos que saber se o organismo que vai receber o gene ‘estrangeiro’ já existe no meio em que será liberado, qual será seu potencial de disseminação, se a expressão do gene introduzido poderia levar ao acúmulo de componentes

tóxicos ou perigosos capazes de se propagar através da cadeia alimentar, e se as novas propriedades da planta transgênica poderiam provocar um desequilíbrio ecológico.”

Apesar de a Alemanha ter sido uma das primeiras nações a regulamentar a engenharia genética, pesquisas apontam que 80% dos alemães têm uma desconfiança profunda nessa tecnologia. “Esse sentimento varia entre os diferentes grupos, partidos políticos, organizações ambientalistas ou religiosas. O de-

bate, entretanto, não inclui grande parte da população. É deflagrado por pequenos grupos extremistas”, opina Meyer. Para ele, a maioria dos alemães acompanha a discussão com ceticismo e medo. Em parte, porque lhes falta conhecimento científico para julgar os argumentos. Em parte, porque não vêem benefícios que possam resultar dessa tecnologia.

O impacto das experiências nazistas, entre outras razões culturais, contribui para aumentar o estranhamento do público frente à nova tecnologia. “Existe uma mentalidade romântica na Alemanha, que preconiza a preservação da natureza como algo que não pode ser tocado, dessacralizado. E a manipulação genética choca-se com esse espírito”, explica Christoph Weber, pesquisador em Comunicação Científica do Instituto Max Planck de Genética Molecular (Alemanha). “Por outro lado, a sociedade alemã é economicamente próspera e as pessoas não vêem necessidade em mudar essa realidade. Sentem-se confortáveis como estão”, acrescenta.

Meyer concorda: “Os alemães não estão preocupados com a fome porque têm comida em abundância. Eles não olham para o problema. Não avaliam, por exemplo, que a biotecnologia pode permitir que uma plantação cresça sem o uso de agentes químicos, o que seria menos prejudicial para o ambiente.”

‘Supermercado genético’

Dadas as preocupações e os riscos que os OGM levantam, as decisões sobre sua liberação não deveriam se basear apenas em interesses locais. Antes de sua aprovação, seria importante considerar as conseqüências que teria o lançamento desses organismos em outras regiões ou países que não os de origem.

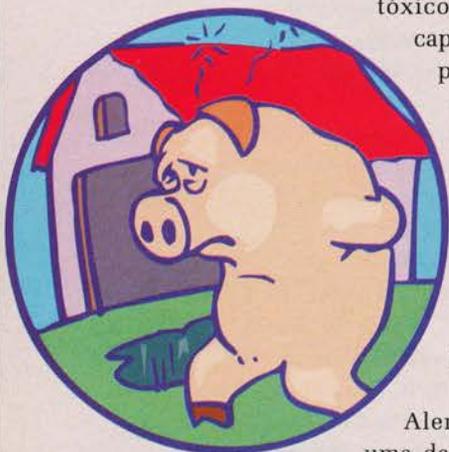
Nos anos 90, os Estados Unidos aprovaram dezenas de produtos geneticamente modificados.

Outros tantos apareceram no mercado europeu. O ritmo atual de liberação de OGM no ambiente indica que o próximo milênio começará com uma centena de produtos alterados geneticamente nas prateleiras dos mercados. Em algumas décadas, poderão ser milhares. Se, para os cientistas mais confiantes, o comportamento dos OGM no ambiente parece matematicamente calculado e previsível, para os mais céticos as repercussões desse enorme ‘supermercado genético’ podem ser devastadoras.

“Se a biotecnologia se tornar uma linha de produção, estaremos introduzindo milhares e milhares de organismos geneticamente modificados no ecossistema em volumes maciços em todo o mundo”, prevê Jeremy Rifkin no livro *Public Perceptions of Biotechnology* (Instituto de Pesquisas Agrícolas, Maryland, Estados Unidos, 1987). “Mas os produtos genéticos são muito diferentes dos produtos químicos e, por isso, não podemos usar os mesmos pré-requisitos para ambos. Os OGM podem viver, o que os torna mais imprevisíveis do que os produtos químicos quando lançados no ambiente. Os OGM podem se reproduzir, crescer, migrar e até sofrer mutações. Isso não ocorre com os produtos químicos. E, se não gostarmos de como as bactérias ou os vírus geneticamente modificados se comportam no ambiente, não haverá mais como recolhê-los ou recuperá-los”, alerta Rifkin.

Animais transgênicos

A manipulação genética em animais é uma das questões mais controversas dentro da comunidade científica. A tecnologia pode ser usada para criar animais de fazenda mais produtivos, transformá-los em ‘fábricas de remédios’ ou desenvolver modelos animais em laboratório para estudo de doenças humanas. Mas os possíveis



benefícios obtidos a partir de animais transgênicos chocam-se com os riscos – muitas vezes imprevisíveis – e com procedimentos em alguns casos moralmente inaceitáveis.

“As manipulações transgênicas alteram a natureza, a essência do animal”, afirma o especialista em comportamento animal Michael Fox no livro *The Bio-Revolution, Cornucopia or Pandora's Box?* (Pluto Press, Londres, 1990). “De acordo com a perspectiva utilitarista e com base na história de domesticação dos animais, pode-se dizer que criar animais transgênicos é algo ético e moralmente correto. Mas da perspectiva de respeito e reverência à vida e à integridade das espécies, sua criação para proveito humano é ética e moralmente inaceitável.”

Afirmção comum feita pelos defensores do uso da tecnologia em animais é que a engenharia genética seria simplesmente a extensão das antigas práticas de cruzamento seletivo ou criação de híbridos. Esses, no entanto, não parecem ser precedentes históricos válidos porque, nos métodos tradicionais, genes não podem ser trocados entre espécies não relacionadas. Além disso, a engenharia genética poderia causar danos ao animal já que a própria seleção de híbridos, como o cruzamento de lobos com cachorros, é capaz de gerar doenças e sofrimento.

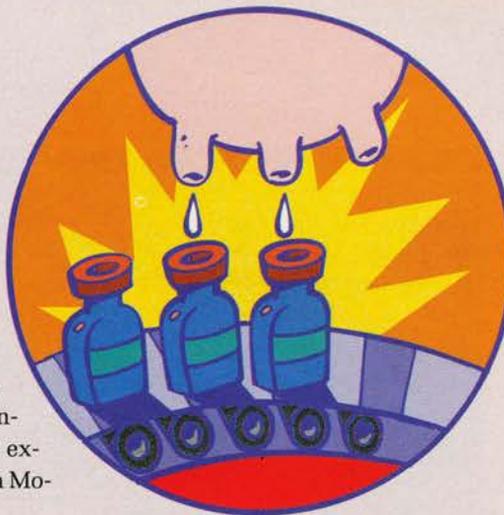
Mesmo sem consenso na comunidade científica, a criação de animais transgênicos para uso terapêutico é uma realidade na Europa e nos Estados Unidos. O caso da ovelha transgênica, que carrega a cópia de um gene humano para codificar a alfa-1-antitripsina (proteína usada para tratar distúrbios pulmonares) é o exemplo bem-sucedido mais conhecido na Grã-Bretanha. O gene é ativado apenas nas glândulas mamárias, de forma que a alfa-1-antitripsina possa ser produzida no leite do animal. Isso torna simples o

procedimento de coleta e purificação da proteína. “A substância também pode ser isolada do sangue humano mas, como o tratamento com a proteína requer a produção de altas doses, é impossível suprir a demanda mundial, além de ser extremamente cara”, explica Monica Winstanley.

Mas nem só de casos bem-sucedidos vive a história da tecnologia. Os chamados porcos de Beltsville costumam ser citados por especialistas resistentes como exemplo negativo do que a nova ferramenta pode provocar. Esses animais carregavam o gene humano para produção do hormônio de crescimento. Experiências similares feitas com ratos e coelhos não haviam apresentado inconvenientes. Mas os porcos transgênicos desenvolveram vários problemas: artrite, letargia, visão defeituosa decorrente do crescimento anormal do crânio, extrema sensibilidade a pneumonias e alta taxa de mortalidade. Além disso, os animais não cresceram duas vezes mais nem duas vezes mais rápido, como os ratos que receberam o mesmo gene.

Referindo-se a essa experiência, Fox alerta em seu livro que previsões e afirmações sobre a segurança da engenharia genética não podem ser generalizadas e transpostas de uma espécie para outra. “O conhecimento existente na área de veterinária é muito diferente daquele necessário para a manipulação de animais transgênicos e deve ser incrementado com novas pesquisas para corrigir os conseqüentes problemas de saúde e sofrimento dos animais”, avisa.

Há os que contestem sua argumentação, alegando que a engenharia genética permitiria tornar os animais mais resistentes a doenças, diminuindo assim seu sofrimento. “Essa teoria é ingênua”,



rebate Fox, “porque aponta a única causa – a microbial – para as enfermidades”. O simples fato de tornar os animais resistentes a um tipo específico de bactéria ou vírus não os protege de fatores causadores de estresse, como a superpopulação ou o confinamento a que a maioria é submetida nas fazendas-fábricas. Também não os livra do sofrimento que os deixa ainda mais suscetíveis a doenças.

“Minha preocupação é a de que o ser humano se torne ainda mais desrespeitoso com os animais”, destaca o biólogo e pastor anglicano Michael Reiss, pesquisador da Universidade de Cambridge (Grã-Bretanha). “Não quero que a engenharia genética seja usada para aumentar o número de ovos produzidos por uma galinha ou para tornar os peixes mais resistentes ao frio. Não sei quais serão as implicações ecológicas dessa intervenção.”

Segundo Reiss, os benefícios da nova tecnologia podem justificar os riscos, mas só em casos particulares. “Não há objeções éticas à engenharia genética que possam ser rejeitadas todas juntas. Não se trata de algo moralmente inaceitável como a tortura, a prostituição infantil ou a escravidão. Em muitas situações, como na agricultura, os benefícios são muito maiores que os possíveis prejuízos. Mas cada caso exige uma avaliação cuidadosa”, pondera.

Alicia Ivanisovich
Ciência Hoje/RJ

PALEONTOLOGIA Equipe da Uerj descreve nova espécie de peixe na bacia de Pelotas

Fósseis em águas profundas

A descoberta feita por um grupo de pesquisadores do Departamento de Biologia Animal e Vegetal da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (Uerj) pode ser a peça que faltava para determinar a história evolutiva de alguns grupos de peixes e moluscos que habitaram o planeta há pelo menos 90 milhões de anos. A equipe, coordenada pelos paleontólogos Valéria Gallo e Francisco Figueiredo, encontrou fósseis de peixes das famílias Nursalliidae, Enchodontidae, Dercetidae, Clupavidae e Holocentridae a 4.000 m de profundidade, na Formação Atlântida da bacia de Pelotas, no Sul do Brasil. Os pesquisadores procuram, agora, relacionar os peixes recém-descobertos no país com fósseis das mesmas famílias descritos há algum tempo na Europa, Ásia e África.

Os fósseis foram coletados ocasionalmente pela Petrobras há cinco anos. “A empresa realizava perfurações sistemáticas na região em busca de poços petrolíferos

quando descobriu os peixes em testemunhos de sondagem retirados de 4.000 m de profundidade”, conta Valéria Gallo. Alguns testemunhos – amostras cilíndricas do terreno, obtidas através da perfuração da rocha com broca – que continham peixes, foram doados aos pesquisadores da Uerj e vêm sendo analisados.

A possibilidade de estudar peixes fossilizados a tamanha profundidade fascinou os pesquisadores. “Se o testemunho de sondagem não tivesse sido realizado, não se teria conhecimento da existência dessa fauna, que viveu há cerca de 90 milhões de anos”, comenta Francisco Figueiredo. Mas o que animou ainda mais os biólogos foi a descoberta de um novo gênero e espécie de peixe holocentrídeo entre o material coletado. Medindo apenas 2 cm de comprimento e apresentando esqueleto bem conservado, o *Pelotius hesselae* foi detalhadamente estudado no Laboratório de Morfologia Evolutiva de Osteichthyes da Uerj

Figura 1. A bacia de Pelotas é bastante peculiar: encontra-se quase toda submersa e compreende diversas formações geológicas. Apenas um quinto de sua área — de aproximadamente 210 mil km² — fica fora d'água

FAUNA ANÃ?

Um fato curioso em relação à fauna de peixes encontrada na bacia de Pelotas é o tamanho de alguns de seus componentes. Apesar de já terem atingido o estágio adulto — fato comprovado pelo grau de ossificação de seus esqueletos — a maioria dos peixes coletados é extremamente pequena. O *Pelotius hesselae*, por exemplo, mede apenas 2 cm, enquanto alguns espécimes atuais da família Holocentridae chegam a atingir 60 cm de comprimento. Da mesma forma, os Dercetidae descritos na literatura paleontológica apresentam cerca de 50 cm de comprimento, enquanto os exemplares coletados na bacia de Pelotas medem, no máximo, 5 cm. Esse fato é verificado para representantes de outros grupos de peixes. Mas ainda é cedo, segundo os pesquisadores, para afirmar a descoberta de uma fauna anã.

Figura 2. A nova espécie de peixe holocentrídeo, *Pelotius hesselae*, mede apenas 2 cm de comprimento e apresenta estrutura óssea bem conservada



FRANCISCO FIGUEIREDO

SERGIO ALEX AZEVEDO

e sua descoberta publicada em 1999, no *Journal of Vertebrate Paleontology*.

É a primeira ocorrência de um fóssil dessa família na América do Sul. “Os holocentrídeos são bastante comuns em ambientes costeiros de várias regiões do mundo até os dias atuais, mas é a primeira vez que são encontrados vestígios da sua existência na América do Sul. Antes disso, só havia registros de fósseis de holocentrídeos na Itália, nos Estados Unidos, no Líbano e na antiga Iugoslávia”, conta Gallo. Isso é, segundo a pesquisadora, um forte indício de que indivíduos de diferentes espécies (mas de uma mesma família), que viviam em uma mesma região, foram se distanciando geograficamente e sofrendo diferenciação, em decorrência da separação das placas continentais, que aconteceu há cerca de 130 milhões de anos.

A descoberta de peixes das famílias Dercetidae e Enchodontidae entre o material coletado pela Petrobras só reforça a hipótese dos biólogos da Uerj. Os dercetídeos – peixes já extintos, de corpo alongado, focinho comprido e com o esqueleto bastante ossificado – foram registrados pela primeira vez no Brasil, embora já houvesse descrições de fósseis dessa família na África, na Ásia e na Europa. Dos enchodontídeos – que já haviam sido descritos no Nordeste do Brasil, na Europa e na África – foi descoberta uma forma até então inédita na América do Sul. O peixe, denominado *Rharbichthys*, só tinha sido registrado anteriormente na África e na Europa.

Além disso, foram encontrados no testemunho de sondagem um peixe picnodonte do gênero *Nursallia* (já extinto) e representantes da família Clupavidae. Os picnodontes – que em geral, apresentavam corpo discóide e dentição adaptada à trituração de invertebrados providos de carapa-

VÉRTEBRAS E DENTES

Desde 1995, os pesquisadores do Departamento de Biologia Animal e Vegetal da Uerj vêm desenvolvendo dois importantes projetos paralelamente. Além da análise dos testemunhos de sondagem encontrados pela Petrobras em Pelotas, os biólogos têm estudado, em parceria com uma equipe do Museu Nacional do Rio de Janeiro, fósseis de aproximadamente 60 milhões de anos encontrados no limite Cretáceo-Terciário da bacia Pernambuco-Paraíba, nas formações Gramame e Maria Farinha. O limite – que marca a transição entre os dois períodos geológicos – é, até hoje, um mistério a ser desvendado. Afinal, foi nesta época – posterior à separação da América do Sul e da África – que diversos organismos, incluindo os dinossauros, desapareceram da Terra.

Na formação Maria Farinha, foram encontrados vértebras e dentes de crocodilos marinhos (cuja família Dyrosauridae, já extinta, tinha poucos registros na América do Sul), fragmentos da carapaça de tartarugas marinhas, placas dentárias de raias, dentes de tubarões, o espinho de um bagre, os ossos do crânio de uma garoupa, além do esqueleto quase completo de um novo gênero de ubarana focinho-de-rato. “É o mais antigo fóssil da família Albulidae já encontrado na América do Sul”, contam Valéria Gallo e Francisco Figueiredo, paleontólogos da Uerj.

A descoberta desse novo gênero de albulídeo no Brasil reforça a hipótese, apresentada pelos pesquisadores, de que existe uma estreita relação entre as bacias costeiras do nordeste brasileiro e as bacias do noroeste africano. “A fauna encontrada aqui é quase idêntica à descrita, nas décadas de 1950 e 1960, em Marrocos, na Angola e na Tunísia”, explica Gallo.



MAURILIO S. OLIVEIRA

ças e conchas – eram bastante comuns no Cretáceo e no Terciário, e já foram descritos em diversas bacias sedimentares do nordeste do Brasil. Os clupavídeos são, segundo os pesquisadores, parentes distantes de nossas atuais sardinhas e manjubas.

Um longo caminho

Apesar das descobertas, a equipe da Uerj ainda tem muito trabalho pela frente. “Nós estamos investigando a possível relação entre os fósseis encontrados em Pelotas e os coletados em outras regiões do Brasil e do Mundo”, conta Gallo.

Para isso, eles contam com a colaboração do professor de geologia da Uerj, Dr. Rodolfo Dino, que estuda microrganismos fossilizados, com o objetivo de datar os testemunhos de sondagem. “Dessa forma, descobriríamos a idade correta dos fósseis coletados e seria possível determinar como e em que sentido se deu a distribuição geográfica dessas famílias de peixes durante a separação das placas continentais”, explica Figueiredo.

Ângela Góes
Ciência Hoje/RJ

Figura 3.
Reconstituição da paleoicthiofauna da formação Maria Farinha, que sobreviveu à passagem do período Cretáceo para o Terciário

Verão negro no litoral carioca

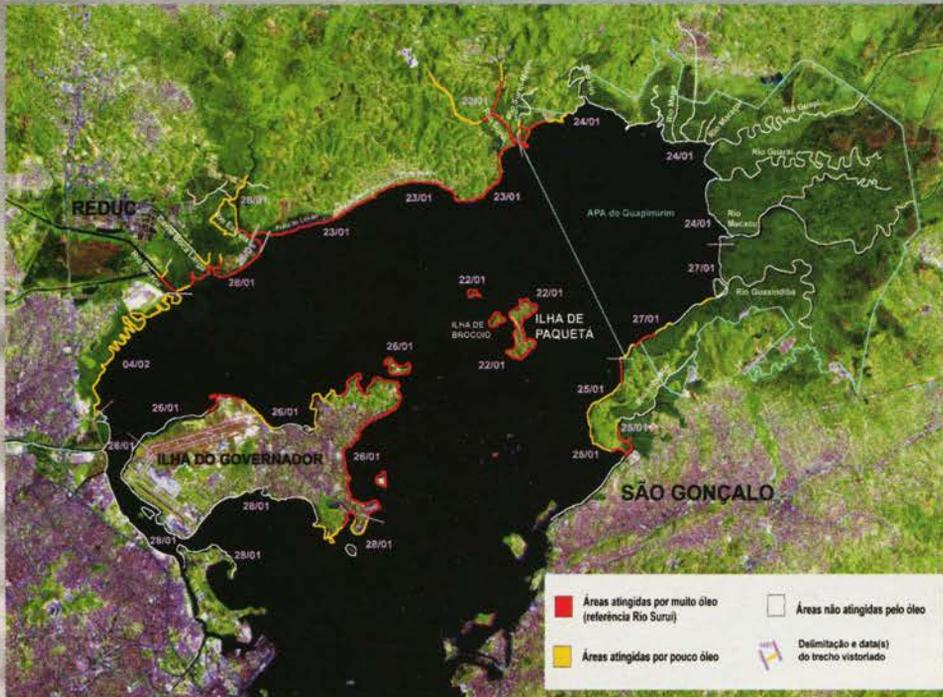


IMAGEM CÉDIDA PELA PETROBRAS

Imagem de satélite de 11 de janeiro de 2000

O derramamento de óleo, ocorrido em janeiro deste ano, foi um dos mais graves já registrados na baía de Guanabara, atingindo diversos ecossistemas da região de privilegiada beleza natural. Foi o segundo acidente no mesmo duto, que já havia apresentado vazamento em 1997. Segundo as estimativas da Petrobras, o vazamento foi de cerca de 1.300 m³ de óleo combustível marítimo, dos quais 25% (325 m³) se perderam por volatilização, 40% (520 m³) foram recolhidos e o restante (455 m³) ficou retido nos manguezais e costões. Uma vez detectado o acidente, várias ações foram e vêm sendo articuladas.

Logo após o acidente, por iniciativa da empresa, criou-se uma equipe multinstitucional, composta por pesquisadores e profissionais da Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (Feema), de universidades, pre-

feituras, ONGs, entre outros órgãos, com o objetivo de coletar amostras de água, sedimento e biota para análises, bem como para elaborar um mapa avaliando a situação nas diferentes regiões afetadas. O relato a seguir baseia-se nesses dados e mapa.

Como parte do óleo tem tendência à volatilização, os componentes mais pesados que restaram podem, sob certas circunstâncias, sedimentar com as partículas em suspensão. Isso foi mais crítico nas regiões entre marés, onde o substrato fica exposto, permitindo a deposição do óleo. A sedimentação do óleo é pouco provável, já que sua densidade é menor que a da água, assim como é improvável que o sedimento de fundo seja criticamente afetado, ou mesmo “asfaltado” como chegaram a sugerir alguns ecooportunistas de plantão. A tendência era de o óleo permanecer na coluna

d'água, o que de fato ocorreu. O acidente aconteceu em momento de grande variação de maré (maré de sizígia), com fortes correntes naquela região. Associada à ação da maré, a entrada de uma frente fria com ventos do quadrante sul/sudoeste fez com que o óleo se espalhasse pelas regiões norte e nordeste da baía, atingindo as ilhas do Governador, de Paqueta, e Brocoio, marcando diversas praias, costões, ilhas e manguezais.

O litoral entre os rios da Chácara (município de Duque de Caxias) e Imbuacú (São Gonçalo) foi o mais atingido, como descrito no artigo anterior. Os manguezais dessa área são ecossistemas muito sensíveis devido a sua estrutura e à diversidade de espécies. Neles, foram detectados níveis de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos totais (HPAs) mais elevados que nas outras regiões da baía, contaminação comprovadamente causada pelo acidente. O sobe e desce das marés teve um efeito danoso nesses manguezais, mesmo em algumas áreas mais internas, em especial nos rios Suruí e Suruí-Mirim.

Muitos números foram divulgados sobre animais mortos, mas o difícil acesso ao interior desses ecossistemas provavelmente tornou esses números subestimados. Ao atingir um manguezal, o óleo derramado cobre sua superfície, onde é volatilizado e posteriormente degradado por ação microbiana. Merece registro o fato de que, durante tentativas de resgate de animais e/ou incursões ‘jornalísticas’, o pisoteio da camada de óleo que cobria alguns manguezais contribuirá para dificultar a recuperação dessa área. Por serem sedimentos pouco oxigena-

dos, o aprisionamento do óleo nas camadas abaixo da superfície dificulta sua degradação.

Por outro lado, no sedimento de fundo de diversos locais na região norte da baía, os valores de HPAs totais observados foram semelhantes aos valores obtidos em estudos anteriores ao acidente e nos mesmos locais realizados pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ). Mesmo a análise de biomarcadores de petróleo (técnica que permite identificar cada um dos componentes do petróleo) não foi capaz de discriminar o recente derrame da poluição já existente nesses sedimentos de fundo. Nas praias de Mauá e Anil, foram detectadas camadas de óleo embaixo da areia, identificadas pelos biomarcadores como originárias do derrame.

As águas vão se recuperar mais rapidamente que o manguezal e os costões dada a circulação e sua conseqüente renovação. Devido à poluição crônica, os organismos marinhos já viviam submetidos a níveis não naturais de hidrocarbonetos. Se houve algum efeito nessas comunidades, provavelmente será crônico e somente detectado no futuro. O pescado, tecnicamente liberado para o consumo, ainda sofre com a desconfiança da opinião pública.

Dois meses após o acidente, alguns dos efeitos agudos inicialmente previstos não foram observados, como a devastação dos bosques atingidos. Atualmente, mesmo nos manguezais mais contaminados, podem ser vistos muitos caranguejos. Contudo, efeitos não letais (como, por exemplo, redução de taxas reprodutivas, malformações e doenças) podem estar ocorrendo.

Sob a coordenação do poder estadual, algumas comissões técnicas foram criadas, visando avaliar os impactos para processos de valoração de danos e indenizações. Muitos estudos já deveriam ter sido iniciados, sob pena de se

tornarem inviáveis pelo passar do tempo. Será muito importante – porém difícil – distinguir o impacto relacionado ao acidente dos danos já existentes na baía. Lamentavelmente, o poder público não tem tido a agilidade necessária às questões ambientais. Com a divulgação de novos escândalos e acidentes ecológicos, o derramamento de óleo na baía foi um pouco esquecido. A mídia teve um papel importante ao divulgar os acontecimentos, mas em certos momentos sua ação foi muito negativa, por incentivar a discórdia e a polêmica não construtiva.

Infelizmente esse não foi o único desastre ambiental ocorrido no Rio de Janeiro no verão de 2000. A endêmica poluição nas praias e lagoas diariamente estampou manchetes nos jornais. Além da falta de responsabilidade de sucessivos governantes e administradores dos serviços públicos, esses eventos mostram o quão pouco conhecemos nossos ecossistemas, seu funcionamento e sua estrutura. Mesmo assim, os consultores estrangeiros contratados pela Petrobras e governo estadual chegaram às mesmas conclusões e recomendações dos especialistas locais. A falta de um programa de monitoramento consistente, e principalmente contínuo, dificulta até a avaliação real dos danos. Por várias razões, as séries históricas de dados ambientais existentes na baía de Guanabara têm tantas falhas de continuidade que não permitem, ou mesmo dificultam, avaliações ao longo do tempo. Para alcançar tal objetivo, é necessário adquirir dados estratégicos, de alta qualidade e confiabilidade, com grande frequência amostral por longos períodos (anos) e, de preferência, torná-los disponíveis em bancos de dados. Sem conhecer nosso meio ambiente, jamais poderemos mitigar os efeitos danosos que nele causamos.

Nesse sentido, é também ne-

cessário o fortalecimento do órgão ambiental, em conjunto com a efetiva atuação do poder judiciário. Atualmente, as exigências legais são comumente proteladas pelos meandros da justiça. Todo esse panorama talvez tenha contribuído para as falhas no plano de contingência da Petrobras, a qual não foi capaz de remediar com rapidez a situação. Dela não se pode suprimir a responsabilidade, nem as indenizações e ações compensatórias. De uma forma geral, as empresas ainda são bastante tímidas na política e nos investimentos em proteção ambiental, mas o custo de conservar é muito menor que os prejuízos causados. Portanto, a proteção ambiental deve ser absorvida como parte imprescindível do processo produtivo.

Os acontecimentos do verão negro de 2000 no Rio de Janeiro merecem profunda reflexão, sobretudo quanto à qualidade do meio ambiente por nós desejada. Nossa sociedade deseja carros e telefones celulares do Primeiro Mundo, mas parece não se importar com nossas águas impróprias para saúde. É muito importante destacar que ambientes como a baía de Guanabara têm grande potencial para o turismo, lazer, esportes náuticos, entre outros usos benéficos. Mas, em nosso país, as águas são o destino final de todos os rejeitos, em geral lançados sem qualquer tratamento. Um panorama diferente pode ser encontrado em países desenvolvidos, onde a sociedade não mais aceita problemas ambientais dessa ordem. Lamentavelmente as disputas políticas e técnicas em torno da poluição das nossas águas estão superando os interesses sociais. Agora pode ser o momento e a chance de uma nova história no país.

**Rodolfo Paranhos e
Mario Sérgio Ximenez**

Instituto de Biologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro

HISTÓRIA DA CIÊNCIA Idéias de William Hamilton, morto recentemente, devem persistir, intactas ou modificadas, através de seus pupilos

Uma vida dedicada à evolução

Certa vez perguntei a William D. Hamilton (1936-2000) qual era o segredo para se fazer avanços relevantes na ciência, e ele disse algo assim: “Siga seus instintos e não a moda.” Considerando-se o impacto das idéias de Hamilton em campos tão diversos como evolução, genética de populações, comportamento animal, ecologia evolutiva, antropologia social, sociologia, psiquiatria e filosofia, parece que essa estratégia é, de fato, imbatível!

Hamilton publicou relativamente poucos artigos em sua vida acadêmica. Uma coletânea de toda sua obra está sendo editada em apenas dois volumes de tamanho modesto. Contudo, cada artigo seu atingiu o cenário científico da biologia como uma grande erupção vulcânica, recobrando velhos conceitos e espalhando idéias revolucionárias que abriram e fertilizaram campos inteiros de pesquisa e modificaram a maneira de pensar sobre evolução na segunda metade do século 20.

A vida científica de Hamilton pode ser grosseiramente dividida em duas fases, como ele próprio a definiu: “Minha fase jovem, quando tinha interesse por amigos, e minha fase madura, quando comecei a desenvolver grande interesse por *sexo*.” Seus artigos têm sido intensamente citados, alguns atingindo o *status* de *Citation Classic* do *Current Contents* (revista que acompanha o número de citações dos artigos científicos).

Hamilton era uma dessas ‘raras combinações genéticas’ no

ambiente científico que reuniam brilhantismo teórico e um genuíno interesse por história natural. Apesar de ter nascido no Cairo, ele desenvolveu seu interesse por história natural durante sua infância em Kent, nos arredores de Londres. Mas foi no Brasil que pôde desenvolver plenamente sua paixão pela natureza. Ao longo de sua vida, ele passou cerca de cinco anos no país, entre as longas estadas de 1963-64, 1968, 1975 e as diversas viagens de curta duração da última década. Aqui teve a oportunidade de visitar e coletar dados e idéias no cerrado de São Paulo, no Pantanal Mato-grossense, nas matas tropicais dos arredores de Belém e, mais recentemente, nas florestas inundadas do lago Mamirauá, em Tefé (AM). Em 1993, tornou-se membro da Academia Brasileira de Ciências.

Um misto de timidez e ousadia

À primeira vista, Hamilton parecia ser uma pessoa extremamente tímida e retraída. Conversava em um tom bastante baixo, praticamente inaudível, quase monótono, e raramente encarava seu interlocutor. Ao desenvolver argumentos, voltava seus olhos para o teto e, ao se concentrar no que os outros diziam, freqüentemente fitava o próprio pé. Vestia-se de maneira despojada e sua atitude cordial, despreziosa e genuinamente humilde o fazia desaparecer em ambientes científicos requintados como o de Oxford. Esse comportamento muitas vezes lhe foi favorável, como na oca-

sião em que se vestiu de encanador para poder coletar uma espécie raríssima de formiga em um grande hospital de Londres. Em Belém, um pesquisador recusou-se a acreditar que o dedicado entomologista ‘Bill’, com quem teve contato durante um bom tempo, pudesse ser também o grande evolucionista W. D. Hamilton.

No mundo das idéias, no entanto, Hamilton era extremamente ousado. Seu raciocínio estava constantemente nos limites do conhecimento científico, perseguindo idéias evolutivas inacabadas ou mal compreendidas, deixadas por Charles Darwin (1809-1882), Ronald A. Fisher (1890-1962), Sewall Wright (1889-1988) e John B. S. Haldane (1892-1964), ao longo dos ‘estreitos caminhos do mundo dos genes’ (título de sua recente coletânea). Durante sua vida, fez inúmeras viagens solitárias por essa paisagem, que só pode ser percebida e apreciada através de uma forte crença no poder explicativo da evolução pela seleção natural. Como ele mesmo disse, “o evolucionista pode sentir-se como uma das estranhas ‘formas genéticas’ de suas próprias teorias – carreador de mutação, digamos, de um quarto pigmento intelectual da retina, capaz de transformar em uma visão clara padrões da natureza e do futuro humano inacessíveis para a maioria de seus companheiros”.

Essa ‘mutação’ representou para Hamilton, como para a maioria das pessoas de sua genialidade, um difícil começo. Apesar da sua associação com o University

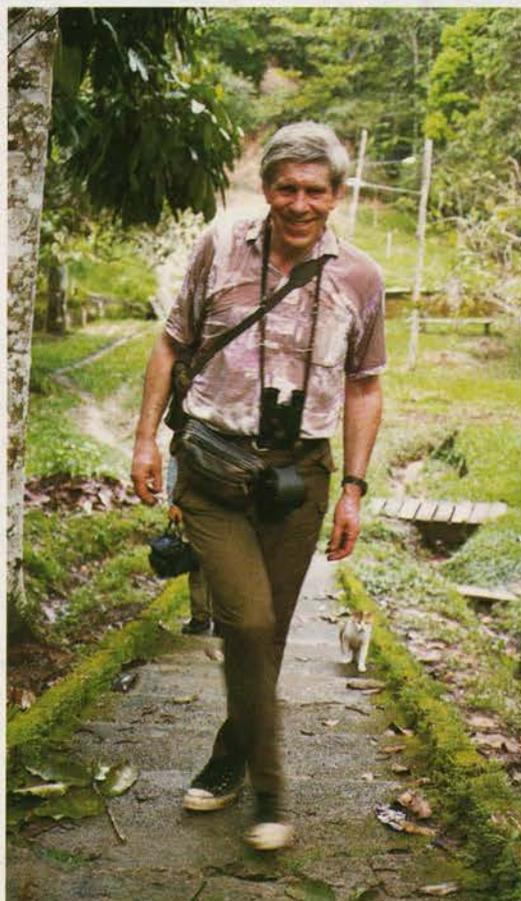
William Hamilton visita a reserva Ducke, Manaus, em 1993

College e a London School of Economics, durante seu doutorado (1960-1963) Hamilton nunca ganhou uma mesa de trabalho nessas instituições, tendo desenvolvido sua tese entre seu quarto de dormir e as bibliotecas locais. Sua tese não foi muito apreciada por seus orientadores e, certamente, não foi compreendida pelos examinadores. Sentindo-se pressionado a rapidamente publicar algo que refletisse o trabalho dos três últimos anos, em 1963 Hamilton enviou uma pequena nota, contendo a essência de sua teoria de seleção de parentesco, para a revista *Nature*. Para o deleite dos historiadores da ciência, seu artigo foi sumariamente rejeitado.

Essa pequena nota foi posteriormente enviada, aceita e publicada em *The American Naturalist*, enquanto os grandes trabalhos 'A evolução genética do comportamento social I e II' foram publicados, em 1964, no *Journal of Theoretical Biology*. Neles, Hamilton estabeleceu a base para a compreensão da evolução do altruísmo e de inúmeros aspectos do comportamento social e questionou o conceito de aptidão darwiniana, lançando o de aptidão inclusiva, que definitivamente estabeleceu os genes como a principal unidade da seleção. Esse ponto de vista foi amplamente popularizado a partir da obra *O gene egoísta*, do evolucionista inglês Richard Dawkins (1941-). Nesse trabalho emerge a fórmula que passou a ser chamada de 'a regra de Hamilton': $k > 1 / r$, sendo r um índice que mede o grau de relacionamento genético entre um doador e um receptor de um ato altruísta e k a razão do ganho em

aptidão do receptor em relação à perda do doador. Apesar de sua aparente simplicidade, essa fórmula permitiu o desenvolvimento de previsões com um grau de precisão jamais alcançado na área de ecologia evolutiva, comportamento animal e evolução de insetos sociais.

Ao acabar seu doutorado, Hamilton pretendeu ver no campo o quanto as suas teorias realmente funcionavam. Assim, decidiu fa-



gia Aplicada do Imperial College, em Ascot (perto de Londres). Durante o tempo em que esteve lá (1964-1976), ele expandiu suas idéias em relação à evolução do altruísmo, mas também produziu trabalhos revolucionários nas áreas de evolução da senescência, evolução da razão sexual, evolução da dispersão e diversificação dos insetos.

De junho de 1975 a fevereiro de 1976, Hamilton, Christine e suas duas filhas mais velhas (seriam três ao todo) conseguiram novamente passar mais um longo período no Brasil. Dessa vez, ele ficou em Ribeirão Preto (SP), onde um grande grupo de alunos e colaboradores de Kerr havia se estabelecido. A idéia inicial dessa excursão era observar insetos associados a árvores mortas que pudessem corroborar sua teoria sobre a evolução e diversificação desse tipo de habitantes. Mas como o ambiente ao redor de Ribeirão Preto tinha sido extremamente modificado devido a extensas plantações de café e, mais recentemente, de cana-de-açúcar, Hamilton voltou seu interesse para figueiras que cresciam dentro do *campus* universitário. Nesse ano, ele faria observações e registros que constituiriam seu único

artigo com dados próprios, de que ele tanto se orgulhava. As pequenas vespas que vivem e se reproduzem dentro dos figos mostraram-se um modelo perfeito para o teste de sua teoria sobre a evolução da razão sexual.

Em 1976, Hamilton decidiu contatar velhos conhecidos nos Estados Unidos à procura de um novo emprego. Não tardou muito para aceitar uma oferta no museu da Universidade de Michigan, ▶

Em 1976, Hamilton decidiu contatar velhos conhecidos nos Estados Unidos à procura de um novo emprego. Não tardou muito para aceitar uma oferta no museu da Universidade de Michigan, ▶

Em 1976, Hamilton decidiu contatar velhos conhecidos nos Estados Unidos à procura de um novo emprego. Não tardou muito para aceitar uma oferta no museu da Universidade de Michigan, ▶



Hamilton em Tarumã Mirim, nos arredores de Manaus

onde passaria oito ótimos anos (1976-1984). O primeiro produto foi um trabalho sobre a evolução de defesas químicas em plantas. Após esse, outros se seguiram, como o trabalho sobre a evolução da cooperação, em colaboração com o cientista social Robert Axelrod. Juntos, eles desenvolveram as bases para a compreensão das relações de cooperação entre indivíduos não aparentados geneticamente. A questão foi analisada a partir da idéia de 'estratégia imbatível' que havia sido desenvolvida por Hamilton no artigo sobre evolução da razão sexual, ou como preferiu chamar o evolucionista inglês John Maynard Smith (1920-), estratégia evolutivamente estável. Esse trabalho basicamente preencheu a última grande lacuna sobre a área de evolução das relações sociais, tal qual a vemos hoje.

O ano de 1975 marca o início de uma grande guinada de interesse na vida acadêmica de Hamilton. Inicia-se aí, com a publicação de uma pequena resenha de livro, seu grande interesse pela evolução do sexo. Sua intuição novamente lhe dizia que as explicações vigentes eram falhas. Ele então começou a trilhar um caminho heterodoxo na paisagem do mundo dos genes. Após intensa meditação, convenceu-se de que o único fator que pode explicar a

origem e a manutenção da reprodução sexuada nos organismos é a pressão exercida constantemente por parasitas debilitantes.

Durante os anos de 80 e 90, mesmo após ter se transferido para Oxford (1984) graças a uma irrecusável oferta de uma *professorship* da *Royal Society*, Hamilton desenvolveu uma série de modelos matemáticos

de dinâmica coevolutiva entre hospedeiros e parasitas, e procurou buscar evidências empíricas para corroborar suas idéias sobre evolução do sexo e características sexuais secundárias. Esses trabalhos constituem o bojo do segundo volume (ainda não publicado) de sua coletânea.

Reconhecimento tardio

Recentemente, o reconhecimento da comunidade científica mundial chegou, entre outros, através do prêmio da Fundação Albert Wander (Suíça, 1992) do prêmio Kyoto (Japão, 1993), e do prêmio Crafoord (equivalente ao Nobel na área de biologia, Suécia, 1993). Esse reconhecimento não chegou a modificar seu comportamento, exceto pelo fato de ter trocado de carro e comprado um computador portátil mais leve, já que ele pedalava sua velha bicicleta diariamente cerca de 8 km para ir de sua casa em Whytham para o Departamento de Zoologia de Oxford.

Nos anos 90, Hamilton fez uma série de excursões curtas ao Brasil (algumas com sua nova companheira, a jornalista italiana Luísa Bozzi). A maioria delas foi às matas alagadas do lago Mami-rauá, graças aos convites de seu amigo de longa data, o primatólogo Márcio Ayres, responsável pelo estabelecimento da reserva. As visitas foram direcionadas para ten-

tar estimular testes empíricos sobre sua teoria de origem do sexo.

Durante os últimos cinco anos Hamilton escreveu uma série de artigos sobre a hipótese Gaia, que ressalta o quanto o equilíbrio atual do ecossistema da terra, e conseqüentemente nossa sobrevivência, depende da manutenção da biodiversidade. Sem dúvida, tópicos associados à conservação estavam se tornando mais e mais freqüentes em seus pensamentos.

No início deste ano, Hamilton participou de uma expedição ao Congo, para coletar dados a respeito de uma possível hipótese sobre o aparecimento do vírus HIV. Durante a expedição Hamilton ficou muito doente e teve que se retirar às pressas para um hospital de Londres. Tendo sido tratado de malária, Hamilton inicialmente melhorou, mas em seguida piorou e entrou em coma, falecendo no dia 7 de março, aos 63 anos.

Como amante da natureza, certa vez Hamilton expressou o desejo de ser enterrado nas florestas brasileiras. Referindo-se aos besouros detritívoros, disse: "Eles irão entrar, se enterrar e viver da minha carne e através de seus filhos e dos meus, eu irei escapar da morte... eu irei soar no entardecer como uma grande mamangava... Eu serei muitos, zumbindo mesmo como um enxame de motocicletas, nascer, corpo para corpo alado lá fora na selvagem imensidão brasileira sob as estrelas...". Apesar da grande dor de sua perda, seus pupilos, colegas e colaboradores têm a certeza de que, tal como sua matéria, suas idéias certamente persistirão, intactas ou modificadas, na mente de muitas e muitas gerações de evolucionistas.

Carlos Roberto Fonseca

Departamento de Zoologia, Universidade Estadual de Campinas

HISTÓRIA Documentos do Arquivo Ultramarino, de Portugal, revelam mais sobre o passado da região

O resgate da Amazônia colonial

Com boa parte de seu território ocupada por uma densa floresta tropical e habitada por nações indígenas, a Amazônia foi uma das últimas áreas do atual território brasileiro a ser povoada pelos colonizadores europeus. Alguns pesquisadores sustentam que até a Independência (1822) existiam duas colônias portuguesas na América do Sul: o Brasil e a Amazônia. O Projeto Resgate (ver 'Arquivos portugueses facilitarão pesquisas'), desenvolvido pelo Ministério da Cultura desde o ano passado, está ajudando a melhorar a compreensão desse período histórico.

Os documentos do Arquivo Histórico Ultramarino, em Lisboa, reunidos pelo Projeto Resgate, relativos à capitania do Rio Negro (o atual estado do Amazonas), foram enviados ao Museu Amazônico, em Manaus. Deverão ser encontradas novas informações sobre a Amazônia nas 18 mil páginas que estão em 21 rolos de microfílm. "A história da Amazônia colonial é encarada como um apêndice da história do Brasil colonial, quando na verdade é uma história à parte. Desse modo, falar que no ano 2000 também iremos comemorar os 500 anos da Amazônia é um erro", afirma Francisco Jorge dos Santos, diretor do Museu Amazônico.

A capitania do Rio Negro era parte do estado do Maranhão e

Grão-Pará. Vinculado diretamente a Portugal, o Maranhão e Grão-Pará não era subordinado ao vice-rei que administrava o Brasil. Alguns historiadores afirmam que, em 1774, a colônia brasileira teria absorvido esse estado, constituindo assim a atual unidade político-administrativa do Brasil já no período colonial. Mas, segundo Santos, os documentos do Arquivo

Arquivos portugueses facilitarão pesquisas

O Projeto Resgate Barão do Rio Branco é parte das comemorações de 500 anos do Descobrimento e vai trazer para o Brasil, em formato digital, todo o acervo do Arquivo Ultramarino de Lisboa, que reúne documentos relativos às ex-colônias portuguesas. Isso deve facilitar a pesquisa sobre a história do Brasil colônia, já que boa parte dos registros desse período está na Europa. Desenvolvido pelo Ministério da Cultura em associação com outros ministérios, o CNPq e universidades federais, o projeto vai disponibilizar essa documentação em microfílm e CD-Roms. Arquivos públicos, universidades, institutos históricos e centros de pesquisa terão acesso à documentação correspondente ao seu estado.

Ultramarino não sustentam essa tese. "Existem documentos que estabelecem a nomeação por Lisboa do governador e capitão-general, a autoridade máxima na colônia do Grão-Pará, nos anos seguintes a 1774. Além disso, todas as correspondências oficiais eram endereçadas à capital portuguesa, e nenhuma ao Rio de Janeiro, sede do governo colonial do Brasil."

O isolamento da Amazônia não se resumia ao plano político-administrativo, mas também ao econômico. A região começou a ser povoada por razões militares, já que não oferecia grandes oportunidades para empreendimentos lucrativos. Tentava-se evitar que franceses, holandeses e ingleses montassem bases militares que facilitassem o ataque ao Nordeste. Enquanto no Brasil a principal atividade econômica era a agricultura de exportação,

no Pará e no Rio Negro predominava o extrativismo das 'drogas do sertão' (especiarias) e a captura de índios.

Registros do século 18 são o destaque no acervo do Arquivo Histórico Ultramarino, já que o material relativo ao século 19 é impreciso. A partir da vinda da corte para o Rio de Janeiro (1808), os documentos começam a ficar confusos, conseqüência da desorganização da máquina administrativa colonial e de uma crescente turbulência política. Mas a incorporação da Amazônia ao Brasil só aconteceu a partir de 1823, quando a administração local passou a obedecer ao governo brasileiro, sob a pressão de tropas imperiais.

Bruno Magalhães
Ciência Hoje/RJ

EM DIA

Os mamíferos apareceram em maior proporção (34,5%) nos bairros da Periferia I. O mico-de-cheiro (*Saimiri boliviensis*) foi encontrado em duas casas



ECOLOGIA Criação de bichos silvestres em residências é prática comum na cidade, o que pode favorecer a inserção da capital do Acre na rota do tráfico internacional de animais

Habitantes 'clandestinos' de Rio Branco

A retirada ilegal de animais silvestres da natureza é, infelizmente, uma atividade cada vez mais rentável. A organização não governamental WWF (World Wildlife Fund) estima que o tráfico de animais silvestres gire em torno de US\$ 10 bilhões por ano em todo o mundo, perdendo apenas para os tráficos de drogas e de armas, em volume de negócios. O Brasil entra como grande fornecedor para esse comércio ilegal, enviando espécimes – grande parte capturada na Amazônia – para os Estados Unidos, Japão e Europa, onde são criados como animais de estimação.

O impacto mais visível desse tipo de atividade é a diminuição da população das espécies capturadas, o que pode levar à extinção local caso a prática seja muito intensa. Quando essa redução é grande ao ponto de a espécie não conseguir mais desempenhar suas funções ecológicas – como dispersar sementes –, ocorre a chamada extinção ecológica. Tanto a redução da população como a extinção local levantam dúvidas interessantes entre os ecólogos, como quantas espécies serão prejudicadas ou se haverá outra espécie que cumprirá a função ecológica daquela que desapareceu ou ainda quais deverão ser os efeitos ecológicos de longo prazo caso não ocorra essa substituição.

encontram-se dentro do perímetro urbano, nos bairros periféricos das cidades da região. Um exemplo típico é a cidade de Rio Branco (AC), onde é comum a criação de animais silvestres em residências. A prática em grande escala, entretanto, pode acabar por inserir a capital do Acre na rota do tráfico internacional de animais.

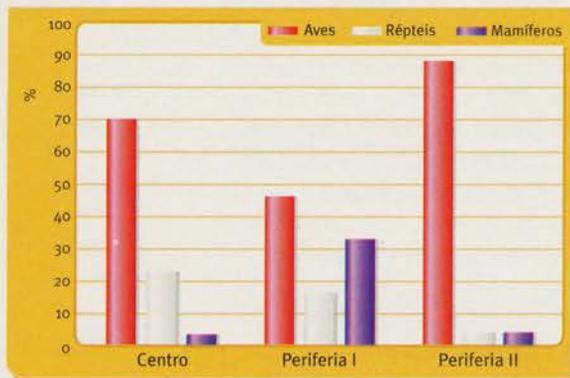
Além do impacto ecológico, a presença de animais silvestres nas residências pode favorecer a disseminação de diversas doenças, como a raiva transmitida por primatas, a salmonelose por quelônios, a psitacose por psitacídeos (periquitos, papagaios e araras), entre outras. Por desconhecer esse risco, a maioria dos proprietários de animais não toma as medidas preventivas necessárias, o que torna essa prática mais perigosa (ver 'Macacos não me mordam', em *Ciência Hoje* n° 136).

Segundo dados do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) de 1996, o número de animais criados nas residências de Rio Branco chegava a cerca de 9 mil. Mas o próprio Ibama ad-

Bichos de estimação

A criação de animais silvestres como bichos de estimação é bastante comum na Amazônia. A proximidade com a floresta facilita o acesso a esses animais. Mesmo em fragmentos florestais bem alterados é possível encontrar várias espécies de aves e de primatas. Muitas vezes esses fragmentos

Figura 1. Grupos de animais encontrados nos bairros visitados (Centro: 118 animais; Periferia I: 29; Periferia II: 24)



FOTOS DE DANIELA CHRISTIANE DE SOUZA LOPES

mite que esse número deve estar subestimado. Como os animais foram registrados com seus nomes vulgares, não existe uma tabulação dos dados por espécie.

Em busca de dados

O objetivo de nossa pesquisa era justamente tentar complementar essas informações. Para isso, procuramos responder as seguintes questões: quais são as espécies de animais silvestres mais criadas nas residências de Rio Branco? Existem entre elas espécies ameaçadas de extinção? Como se distribuem os animais segundo os bairros? Há diferenças socioeconômicas (renda familiar e grau de instrução) entre os criadores desses bairros? Os proprietários conhecem as doenças que seus animais podem transmitir? Os animais foram comprados? Por quanto?

Em julho de 1998 foram visitadas 1.500 residências, divididas igualmente em três grupos bem representativos das áreas da cidade: Centro (abrangendo três bairros centrais), Periferia I (abrangendo dois conjuntos habitacionais) e Periferia II (abrangendo duas 'invasões antigas' – áreas ocupadas ilegalmente há vários anos). Para a escolha desses grupos, assumimos, antes da coleta de informações, que a renda diminui à medida que se avança do Centro para a Periferia II.

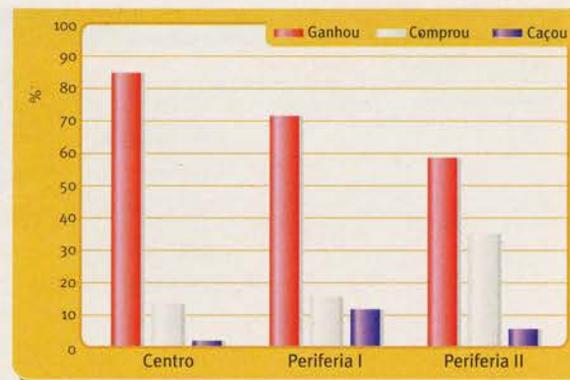
Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 1996, Rio Branco possui 50.243 residências na área urbana. Nossa amostra, portanto, atingiu cerca de 3% do total. O levantamento não incluiu endereços comerciais. As ruas visitadas foram escolhidas aleatoriamente. Quando não se encontrava alguém em casa, passava-se para a residência vizinha. Pedimos aos donos das casas onde havia animais silvestres que respondessem um questionário e, quando necessário, fotografamos os animais para posterior identificação.

Foram encontrados 171 animais silvestres de 29 espécies em 6,2% das 1.500 residências visitadas. O grupo mais representativo foi o das aves (71,3%), seguido pelo de répteis (19,9%) e mamíferos (8,8%). Os psitacídeos foram os animais mais comuns, representando 58,5% do total (figura 1).

O Centro registrou o maior número de residências com animais (10,4%) – em média, 2,3 animais por casa. Nos outros bairros a ocorrência foi bem menor: 4,8% na Periferia I (1,3 animal/casa) e 3,4% na Periferia II (1,4 animal/casa).

Baseados nesses dados, é possível notar que há diferenças entre os bairros centrais e periféricos de Rio Branco quanto à preferência de animais. A figura 1 mostra que as aves foram os animais preferidos em todos os bairros, com grande predominância naqueles da Periferia II (91,6%). Já os mamíferos apareceram em maior proporção na Periferia I (34,5%).

Conforme informações dos proprietários, só 16% dos animais amostrados foram comprados. A maior parte dos animais (80%) foi presente de algum amigo ou parente (figura 2). Os animais mais comprados foram os papagaios (preço médio de R\$ 43) e os passarinhos (preço médio de R\$ 32). Entretanto, os valores pa-



gos variaram muito para algumas espécies: de R\$ 10 a R\$ 100 no caso dos papagaios. Esses dados apontam que o comércio de animais silvestres ainda não está disseminado na região, nem mesmo é uma referência de preço para as espécies comercializadas.

O grau de escolaridade do chefe da família (definido como o responsável pelo sustento da casa) variou segundo os bairros: 55,8% têm pelo menos o 2º grau completo no Centro, 58,3% na Periferia I e apenas 17,6% na Periferia II. Foi abordado o chefe de família porque é ele, em princípio, quem toma as decisões sobre novos gastos dentro da residência.

O levantamento mostrou, como se esperava, que os moradores do Centro e da Periferia I apresentam uma renda familiar melhor que os da Periferia II – 53,8% das

Figura 2. Forma de obtenção de animais nos bairros visitados



Aves, como araras e papagaios, são os animais em cativeiro de maior ocorrência nas residências de Rio Branco

Ordem	Família	Espécie	Nome Vulgar	Total	%
AVES				122	71,3
Psittaciformes	Psittacidae	<i>Amazona ochrocephala</i>	Papagaio	40	23,4
		<i>Pionus menstruus</i>	Curica	18	10,5
		<i>Brotogeris sanctithomae</i>	Periquito	15	8,8
		<i>Brotogeris cyanoptera</i>	Periquito	10	5,8
		<i>Brotogeris sp.</i>	Periquito	2	1,2
		<i>Aratinga weddellii</i>	Periquito	7	4,1
		<i>Amazona farinosa</i>	Papagaio	3	1,7
		<i>Aratinga leucophthalmus</i>	Maracanã	1	0,6
		<i>Amazona festiva</i>	Papagaio	1	0,6
		<i>Ara macao</i>	Arara	2	1,2
<i>Pionites leucogaster</i>	Jandaia	1	0,6		
Passeriformes	Fringillidae	<i>Oryzoborus angolensis</i>	Curió	13	7,6
		<i>Sporophila castaneiventris</i>	Caboclinho-lindo	2	1,2
	Icteridae	<i>Icterus icterus</i>	Corrupião	2	1,2
Galliformes	Cracidae	<i>Penelope jacquacu</i>	Jacu	1	0,6
Columbiformes	Columbidae	<i>Columbina talpacoti</i>	Rolinha	4	2,3
MAMÍFEROS				15	8,8
Primates	Cebidae	<i>Cebus apella</i>	Macaco-prego	3	1,7
		<i>Saimiri boliviensis</i>	Mico-de-cheiro	2	1,2
		<i>Aotus nigriceps</i>	Macaco-da-noite	1	0,6
		<i>Ateles chamek</i>	Macaco-aranha	1	0,6
		<i>Alouatta seniculus</i>	Guariba	1	0,6
		<i>Callicebus cupreus</i>	Zogue	1	0,6
		<i>Saguinus labiatus</i>	Bigodeiro	1	0,6
Rodentia	Dasyproctidae	<i>Myoprocta pratti</i>	Cutiara	1	0,6
	Sciuridae	<i>Sciurus ignitus</i>	Quatipuru	1	0,6
Artiodactyla	Tayassuidae	<i>Tayassu tajacu</i>	Cateto	2	1,2
	Cervidae	<i>Mazama gouazoubira</i>	Veado-roxo	1	0,6
RÉPTEIS				34	19,9
Chelonia	Testudinidae	<i>Geochelone denticulata</i>	Jabuti	31	18,1
	Pelomedusidae	<i>Podocnemis unifilis</i>	Tracajá	3	1,8

Figura 3. Espécies de animais silvestres criadas nas residências de Rio Branco (AC)

famílias do Centro e 41,7% da Periferia I ganham acima de 10 salários mínimos/mês, enquanto 41,2% da Periferia II ganham de 1 a 4 salários mínimos/mês. Essa baixa renda explica a grande proporção de animais de pequeno porte criados pelos moradores da Periferia II (figura 1), já que geram menos gastos do que os mamíferos. Possivelmente, a baixa proporção de répteis na Periferia II se deve ao fato de que esses animais (jabutis e tracajás) acabam servindo mais como fonte alimentar do que como bichos de estimação.

O quadro é estarrecedor com relação ao grau de informação sobre o risco de transmissão de doenças por animais silvestres: o total de entrevistados que afirmaram não conhecer nada sobre o assunto ficou acima de 94% em todos os grupos, chegando a 100% na Periferia II. Esse resultado demonstra o completo desconhecimento da população urbana sobre os riscos de se criar um animal silvestre em condições inadequadas e reforça a necessidade de se iniciar uma campanha educativa sobre o tema.

Educação necessária

Baseado nos resultados encontrados, podem ser tiradas algumas conclusões. Nenhuma das espécies listadas na figura 3 é considerada ameaçada de extinção, o que indica que tais espécies não estão sendo muito visadas em Rio Branco para serem criadas como animais de estimação. Como os psitacídeos são os animais em cativeiro de maior ocorrência, eles poderiam ser usados em campanhas educativas que esclarecessem seu papel ecológico assim como as possíveis doenças que transmitem, desestimulando a aquisição de novos animais. Como existem diferenças no grau de instrução dos chefe de família de acordo com o bairro, recomenda-se uma abordagem educativa apropriada a cada situação: moradores dos bairros periféricos deveriam ser atingidos preferencialmente através de mídia eletrônica (rádio e TV), enquanto os moradores do Centro poderiam ser atingidos também pela mídia escrita (jornais locais e folhetos).

Considerando-se a menor e maior média de animais por casa e extrapolando para o restante da cidade, pode-se estimar que havia, em 1998, de 4.000 a 7.200 animais silvestres em residências da área urbana de Rio Branco – número inferior aos 9.000 cadastrados pelo Ibama em 1996 (que incluiu a zona rural). É muito provável, no entanto, que os resultados encontrados sobre o total de animais silvestres em Rio Branco estejam bem abaixo do número real, pois muitos moradores que declararam não possuírem animais silvestres provavelmente o fizeram por medo da fiscalização do Ibama.

Armando Muniz Calouro e Daniela Christiane de S. Lopes
Departamento de Ciências da Natureza,
Universidade Federal do Acre

PARASITOLOGIA Identificação de células especiais no inseto-vetor da malária permite projetar vacinas de bloqueio de transmissão

Tiro ao alvo

Há 100 anos o pesquisador inglês Sir Ronald Ross (1858-1932), Nobel de Fisiologia e Medicina em 1902, demonstrou que o parasita responsável pela malária não vivia espontaneamente no ar, mas era transmitido por mosquitos. De lá para cá, avançaram muito os estudos sobre a doença, mas ainda não se conseguiu uma vacina para conter seu avanço.

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), cerca de 4 bilhões de pessoas, de 90 diferentes países, vivem em áreas de transmissão de malária, que mata por ano cerca de 1,5 milhão. Dados da Fundação Nacional de Saúde mostram que no Brasil surgem a cada ano 400 mil novos casos da doença, 99,9% dos quais na Amazônia.

Das pesquisas feitas no campo da malária, cerca de 70% estão voltadas para o estudo dos hospedeiros vertebrados, sobretudo o homem, onde ocorre o ciclo conhecido como esquizogônico, ou de reprodução assexuada, do parasita. Apenas 30% dos estudos voltam-se para o entendimento do que se passa com o hospedeiro intermediário da doença, o inseto do gênero *Anopheles*, onde se processa o ciclo esporogônico, ou de reprodução sexuada.

“Em nosso trabalho, investimos no estudo do inseto-vetor, com o objetivo de interromper nele o ciclo da malária”, relata o parasitologista Paulo Pimenta, do Centro de Pesquisas René Rachou, unidade da Fiocruz em Belo Horizonte. Juntamente com Mohammed Shahabuddin, do Instituto Nacional de Saúde, em Bethesda (Estados Unidos), Pimenta identificou um novo tipo celular no epitélio intestinal do inse-

to, que é preferencialmente invadido pelo parasita da malária, o *Plasmodium*, logo que este alcança o organismo do hospedeiro. Para ser atingido pelo *Plasmodium*, o inseto tem que picar um indivíduo doente.

Publicado pelo prestigioso *Proceedings of the National Academy of Science*, dos Estados Unidos, o estudo de Pimenta e Shahabuddin foi escolhido pelo Comitê de Pesquisas Básicas e Estratégicas da OMS como um dos 10 mais importantes trabalhos de pesquisa em saúde em 1999.

A descoberta abre uma trilha fecunda no combate à doença por meio das chamadas vacinas de bloqueio de transmissão, um novo e promissor campo de pesquisa em parasitologia. A estratégia imaginada pelos adeptos dessa abordagem é imunizar os que vivem em áreas endêmicas da malária com uma vacina que leve em conta os mecanismos de ação do parasita no

organismo do inseto-vetor.

Conhecendo-se o tipo de célula procurada pelo parasita ao penetrar no inseto, pode-se projetar uma vacina eficiente. Ao picar um indivíduo doente que tenha sido vacinado, o inseto ingere anticorpos que irão inviabilizar a existência do parasita. Esses anticorpos se fixarão sobre as células pelas quais o parasita tem preferência, impedindo que ele atravesse o epitélio e, conseqüentemente, interrompendo seu ciclo de vida.

A célula identificada por Pimenta e Shahabuddin tem coloração diferente – é mais clara – da de suas vizinhas no epitélio do intestino do inseto e está diretamente envolvida na expressão da enzima ATPase vesicular. Em homenagem a um dos mais devotados estudiosos da história da malária, a batizaram de ‘célula de Ross’.

Roberto Barros de Carvalho
Ciência Hoje/MG

O CICLO DA DOENÇA

Nem todo mosquito serve de hospedeiro ao *Plasmodium*, parasita da malária: só as fêmeas do gênero *Anopheles*, em cujas glândulas salivares ele se instala. A picada do mosquito injeta esporozoítos na corrente sanguínea do animal, que pode ou não ser susceptível, pois cada tipo de *Plasmodium* requer um hospedeiro de espécie diversa.

Por isso os parasitas da malária humana, das aves, dos roedores e dos primatas não são iguais. Após rápida passagem pelo sangue, os esporozoítos encontram as células do fígado, onde se instalam sem provocar sintomas e evoluem para formas chamadas exoeritrocíticas. Cada uma destas produz milhares de parasitas (merozoítos) que, após alguns dias, irrompem na corrente sanguínea. Começam então a prejudicar o organismo do hospedeiro, invadindo as hemácias e convertendo-se em trofozoítos. Estes crescem e transformam-se em esquizontes, que, rompendo as células hospedeiras, dão origem a novos merozoítos, que vão parasitar outras hemácias. Alguns merozoítos transformam-se em gametócitos, que poderão ser ingeridos por um mosquito ao picar um indivíduo infectado, iniciando novo ciclo. Os sintomas aparecem quando os merozoítos destroem as hemácias e se libertam, provocando febre e calafrios no hospedeiro humano. Os ataques repetem-se com regularidade: nas infecções por *P. falciparum* (mais comum), obedecem a intervalos de cerca de dois dias.



IMAGEM CÉLULA POR PAULO PIMENTA (CPQRR/FIOCRUZ)

O esquema mostra a célula de Ross (branca) no epitélio intestinal do inseto-vetor da malária. Dentro da célula, vêem-se dois parasitas





Algumas das funcionárias da Estrada de Ferro Noroeste do Brasil hoje em visita à decadente estação ferroviária (com a pesquisadora ao centro), e em 1944, quando se enfeitaram especialmente para a fotografia

HISTÓRIA

TRABALHO FEMININO NOS TRILHOS

O trabalho de 235 mulheres na Estrada de Ferro Noroeste do Brasil, em Bauru (SP), entre 1918 e 1945, e sua luta contra discriminações e para conseguir garantias similares às dos homens foram estudados pela historiadora Lídia Possas, da Faculdade de Filosofia e Ciências da Universidade Estadual Paulista, de Marília. Um dos objetivos de sua tese de doutorado, defendida na Universidade de São Paulo, foi desvendar o valor da mão-de-obra feminina na primeira metade do século, além de abordar o cotidiano das lutas trabalhistas e sociais por meio da atuação das mulheres.

A historiadora entrevistou cinco ex-funcionárias da estrada de ferro e, assim, comprovou por meio da história oral o que havia descoberto em documentos. “Vindas de uma oligarquia agrária decadente por causa da crise de

1929 e de uma classe média em formação nos centros urbanos, elas viam o trabalho como complemento para a renda familiar, além de cumprir a alternativa ao casamento”, afirma.

As dificuldades enfrentadas pelas funcionárias foram várias. Os valores patriarcais da sociedade eram fortes e elas não tinham chance de ascensão profissional. As mulheres – em geral, escriturárias de primeiro nível, datilógrafas ou telefonistas – ganhavam pouco e trabalhavam muito. Apesar do namoro disfarçado com funcionários da empresa, poucos aceitavam a condição de ‘mulher trabalhadora’. “Mulher fora do lar era ‘mulher pública’ e não moça de família”, explica a historiadora. Essa visão hostil provocou uma restrição na sexualidade das funcionárias, que reprimiam qualquer sinal de sua feminilidade, até no vestiário.

UNESP/REISA

IOKO ROSAN

TECNOLOGIA NUCLEAR

PASTEURIZAÇÃO A FRIO

O Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN), de Belo Horizonte, está concluindo a montagem de um irradiador que funcionará em escala piloto e servirá de vitrine para exibição dos estudos já desenvolvidos na área por seus pesquisadores. Desde 1994, o CDTN investiga o desempenho de irradiadores na preservação e imunização de alimentos.

Apesar do receio de muitos consumidores brasileiros, que associam os riscos envolvidos na produção de energia nuclear à irradiação de alimentos, esta vem aos poucos conquistando espaço no país. A dose de radiação é específica para cada produto irradiado e controlada com base no tempo de exposição nas câmaras.

O coordenador do projeto, Luiz Carlos Ladeira, diz que o processo, aprovado no Brasil em 1973, é seguro e inofensivo à saúde humana, não apresentando efeitos tóxicos ou mutagênicos naqueles que ingerem produtos irradiados. O emprego da radiação diminui a perda nas colheitas, dispensando o uso de pesticidas, evita a deterioração de frutas e reduz os riscos de infecção alimentar por combater microrganismos. “Tudo isso sem alterar a aparência, sabor ou textura dos alimentos”, garante Ladeira.

Nos equipamentos do CDTN, construídos em parceria com empresas, a fonte radioativa utilizada é o cobalto-60, substância que emite raios gama, de pequeno comprimento de onda. Quanto menor a onda emitida, menor sua interação com a matéria e, conseqüentemente, menor a produção de calor. Por isso, o processo de irradiação que usa raios de pequeno comprimento de onda é chamado de ‘pasteurização a frio’.

A irradiação diminui a perda nas colheitas, evita a deterioração das frutas e reduz os riscos de infecção alimentar





William F. Laurance e Heraldo L. Vasconcelos



Projeto Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais,
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia

A 'década da decisão' para a Amazônia

As alterações que a floresta amazônica vem sofrendo, em função das atividades humanas na região e até das mudanças do clima, aumentam o risco de catástrofes ecológicas, como grandes incêndios florestais. Tal situação exige que as estratégias de desenvolvimento a longo prazo para a Amazônia sejam definidas sem demora, evitando o agravamento das atuais condições da maior floresta tropical do mundo.

Mais da metade das florestas tropicais chuvosas do mundo está na Amazônia. Tais florestas sofrem hoje mudanças rápidas, nunca antes ocorridas, que terão forte impacto sobre a biodiversidade, a hidrologia e o ciclo global do carbono. Em números absolutos, o desmatamento na Amazônia é maior que em outras regiões do planeta, e parece estar aumentando. A derrubada na Amazônia brasileira, que ocupa dois terços da bacia amazônica, subiu de 1,1 milhão de hectares (ha) em 1991 para 1,5 milhão de ha/ano entre 1992 e 1994 e 2 milhões de ha/ano entre 1995 e 1997. Só em 1995, foram destruídos 2,9 milhões de ha de floresta, área equivalente à da Bélgica.

O desmatamento também aumentou em outras partes da Amazônia, como na Bolívia, onde a floresta é destruída para a implantação de grandes fazendas de gado e de soja. Em relação ao tama-

nho da população do país, o desmatamento na Bolívia é o maior entre todos os países amazônicos (figura 1).

Além da agricultura e da pecuária, a exploração da madeira vem crescendo muito na Amazônia. Essa atividade pode levar à derrubada total das árvores, mas em geral é feita de forma seletiva, retirando-se apenas as espécies mais valiosas, como o mogno (*Swietenia spp.*), com impactos menores. Ainda assim, é preciso abrir estradas e trilhas para a remoção das toras, além de clareiras na floresta, com efeitos diretos como maior mortalidade de árvores, erosão e compactação do solo, invasão de cipós e gramíneas, alterações na composição da fauna e no microclima da floresta e outros. Há ainda efeitos indiretos: as estradas facilitam o acesso de pequenos agricultores, que derrubam e queimam a floresta, e de caçadores. Em Sarawak, na Malásia, estima-se que

os acampamentos de companhias madeiras consomem 33 toneladas de carne de caça por ano.

Nos últimos anos, madeiras da Malásia, Indonésia e outros países asiáticos estão comprando grandes áreas de floresta na Amazônia e ações de empresas locais e solicitando concessões para exploração a longo prazo. Só em 1996, elas investiram mais de US\$ 500 milhões na indústria brasileira do setor. O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e

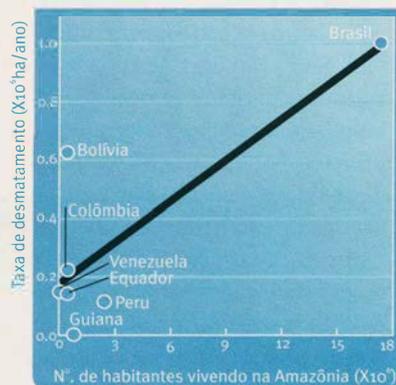


Figura 1. Relação entre a taxa de desmatamento na Amazônia e a população que vive na região (dados referentes aos anos 80) – a linha inclinada indica que essa taxa cresce à medida que a população aumenta

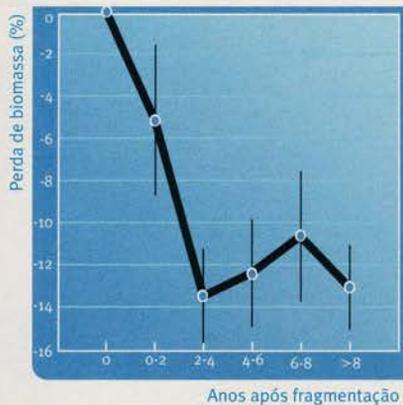


Figura 2. A rápida perda de biomassa arbórea após a fragmentação florestal pode gerar a emissão de gases, como o CO₂, causadores do efeito estufa

dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), responsável pela regulação da exploração madeireira, estima que empresas multinacionais já controlam cerca de 4,5 milhões de ha da Amazônia brasileira. Se incluídas as concessões que obtiveram na Guiana, no Suriname e na Bolívia, a área aumenta para 13 milhões de ha.

Em 1997, estudo do governo brasileiro revelou que 80% das atividades madeireiras na Amazônia são ilegais, mas o Ibama tem apenas 80 agentes ambientais para policiar toda a imensa floresta da região, com área semelhante à da Europa oriental. Mesmo a exploração legal de madeira, feita por cerca de 400 empresas, é inadequada. Uma inspeção em 34 madeireiras de Paragominas (PA) concluiu que nenhuma usava práticas aceitáveis para limitar os danos à floresta. Apesar disso, o governo federal anunciou, no mesmo ano, a abertura de concessões para extração de madeira em 39 florestas nacionais, totalizando 14 milhões de ha.

Nas últimas décadas, o desmatamento em grande escala estava concentrado no leste da Amazônia (em especial no Pará, em torno da rodovia Belém-Brasília) e no sul (principalmente em Rondônia, Acre, Mato Grosso e norte da Bolívia). Nessas áreas, a derrubada resultou de projetos de desenvolvimento com recursos externos, de projetos de colonização financiados pelo governo, da criação de fazendas de gado, da pequena agricultura, da extração de madeira e da especulação fundiária. A destruição também ocorreu, em menor escala, no Peru, no Equador, na Colômbia, na Venezuela e em

Roraima, e ao longo de rios, em especial os de águas barrentas, como Solimões e Amazonas, que nas cheias depositam sedimentos férteis em suas margens.

Agora, esse padrão espacial de desmatamento está mudando. Novas rodovias, linhas de transmissão de energia e projetos de transporte estão cortando o 'coração' da Amazônia e facilitando o acesso a áreas antes remotas. Um exemplo é a rodovia BR-174, já asfaltada, que liga Manaus à fronteira da Venezuela, com cerca de 1.000 km, planejada para dar acesso aos portos do Caribe e fortalecer o comércio na região. O presidente Fernando Henrique Cardoso já anunciou que 6 milhões de ha ao longo dessa estrada serão abertos para assentamentos agrícolas, dizendo que essa área permitirá dobrar a produção agrícola do país. A rodovia já está causando a destruição da floresta, principalmente nos 100 km mais próximos de Manaus.

Essa cidade, com quase 2 milhões de habitantes e em rápido crescimento, é o foco de desenvolvimento na Amazônia central. Entre 1992 e 1997, aumentou de 10 para cerca de 100 o número de serrarias nas cercanias de Manaus. Há um crescente esforço para recuperar a BR-319, que liga Manaus a Porto Velho, o que facilitará o assentamento de colonos. Assim, a perspectiva alarmante é a de que, já na próxima década, a floresta amazônica será entrecortada por grandes faixas de desmatamento.

As derrubadas vêm fragmentando a floresta, antes quase ininterrupta. Imagens de satélite (de 1988) mostravam que, na Amazônia brasileira, a área já fragmentada (ocupada por manchas de floresta com menos de 100 km²) ou suscetível aos 'efeitos de borda' (que atingem a floresta até 1 km da borda), era 1,5 vez maior que a área efetivamente desmatada. Sabendo-se que 12,9% da floresta

não existe mais, deduz-se que a soma dos três tipos de impactos (desmatamento, fragmentação e efeitos de borda) chega a quase um terço do total. Se somarmos as áreas perturbadas pela extração seletiva de madeira ou por incêndios superficiais (geralmente classificadas como 'intactas' em imagens de satélite), o percentual será ainda maior.

Quando intacta, a floresta tropical chuvosa resiste bem ao fogo e às flutuações do clima, mas a associação dos efeitos da variação climática com os do uso da terra pode ser perigosa. As florestas onde há extração de madeira são mais suscetíveis ao fogo, em especial em longos períodos secos, pois ficam mais secas e têm maior quantidade de materiais inflamáveis (em especial matéria vegetal morta resultante da derrubada de árvores), e é facilitado o acesso de colonos e criadores de gado, que usam o fogo em suas práticas culturais. A combinação de exploração madeireira, colonos e seca prolongada foi a grande responsável pelos incêndios que destruíram milhões de ha de florestas do sul da Ásia em 1982-1983 e 1997-1998.

A fragmentação também torna a floresta mais vulnerável ao fogo e às mudanças climáticas, pois aumenta o contato desta com pastagens, lavouras ou capoeiras, todas periodicamente queimadas. Durante o El Niño de 1997-1998, o fogo iniciado por agricultores atingiu cerca de 3,4 milhões de ha de floresta primária, fragmentos, savana, capoeiras, pastos e lavouras de Roraima. Estudos na Amazônia central (ver 'Ilhas de sobrevivência', em CH n° 142) indicam que, mesmo na ausência de secas longas, é alta a mortalidade de árvores nos fragmentos de floresta, provavelmente em função dos ventos e do ressecamento junto às bordas. O excesso de árvores mortas provoca perdas substanciais de biomassa (figura 2), elevando as emis-

sões de carbono para a atmosfera (de 3 a 16 milhões de toneladas anuais, na Amazônia brasileira).

Evidências arqueológicas mostram que na Amazônia, nos últimos dois milênios, houve quatro grandes secas em função do El Niño (há 400, 700, 1.000 e 1.500 anos), que resultaram em incêndios de proporções catastróficas. Alguns pesquisadores acreditam que o desmatamento em grande escala pode fazer com que secas menos severas, como as provocadas pelo El Niño em 1982-1983 e 1997-1998, resultem também em incêndios gigantescos. Isso porque a floresta, em vez de inibir o fogo, está se tornando mais e mais fragmentada e suscetível a incêndios.

As mudanças no clima e na atmosfera decorrentes de ações humanas podem afetar de diversas maneiras a floresta amazônica. Há evidências, por exemplo, de que a floresta esteja reagindo à maior concentração de CO₂ na atmosfera acumulando mais biomassa vegetal (figura 3), e de modo mais rápido. Isso indica que a vegetação amazônica está atuando como um 'sumidouro' do carbono produzido por atividades industriais, o que torna ainda mais valiosa a conservação dessa floresta.

É difícil prever os efeitos do aquecimento global sobre a floresta amazônica, em grande parte porque há muita incerteza sobre como a temperatura e as chuvas vão mudar na região. É provável que as alterações na disponibilidade de água no solo (em função do efeito combinado de maior temperatura e menos chuvas) afetem mais as florestas tropicais que as mudanças na temperatura em si. Nesse caso, o risco é maior para as florestas do sul e do leste da bacia amazônica, porque ali são maiores as pressões humanas (e os problemas com fogo) e porque estão situadas nos limites (definidos pelas secas mais lon-

gas) de ocorrência de florestas tropicais chuvosas.

A remoção da cobertura florestal altera a circulação da água no ecossistema. Em áreas desmatadas, a água que voltaria à atmosfera por evapotranspiração ou seria absorvida pela vegetação perde-se por escoamento superficial. Além disso, a redução do fluxo de água na seca é mais drástica, e no período chuvoso as inundações são maiores e mais erosivas, com efeitos severos nos ecossistemas aquáticos. Em Iquitos (Peru), por exemplo, após 1970 as cheias do rio Amazonas superaram a cota de 26 m (o que não ocorria antes), provavelmente em função do desmatamento rio acima.

A construção de barragens também tem graves conseqüências ecológicas. Há planos para a construção de 79 novas hidroelétricas em áreas de floresta da Amazônia brasileira. Se todos os projetos forem concluídos, a área inundada por reservatórios na região, hoje de 600 mil ha, aumentará 20 vezes. Além de inundar vastas áreas e deteriorar ecossistemas aquáticos, as hidrelétricas exigem a construção de estradas e linhas de transmissão de energia, promovendo a fragmentação da floresta.

Hoje, mesmo as áreas mais remotas da Amazônia sofrem alguma influência das atividades humanas. O garimpo ilegal polui rios com mercúrio e ameaça as populações indígenas (há 3 mil garimpeiros ilegais na reserva Ianomami, em Roraima, segundo avaliação oficial). Além disso, a maioria dos governos dos países amazônicos autoriza a exploração de minérios, petróleo e gás na região – isso ocorre, por exemplo, em boa parte da Amazônia peruana, área de extrema diversidade biológica.

A caça vem aumentando em toda a Amazônia, com o acesso mais fácil à floresta e aos mercados consumidores. Em níveis

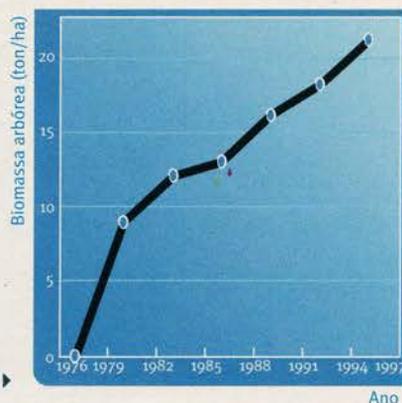
predatórios (figura 4), a caça pode alterar drasticamente a fauna, eliminando espécies de baixa taxa reprodutiva e ampliando os efeitos da fragmentação florestal. A extinção de grandes predadores, como as onças, pode aumentar as populações de presas, entre elas as que se alimentam das grandes sementes de certas árvores, o que com o tempo reduziria sua abundância na floresta.

Até agora, o desenvolvimento na Amazônia vem ocorrendo em geral de forma pouco planejada e regulamentada. A exploração ilegal de madeira e o desmatamento têm crescido, e é preocupante a entrada de novas madeiras na região, em especial empresas com um passado de devastação ambiental, como ocorreu na Ásia tropical. Felizmente, algumas iniciativas governamentais mudam um pouco esse cenário.

Em colaboração com o Banco Mundial e com o Fundo Mundial para a Natureza (WWF), o governo brasileiro está elaborando um plano para proteger mais de 25 milhões de ha de floresta, aumentando dos atuais 3,8% para 10% a área amazônica ocupada por Parques Nacionais e Reservas Biológicas. Em 1998 foi criada, no Amazonas, a Reserva Amanã. Situada entre os rios Negro e Japurá, essa reserva conecta o Parque Nacional do Jaú e a Reserva Biológica do Mamirauá, criando um grande corredor de floresta tropical: a área total das três unidades é de quase 6 milhões de ha (maior que a Suíça). Hoje, é a maior reserva florestal do mundo.

Em fevereiro de 1998, uma nova legislação entrou em vigor. Embora um pouco

Figura 3. A acumulação de biomassa pela floresta intocada na Amazônia, nos últimos 20 anos, pode ser uma resposta ao aumento global de CO₂ na atmosfera



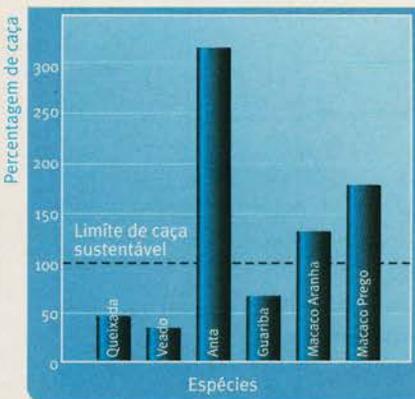


Figura 4. A pressão de caça sobre alguns animais amazônicos, como a anta e certos macacos (dados do leste do Peru), já superou o limite máximo (linha tracejada) para manter a população em estado sustentável

empresas infratoras obtenham empréstimos ou recebam incentivos fiscais. O problema é que, historicamente, a legislação ambiental brasileira tem sido ignorada por muitos: apenas 6% das multas emitidas pelo Ibama foram pagas.

Ainda em 1998, em março, respondendo a críticas internas e externas sobre o desmatamento e o incêndio nas florestas e savanas de

enfraquecida após várias emendas, ela prevê penas mais duras para a extração de madeira e a caça ilegais, a poluição ambiental e outras atividades, além de impedir que indivíduos ou

Roraima, o governo brasileiro anunciou um plano para reduzir a derrubada da floresta na Amazônia. O plano, focado nos pequenos agricultores, prevê assentamentos em áreas já desmatadas (com lotes de até 100 ha), evitando a destruição de matas primárias. Sabe-se, no entanto, que a fertilidade do solo amazônico cai rapidamente após o desmatamento e só se recupera depois de longo período de pousio da terra. Assim, os agricultores eventualmente terão que usar fertilizantes para manter o solo fértil, encarecendo a produção.

Embora essas iniciativas indiquem que o governo federal está tentando reduzir a taxa de desmatamento, esse esforço pode ser em vão, já que ao mesmo tempo busca recursos vultosos (R\$ 70 bilhões) para investir em projetos de infraestrutura entre 2000 e 2007. Isso será feito através dos programas

Avança Brasil e Brasil em Ação, que têm como objetivos a construção de novas rodovias, ferrovias, linhas de transmissão de energia, gasodutos e usinas hidrelétricas. Na Amazônia, é quase inevitável que projetos dessa natureza acarretem a derrubada da floresta em grande escala, o que tem de ser evitado a todo custo se quisermos conservá-la. Portanto, uma análise crítica dos benefícios econômicos e dos custos ambientais deve ser feita para cada projeto individual, antes de sua implantação.

É importante ressaltar que os planos de desenvolvimento a longo prazo e de conservação da floresta têm de ser em boa parte decididos logo, pois a região está mudando rapidamente. Pode-se dizer, com base nessa urgência, que os próximos 10 anos provavelmente serão a 'década da decisão' para a Amazônia. ■



A SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA foi fundada em São Paulo, em 1948. É uma entidade civil sem fins lucrativos nem corpolítica 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) 3106-1002.

REGIONAIS: **Acre** (Reginaldo F. Castela). CP 491. CEP 69908-970, Rio Branco/AC. Tel.: (068) 229-2244 r. 127. aspfg6@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 Ottoni, 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 1/ap. 303, Campus Universitário. CEP 70910-900, Brasília/DF. Tel.: (061)348-2389. nolasco@unb.br; **Espírito Santo** (Luiz Carlos Schenberg). Av. N. Sra. da Penha, 2.432/605 NG - CEP 2.9040-402, Vitória/ES. Tel. (027) 335.7332. schenber@tropical.com.br; **Goiás** (Romão da Cunha Nunes). Depto. de Produção Animal - Esc. Veterinária - UFG. CEP 74001-970, Goiânia/GO. Tel.: (062)821.1592; **Maranhão** (Luiz Alves Ferreira). Pça. da Madre Deus, 2 - Depto. Patologia - UFMA - Pavilhão Pedagógico. CEP 65025-560, São Luís/MA. Tel.: (098) 232.3837. luizferreira@elo.com.br; **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** (Odilar Costa Rondon). CCET - CP 549. CEP 79070-900. Campo Grande/MS. Tel.: (067)787.2124. **Minas Gerais** (Janetty Nogueira de Francischi). Av. Antonio Carlos, 6.627, Campus da Pampulha, CEP 31270-910, Belo Horizonte/MG. Tels.: (031) 499.2533/2722/2705. e-mail: sbpc@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) - CP 19071. CEP 81531-990, Curitiba/PR. Tel.: (041) 366.3144 - R. 232. efontour@garoupa.bio.ufpr.br; **Pernambuco** (José Antonio A. da Silva). Rua Quipapa, 537. CEP 50800-080, Recife/PE. Tel.: (081) 441.4577 r. 423. aleixo@elogica.com.br; **Rio de Janeiro** (Adaauto José Gonçalves de Araújo). Rua Leopoldo Bulhões, 1.480 - 3º andar, Mangueinhos. CEP 21041-210, Rio de Janeiro/RJ. Tel.: (021) 590.3789 - r. 2.087. adaauto@ensp.fiocruz.br; **Rio Grande do Norte** (Lúcio Flávio de Souza Moreira). CP 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, CP 460. CEP 78904-420, Porto Velho/RO. Tel.: (069)216.8558; **Santa Catarina** (Miguel Pedro Guerra). R. Rui Barbosa, 86 - apt. 601 F. 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, apt. 12. CEP 04510-001, São Paulo/SP. Tel.: (011) 576-4260. macsmith.morf@epm.br; subárea 2 (Dértia Villalba Freire-Maia). R. Vitória Régia, 180, V. dos Médicos. CEP 18607-070, Botucatu/SP. Tel.: (014) 822.0461. dfm@mandic.com.br; subárea 3 (Maria Ines Tiraboschi Ferro). Av. José Adriano A. Martins, 210. CEP 14870-000, Jaboticabal/SP. Tel.: (016) 323.2500. mitferro@fcav.unesp.br; **Sergipe** (Antônio Ponciano Bezerra). Av. Francisco Moreira, 650/103 - Edif. Port Spain. CEP 49020-120, Aracaju/SE. Tel.: (079) 241.2848.

SECCIONAIS: **Maringá** (Paulo César de Freitas Mathias). Depto. 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. dcersirio@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



Cinzas da incineração de lixo: matéria-prima para cerâmicas

Resíduos convertidos em compostos inorgânicos podem ser usados em vários produtos

O serviço de coleta e destinação do lixo urbano, efetuado pelo poder público e custeado por taxas e impostos, ainda é visto apenas como despesa, e não como uma atividade capaz de gerar receitas (ou lucros). A mudança desse modo de pensar permitiria enquadrar a atividade como uma indústria de processos químicos, com diversas aplicações para os produtos do beneficiamento dos lixos coletados, o que atrairia interesses empresariais. Com isso, seriam agregados às receitas ou aos lucros os benefícios sociais decorrentes de qualquer empreendimento industrial.

Em todas as civilizações, o descarte de lixos e resíduos sólidos gerou problemas. Até hoje, a dispersão desses detritos dificulta sua coleta e transporte, além de obstruir vias públicas, trazer riscos à saúde e degradar o ambiente. Uma das principais dificuldades para uma ação concreta no problema da destinação do lixo – além dos aspectos econômicos, políticos e administrativos – é a falta de informações técnicas sobre alternativas de processamento ou beneficiamento compatíveis com as dimensões e características das localidades interessadas na busca de uma solução.

Vários tipos de processamento dos lixos são cabíveis – físico, termoquímico, hidroquímico (por lixiviação natural ou induzida),

eletroquímico ou biotecnológico –, mas é preciso desenvolver formas associadas de beneficiamento e aproveitamento de produtos obtidos a partir dos resíduos produzidos. Esse desafio é um dos objetivos das nossas pesquisas sobre termoprocessamento de lixos e rejeitos e sobre os tratamentos e aplicações posteriores para as cinzas e os efluentes. Tais estudos inserem-se nas diretrizes da Agenda 21, acordo internacional que prevê a busca, pelos países a ele associados, do desenvolvimento sustentável, que minimize impactos ambientais.

Origens e destinos usuais dos lixos

A demanda crescente de alimentos e bens de consumo faz com que o homem transforme cada vez mais matérias-primas em produtos acabados, gerando volumes maiores de resíduos. A quantidade de lixo recolhida, no entanto, não aumenta em proporção direta com o crescimento da população, já que grande parcela desta (em geral a de maior crescimento demográfico) vive em locais onde não há coleta regular. Os resíduos não-coletados são queimados de forma rústica ou lançados em terrenos livres ('lixões'), em corpos d'água ou mesmo em vias públicas.

A destinação de rejeitos é a etapa final de um grande ciclo, no qual os produtos mobilizados pelo

homem para satisfazer suas necessidades são devolvidos ao meio ambiente de onde vieram. Pode constituir também o início de um processo de reciclagem que evita o lançamento indevido no ambiente e permite seu uso continuado no mercado de industrialização e consumo. O estudo e a caracterização de cada tipo de lixo (figura 1) é fundamental para a determinação das melhores condições para coleta, transporte, reaproveitamento ou disposição final.

A acumulação de lixos e seus problemas

A geração constante de lixos e resíduos industriais exige a busca de áreas para disposição final: vazadouros ou aterros sanitários. A ausência de coleta regular e o costume de usar corpos d'água (rios, canais, lagoas) como escoadouros de lixo complicam a solução administrativa do problema. Nem sempre as prefeituras têm a infra-estrutura necessária para oferecer a destinação adequada, o que torna necessário buscar soluções viáveis (técnica e economicamente). No Brasil, foram implantados processos de produção de gás – do lixo e de lodo oriundo de esgotos (este através de biodigestores) – para uso como combustível em veículos e para aquecimento em instalações rurais. Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, realizada em 1989 pelo

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 73% dos rejeitos, nos municípios pesquisados, vai para 'lixões', 13% para 'aterros controlados', 10% para 'aterros sanitários' e apenas 1% recebe algum tratamento (compostagem, reciclagem ou incineração).

O 'lixão' – a descarga no solo, a céu aberto, sem medidas de proteção ao ambiente ou à saúde pública – é uma opção primária e inadequada. Facilita a disseminação de doenças através de insetos e ratos, gera mau cheiro e, principalmente, contamina o solo e as águas (superficiais e subterrâneas) através do 'chorume'. Esse líquido escuro, mau cheiroso e de alto potencial poluidor é produzido

pela decomposição da matéria orgânica contida no lixo. O lixão favorece ainda o descontrole quanto aos tipos de materiais despejados, que às vezes incluem resíduos de serviços de saúde (hospitais, clínicas) e de indústrias. Atividades indesejáveis, como a criação de porcos e a catação de alguns materiais (por pessoas que muitas vezes residem no local), são freqüentes.

O 'aterro controlado' usa recursos e técnicas de engenharia civil para confinar os resíduos sólidos a uma área pré-selecionada e cobri-los diariamente com material 'inerte'. Em geral, a base da área ocupada não é impermeabilizada e não há tratamento do chorume

(comprometendo os recursos hídricos), nem coleta, purificação e dispersão de gases gerados. No aspecto ambiental, essa opção é vantajosa em relação ao lixão, reduzindo os problemas, mas ainda não é a ideal.

Já o 'aterro sanitário', entendido como local de 'purificação' do lixo domiciliar, é composto por setores diversos, cada um deles dotado de uma camada inferior impermeabilizada sobre a qual se despejam os rejeitos sólidos, contendo drenos para coleta de chorume, águas de superfície e gases da prolongada digestão anaeróbica. O despejo é feito formando 'células' de lixo. Sobre a camada de células do fundo são depositadas outras camadas, até a cota máxima definida no projeto, e em alguns casos os gases são coletados para uso como combustíveis. Esse tipo de aterro também pode poluir o solo e as águas, pois não é possível evitar totalmente a liberação de fluidos para o ambiente nem acelerar a inertização do material, para recuperar as áreas de depósito, mas o impacto ambiental é minimizado.

Essa concepção moderna, surgida em função da escassez de áreas disponíveis e do aumento dos volumes depositados, permite converter um lixão em aterro sanitário. Para isso, escava-se o fundo até uma profundidade compatível com a situação hidrogeológica e a permeabilidade dos solos naturais encontrados, impermeabiliza-se a base e instalam-se drenos, possibilitando a deposição das células de lixo, que podem atingir cotas acima do nível do mar. O confinamento do lixo à menor área e volume possíveis é obtido pela compactação das células com um trator. O lixo que fica na camada superior também é coberto, promovendo-se sua longa (às vezes secular) decomposição por microrganismos.

Lixões e aterros são usados de maneira crescente e descontrolada em vários municípios, alterando

Figura 1.
Tipos de lixo de acordo com a sua origem

TIPOS	COMPOSIÇÃO TÍPICA
Doméstico	<ol style="list-style-type: none"> 1. Potencialmente combustíveis ou pirolisáveis: são os fibrosos orgânicos (papéis, jornais, restos de alimentos, tecidos, madeiras, restos de plantas) ou artefatos plásticos (embalagens, brinquedos e peças diversas). 2. Não combustíveis: são produtos inorgânicos (vidros, latas, estruturas metálicas de aparelhos eletrodomésticos e outros).
Comercial	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hotéis e restaurantes: predominam resíduos de cozinha e papéis. 2. Escritórios: caracterizado por grande quantidade de papéis. 3. Supermercados e lojas: rico em embalagens de madeira e papelão.
Industrial	<ol style="list-style-type: none"> 1. Industrial: uma fração resulta da limpeza de escritórios, pátios e jardins e outra inclui aparas de fabricação, rejeitos, resíduos de processamento e outros (que variam para cada tipo de indústria). 2. Lodos de processamento: resultantes de sedimentação, após tratamento químico, de efluentes líquidos, águas e esgotos.
Público	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lixo: coletado pela varrição de áreas públicas. Inclui pedaços de papel, objetos metálicos, cerâmicos, vítreos, plásticos, madeira, terra, areia, lamas, rochas, fezes de animais, galhos de árvores, restos de vegetais e outros detritos lançados ao chão pelos usuários. 2. Detritos da desobstrução de rios, canais e galerias, deslizamentos de encostas, além de animais mortos e despejos domésticos clandestinos.
Patológicos ou sob suspeita	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lixos hospitalares: curativos, restos de cirurgias e autópsias, seringas, roupas descartáveis, gazes, bandagens, restos de gesso e outros. 2. Lixos farmoquímicos: de indústrias farmacêuticas, biotérios e necrotérios. 3. Alimentos contaminados ou de origem duvidosa: de restaurantes, portos e aeroportos, terminais ferroviários e rodoviários internacionais. 4. Substâncias explosivas, radioativas, tóxicas e corrosivas: geradas em estabelecimentos específicos, como reatores nucleares, centros de pesquisa e outros. 5. Resíduos sólidos do tratamento de esgoto: lodos secos e material gradeado, às vezes dispostos junto com o lixo em aterros sanitários.
Sigilosos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Documentos confidenciais: militares, empresariais, da administração pública. 2. Documentos de valor: papel-moeda, talonários, selos postais.

as características históricas das áreas que ocupam (sejam industriais, agrícolas ou litorâneas). Entre seus efeitos nocivos estão a improdutividade do solo, o aumento dos problemas de saúde da população, a contaminação de corpos d'água e a proliferação de insetos e ratos. Além disso, inviabilizam a fixação de residências e indústrias nas proximidades. Uma coincidência problemática, vista em várias cidades, é a existência de lixões ou aterros perto de aeroportos, atraindo aves (urubus e outras) que podem danificar turbinas de aviões e causar sérios acidentes. Substituir o despejo de lixo a céu aberto por galpões de coleta industrial para posterior incineração talvez possa contribuir para a solução desse enorme problema ambiental.

A transformação termoquímica dos lixos

Diversos processos de conversão química de materiais podem ser aplicados a lixos e resíduos sólidos, entre eles 'incineração', 'pirólise' e métodos biotecnológicos. Na incineração, o lixo é queimado em temperaturas elevadas, gerando sólidos inorgânicos inertes (cinzas) e gases (ou fumos), com ou sem recuperação da energia térmica. A pirólise é a decomposição química do material por lento aquecimento. Os processos biotecnológicos utilizam microrganismos vivos para controlar ou acelerar a decomposição de sólidos ou moléculas maiores em menores. A presente abordagem, no entanto, trata apenas dos processos de incineração e pirólise.

A incineração, na verdade, é um caso limite de pirólise, que gera cinzas e gases mas não forma vapores intermediários que possam ser condensados para uso posterior. Certos processos de pirólise de materiais de origem mineral e vegetal (figura 2) podem ser aplicados a lixos. É importante destacar que acima de 600°C os mate-

riais biológicos são destruídos, podendo ser reduzidos a carbono elementar ou seus óxidos (CO e CO₂) e elementos oxidados.

Processamento de lixo no Brasil

Alguns métodos de processamento de lixos – como a compostagem, a coleta seletiva para reciclagem e a incineração – já são utilizados no Brasil.

A 'compostagem' é praticada há muito tempo na área rural, através da mistura de restos vegetais e esterco animal. A matéria orgânica do composto é decomposta por microrganismos nela contidos. O produto final é aplicado ao solo e pode melhorar suas características, sem riscos ambientais. A compostagem favorece e estimula a adoção da coleta seletiva, mas os materiais orgânicos do lixo domiciliar também podem ser separados em instalações industriais de 'triagem e compostagem'. No contexto brasileiro, a composta-

gem é importante porque cerca de 50% do lixo urbano é constituído por materiais orgânicos.

A 'coleta seletiva' (figura 3) é a separação de materiais sólidos com vistas à reciclagem de vários deles: papel, têxteis, plásticos, metais e vidros, em primeira instância, e materiais cerâmicos ou minerais (entulho, terra, areia), se há interesse específico. A reciclagem é o reaproveitamento desses materiais na fabricação de novos bens, substituindo a matéria-prima original, mas não pode ser vista como a principal solução para a questão do lixo. Essa atividade deve fazer parte de um conjunto de medidas, pois nem todos os materiais (por razões técnicas ou econômicas) podem ser reciclados. A separação do lixo aumenta a oferta de materiais recicláveis, mas se não houver demanda o processo é interrompido e os materiais acabam aterrados ou incinerados.

A 'incineração', que alguns consideram uma forma de dispo-

Figura 2. Pirólise ou destinação destrutiva de carvão e similares aplicáveis a lixos (A) e fases de uma pirólise utilizada em indústrias carboquímicas (B)

(A)		
MATERIAIS	PROCESSOS	PRODUTOS
Carvão ou xisto ou madeira	Aquecimento lento, sem ar, de 454°C a 1.300°C Pirólise (ou destilação, ou carbonização, ou coqueificação)	Sólidos: coque (rico em carbono) e/ou cinzas Líquidos: água, alcatrão, óleo cru leve Gasosos: hidrogênio (H ₂), metano (CH ₄), etileno (CH ₂ =CH ₂), monóxido de carbono (CO), gás carbônico (CO ₂), gás sulfídrico (H ₂ S), amônia (NH ₃) e nitrogênio (N ₂)
(B)		
1. Liberação de gases e vapores (etapa típica das queimas de sólidos porosos e folhentos)		
Até 100°C	Evaporação de água superficial	
De 100°C a 200°C	Evaporação de água nos capilares e dessorção de gases retidos dentro dos poros	
2. Decomposição térmica ativa (desgaseificação de 3/4 da matéria volátil)		
De 350°C a 400°C	Começa a rápida liberação de CO ₂ , CO e CH ₄	
Em 450°C	Temperatura de máxima liberação de matéria volátil	
Além de 500°C	Queda rápida da liberação de matéria volátil	
3. Desgaseificação secundária (cracking, liberação de gases não-condensáveis)		
Entre 500°C e 600°C	Rompem-se as ligações alifáticas entre carbonos	
Acima de 600°C	Rompem-se as ligações entre carbono e hidrogênio, os compostos heterocíclicos tornam-se compostos aromáticos e diminui a massa molecular média dos produtos, formando-se água, CO, H ₂ , CH ₄ e outros hidrocarbonetos	

Figura 3.
Formas de coleta seletiva mais empregadas

Porta-a-porta — Os objetos recicláveis são colocados na calçada, pelos moradores, em recipientes distintos.

Voluntária — Os objetos são depositados espontaneamente pelos cidadãos em caixões de aço espalhados na cidade, nos chamados Locais de Entrega Voluntária (LEV).

Postos de recebimento e troca — Postos de recebimento de embalagens (por exemplo, no estacionamento de um supermercado) recebem objetos recicláveis como doação para instituições de caridade ou os trocam por alguma compensação estimulante.

Catação individual ou coletiva — Crucial para a oferta de materiais recicláveis e uma fonte de renda alternativa para a mão-de-obra informal, em especial diante da atual crise de desemprego. A Prefeitura do Rio de Janeiro e a empresa de limpeza urbana da cidade (Comlurb) apóiam há anos a organização de cooperativas de catadores.

sição final, usa a decomposição térmica via oxidação para tornar um resíduo menos volumoso e menos tóxico (ou mesmo atóxico), ou ainda eliminá-lo, em alguns casos. Incinerar é queimar um material a temperatura elevada (1.000°C, no mínimo), por um tempo conveniente e predeterminado. No caso do lixo, os materiais orgânicos são reduzidos a seus constituintes minerais, principalmente gás carbônico (CO₂), vapor d'água (H₂O) e sólidos inorgânicos inertes (cinzas). A fumaça gerada no processo pode conter partículas em suspensão, cuja coleta, através de filtros, ciclones ou colunas de lavagem, deve ser imperativa. Assim, incinerar o lixo é uma rota tecnológica que pode reduzir problemas ambientais, além de gerar energia térmica (de amplo uso) e matérias-primas (as cinzas e o material particulado coletado) para outros setores industriais (figura 4).

Uma incineração bem-feita gera cinzas, em geral formadas por metais, óxidos metálicos e sais, ou minerais sintéticos de composição cristalóquímica variada. Existe ainda a preocupação – de administradores municipais, estaduais e federais, empresários e mesmo da população – de que a queima do lixo polua a atmosfera pela emissão de gases (alguns com odor desagradável), pela

formação de sólidos particulados e pela presença de material mal queimado. Em função desse receio, é preciso esclarecer melhor o processo e eliminar algumas dúvidas.

As cinzas podem ser empregadas na fabricação de produtos cerâmicos. Os produtos cerâmicos são materiais não-metálicos (em geral óxidos e sais), obtidos pela combinação química (através de queimas adequadas) de um ou mais elementos metálicos com um ou mais elementos não-metálicos. São cerâmicos naturais os minerais (e minérios) com essa combinação, como argilas, feldspatos, quartzo, magnesita, cromita, grafita, talco e gipsita. Já os cerâmicos

manufaturados são produtos não-metálicos obtidos por reação química a altas temperaturas, como refratários, tijolos, telhas, louça doméstica e sanitária, vidros, cimento Portland, abrasivos sintéticos e outros.

O processo de incineração começa com um pré-tratamento do resíduo bruto coletado, para a separação, por catação manual ou mecânica, de componentes com valor comercial (papel, vidros, plásticos, alumínio, metais e outros). O material restante pode sofrer moagem, secagem, compostagem e enfardamento, para otimizar a queima. O incinerador, de alimentação manual ou mecânica (com esteiras e dosadores adequados), pode ser de câmaras múltiplas (com grelhas móveis) ou rotativo, dependendo de sua capacidade.

Os fumos (ou gases de exaustão) gerados na incineração são resfriados em trocadores de calor (que permitem também reaproveitar a energia térmica) e são neutralizados quimicamente em colunas lavadoras (a água arrasta partículas sólidas presentes nos gases e forma lamas e suspensões, que depois recebem tratamento adequado). O uso de outros lavadores, filtros e precipitadores permite que os gases emitidos na

Redução drástica de peso e volume de material a descartar
O volume do material original pode ser reduzido em 90% e o peso em 80%, e as cinzas geradas são em geral inertes, o que diminui a crescente necessidade de áreas de aterros sanitários.

Redução do impacto ambiental
Minimiza a preocupação com a monitoração do lençol freático, já que os resíduos tóxicos podem ser destruídos, em vez de estocados.

Destoxificação
Destroi bactérias, vírus e compostos orgânicos tóxicos (por exemplo, o óleo ascarel, usado como agente refrigerador em transformadores de energia elétrica), e permite descontaminar solos que contenham resíduos tóxicos, para devolvê-los ao lugar de origem.

Co-geração de energia elétrica
Os gases quentes da incineração podem ser usados na geração de vapor d'água para hospitais, hotéis, restaurantes, indústrias, quartéis e outros estabelecimentos.

Figura 4.
Vantagens da incineração de lixos

FOTOS CEDIIDAS PELOS AUTORES

incineração de lixos obedecem às exigências da legislação ambiental. Tais métodos são adotados intensivamente em indústrias termoquímicas, como siderúrgicas, refinarias de petróleo, fábricas de cimento e cerâmica e outras, que obedecem há décadas às normas de qualidade ambiental, e podem ser adaptados para incineradores.

Incineração de lixos aeroportuário e urbano

Como as rotas dos vôos internacionais incluem países com normas sanitárias diferentes, os aviões são potenciais disseminadores de doenças, principalmente através das pessoas a bordo e dos dejetos recolhidos. Por isso, esses dejetos recebem tratamento diferente do de outros tipos de lixo, devendo ser incinerados. A Empresa Brasileira de Infra-estrutura Aeroportuária (Infraero), que administra os aeroportos no Brasil, cumpre os procedimentos técnicos obrigatórios para a queima dos resíduos de vôos internacionais previstos na Convenção Internacional de Aviação Civil.

O lixo aeroportuário (dos aviões e da administração) é incinerado diariamente – a 1.000°C nominais, pelo tempo mínimo de 60 minutos em incinerador de câmara fixa, ou 30 minutos em incinerador de forno rotativo – e as cinzas são remetidas para o aterro sanitário conveniente. Apesar do perigo potencial do lixo de aeroportos, portos e estabelecimentos de saúde, uma resolução (nº 006, de setembro de 1991) do



Figura 6. Pastilhas sinterizadas frágil (A) e dura (B) obtidas pela requeima de grãos de cinzas a 1.100°C durante, respectivamente, 30 e 60 minutos

Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) diz que a incineração desses resíduos não é obrigatória, ressalvando apenas “os casos previstos em lei e acordos internacionais”. Talvez fosse melhor, para o país, reconsiderar tal determinação, em favor da incineração desses resíduos e, também, dos lixos urbanos.

Aplicações cerâmicas das cinzas de lixo

As pesquisas com cinzas de lixo aeroportuário desenvolvidas no Laboratório de Compostos Cerâmicos, do Departamento de Processos Inorgânicos da Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), permitiram obter matérias-primas de uso potencial na indústria cerâmica. A partir da requeima de amostras beneficiadas de cinzas desse tipo de lixo, coletadas no Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro, foram produzidos pós e sínteres (materiais aglutinados e porosos) com perspectivas de amplo emprego industrial (figura 5).

Os pós, obtidos após incineração, moagem e peneiração, podem ser utilizados como fileres (na diluição de pigmentos, por exemplo), aditivos em diversos materiais ou agregados finos e graúdos

para argamassas e microconcretos. As pastilhas cerâmicas frágil e dura (figura 6), obtidas da requeima das cinzas a 1.100°C, podem ser consideradas, respectivamente, semimanufaturados e conformados. O primeiro tipo pode ser usado em elementos de filtração, substitutos de tijolos solo-cimento, argamassas e artefatos diversos. O segundo tipo possibilita a fabricação de telhas, tijolos estruturais, manilhas, pisos, azulejos, agregados artificiais, peças domésticas e outros produtos. As amostras obtidas representam o primeiro estágio de desenvolvimento em laboratório e serão caracterizadas tecnologicamente quanto às propriedades de textura, cristalóquímicas e físico-mecânicas e quanto à toxidez.

Os resultados alcançados, com o uso dos fornos elétricos e do peneirador do Laboratório de Compostos Cerâmicos, adquiridos com recursos do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Fundação Universitária José Bonifácio (FUJB), indicam a possibilidade de aproveitamento tecnológico dos pós e sínteres em várias aplicações cerâmicas (substituindo ou complementando as argilas) e como agregados para construção civil.

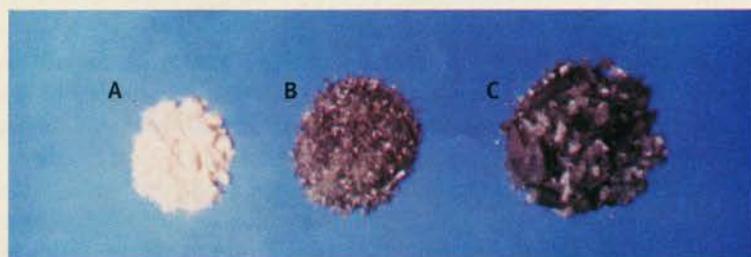


Figura 5. Cinzas coletadas no Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro, produzidas pela incineração do lixo a 900°C (A e B), e grãos moídos e peneirados, requeimados a 1.100°C durante um minuto (C)

Luiz Carlos de Abreu Nascimento,
Nefitaly Batista de Almeida Filho e
Abraham Zakon
Escola de Química,
Universidade Federal do Rio de Janeiro

GEOLOGIA Estudo da região permite compreender processos geológicos de formação da Terra

História geológica do Quadrilátero Ferrífero

Em função de processos geológicos específicos, elementos químicos como o ferro, o ouro, o manganês, o urânio e o alumínio, entre outros, agregaram-se a determinadas porções da crosta terrestre. Favorecidas pela natureza, estas regiões são um celeiro daquelas substâncias e tornaram-se por isso mesmo alvo de intensa atividade ligada à extração mineral. Neste artigo, são apresentados diversos processos ocorridos sucessivamente na história geológica do Quadrilátero Ferrífero, no centro-sul de Minas Gerais, responsáveis pelos importantes depósitos minerais tão explorados ao longo da história da região. Por **Alexandre Uhlein e Humberto Almeida Oliveira**, do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais.



FOTO: LUIZ BALTAR

A origem dos depósitos minerais está estritamente ligada aos movimentos da crosta terrestre e é explicada pela teoria conhecida por tectônica de placas. Segundo essa teoria, a crosta é dividida em enormes placas rígidas, que se movem constantemente umas em relação às outras. Tal movimentação ocorre há vários milhões de anos e foi responsável pela separação dos atuais continentes.

Flutuando sobre o material quente e pastoso do interior da Terra (o manto), as placas podem chocar-se ou afastar-se. Nas regiões em que suas bordas colidem, há espessamento da crosta e formação

de cadeias montanhosas. Em função da temperatura e da pressão a que está submetido, o material sedimentar e ígneo preexistente sofre transformações mineralógicas e de textura, ou seja, é dobrado, falhado e metamorfozido.

Ao contrário, quando as placas se separam, forma-se uma depressão ou bacia, que é preenchida por material sedimentar clástico, proveniente da erosão continental, ou químico, proveniente de precipitação química, formando um pacote de quilômetros de espessura. Eventualmente, a bacia pode ser muito extensa e possibilitar a criação de crosta

oceânica, com formação de basaltos. Estes evoluem a partir da cristalização de magmas, que ascendem por fendas de tração no interior da bacia.

No Brasil, onde predominam terrenos geológicos antigos e complexos, dois processos geológicos são importantes: formação de bacias, com abertura da crosta, afundamento e preenchimento por material sedimentar; e posteriormente orogênese, com dobramento do material sedimentar, metamorfismo e formação de cadeia de montanhas.

A complexidade deve-se ao fato de que os dois processos podem ter ocorrido de maneira superposta nas rochas brasileiras, predominantemente arqueanas e proterozóicas (ver 'Eons, eras e períodos geológicos'). Em determinadas regiões algumas bacias sedimentares antigas sofreram dobramentos sucessivos tanto no Arqueano quanto no Proterozóico. Como consequência, os indícios desses processos confundem-se, dificultando a identificação e a compreensão de cada um deles separadamente. A geologia observada hoje no Quadrilátero Ferrífero (figura 1), com pacotes rochosos de idades diversas aflorando lado a lado, é consequência de tais processos, que tornam a reconstituição dos fatos um verdadeiro quebra-cabeça.

Principais unidades geológicas

Região montanhosa de grande beleza natural, o Quadrilátero Ferrífero apresenta concentrações econômicas de ouro, ferro, manganês, alumínio e topázio, entre outros bens minerais. A denominação provém da orientação das principais serras, constituídas de minério de ferro, que descrevem um quadrilátero ao delimitar a área. As minas de ouro são subterrâneas, com cerca de 1 a 3 km de profundidade, e lavram minérios com teores de 5 a 12 gramas da substância por tonelada de rocha. Destacam-se as minas localizadas nos arredores de Belo Horizonte, Nova Lima e Raposos e entre os municípios de Santa Bárbara e Barão de Cocais. As minas de ferro, a céu aberto, distribuem-se ao longo das ocorrências do Supergrupo Minas, em todo o Quadrilátero.

A geologia da região foi estabelecida pelos mapeamentos feitos entre 1946 e 1962 pelo United States Geological Survey e pelo Departamento Nacional de Produção Mineral. Nas décadas seguintes o conhecimento geológico da região foi detalhado e aprimorado por inúmeros pesquisadores. Hoje suas rochas são agrupadas em quatro unidades geológicas principais: Complexo Granito-Gnáissico, também chamado de Embasamento; Supergrupo Rio das Velhas; Supergrupo Minas; Grupo Itacolomi. Cada uma delas representa um estágio evolutivo, que tem início com a formação de uma bacia sedimentar, seguida de orogênese (dobramento de rochas), for-

EONS, ERAS E PERÍODOS GEOLÓGICOS

A história geológica da Terra, formada há aproximadamente 4,5 bilhões de anos, divide-se em eons, eras e períodos geológicos. O eon mais antigo – e menos conhecido – é denominado Hadean. O seguinte, Arqueano, estende-se de 3,9 a 2,5 bilhões de anos atrás. A seguir, ocorrem o Proterozóico, de 2,5 bilhões a 540 milhões de anos atrás, e por fim o Fanerozóico, que vai do final do Proterozóico aos dias atuais, subdividindo-se em várias eras e períodos geológicos.

O Arqueano, ainda pouco conhecido, caracteriza-se por seu alto gradiente termal, crosta fina sobre manto muito plástico, placas possivelmente bem menores que as atuais e atmosfera anóxica, isto é, desprovida de oxigênio. É nesse eon que surgiram, há aproximadamente 3 bilhões de anos, os primeiros indícios de vida na Terra, na forma de algas azuis e verdes capazes de fazer fotossíntese e iniciar a produção de oxigênio para a atmosfera. No Proterozóico, o planeta estaria mais estável e consolidado, com placas tectônicas mais espessas e rígidas, menor fluxo térmico, menor atividade vulcânica e com atmosfera progressivamente mais oxidante, isto é, com maior quantidade de oxigênio.

mação de cadeia montanhosa e, por último, erosão, que vai aplainando o relevo anteriormente formado. A partir daí, começa um novo e sucessivo ciclo, envolvendo as mesmas etapas.

O Complexo Granito-Gnáissico, formado por rochas metamórficas (gnaiesses), está relacionado ao ▶

Figura 1.
Mapa geológico simplificado do Quadrilátero Ferrífero (MG)

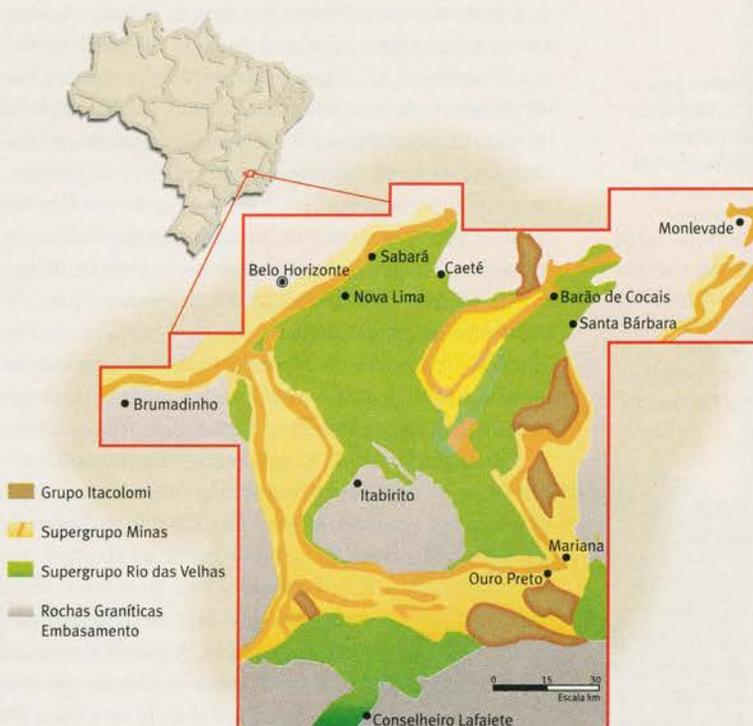
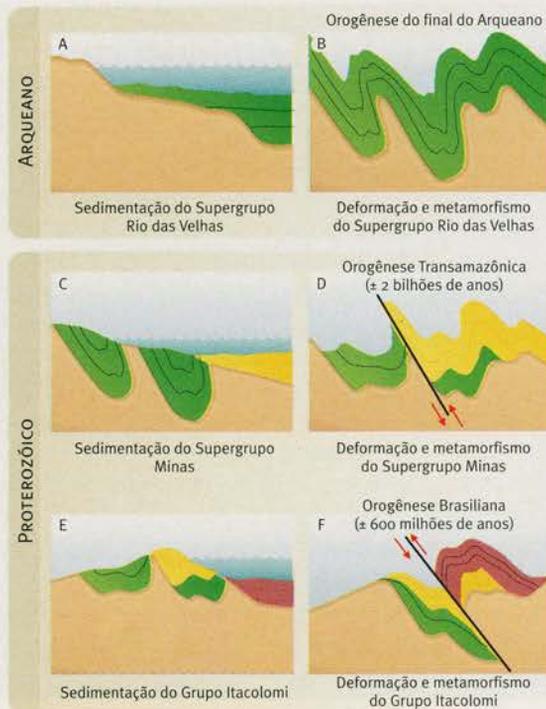


Figura 2.
Evolução geológica do Quadrilátero Ferrífero



Arqueano. O Supergrupo Rio das Velhas, também de idade arqueana, é constituído por rochas vulcânicas (principalmente basaltos) e sedimentares (figura 2a). Algumas dessas rochas guardam estruturas que identificam vulcanismo submarino. Esse conjunto foi depositado em uma bacia vulcano-sedimentar que sofreu processo orogenético, com metamorfismo e dobramentos (figura 2b). Assim, os basaltos e os sedimentos foram transformados em diversos tipos de xistos (rochas metamórficas).

O Supergrupo Minas, considerado proterozóico, foi depositado em uma bacia com sedimentação inicialmente continental e posteriormente marinha, com formação de arenitos, conglomerados, pelitos, rochas carbonáticas (dolomitos) e formação ferrífera bandada. Compreende os grandes depósitos de minério de ferro, conhecidos como itabiritos (figura 2c). Após a sedimentação, experimentou processos tectono-metamórficos (Orogênese Transamazônica), que levaram à formação de uma cadeia de montanhas de grande extensão e transformaram as rochas sedimentares em metamórficas (figura 2d).

Finalmente, ainda no Proterozóico, houve a sedimentação do Grupo Itacolomi, com arenitos, conglomerados e pelitos (figura 2e). Há 600 milhões de anos, a Orogênese Brasileira metamorizou e dobrou as rochas desse grupo e das unidades mais antigas, fazendo surgir uma cadeia de montanhas a leste do Quadrilátero (figura 2f). A partir daí, e até hoje, a região mostra predominantemente processos erosivos relacionados à estabilidade maior do Brasil ao longo do Fanerozóico.

Mineralizações de ouro e manganês no Arqueano

Os depósitos de ouro e manganês do Quadrilátero Ferrífero estão relacionados à evolução do Supergrupo Rio das Velhas. Durante a evolução da bacia, ocorreu abertura de fundo oceânico e extrusão de lavas basálticas. A água do mar penetrou por entre as lavas, aqueceu-se (300-350°C) e transformou-se em um fluido hidrotermal rico em Fe, Mn, Au, Zn, Cu e Co, entre outros metais dissolvidos, que foram retirados das rochas vulcânicas e transportados possivelmente como complexos tio-cloretados. Esse fluido ascendeu e exalou no fundo do mar, produzindo fumarolas, que, em contato com a água fria e o gás sulfídrico, levaram à precipitação de alguns desses metais na forma de sulfetos (pirita, pirrotita e arsenopirita), juntamente com sedimentos (figuras 3a e 3b). Processos de redução a partir do sulfato marinho também podem ter contribuído para a precipitação dos sulfetos.

Por outro lado, o manganês liberado das rochas básicas na forma de íons Mn^{++} , solúveis em pH menor que sete, precipitou-se em uma fase de quiescência do vulcanismo. Isso ocorreu em condições favoráveis de hidrogenação (pH) e oxirredução (Eh), formando depósitos minerais de manganês sedimentar, como o morro da Mina em Conselheiro Lafaiete. Processos tectônicos e metamórficos posteriores provocaram a recristalização e a obliteração de feições primárias. O ouro e os sulfetos foram remobilizados para zonas de menor pressão, graças à ação de fluidos metamórficos, levando mais tarde à modificação e formação de novos depósitos auríferos.

Figura 3a.
Esquema de circulação hidrotermal em bacias vulcano-sedimentares, responsáveis por depósitos minerais de ouro e manganês no Arqueano

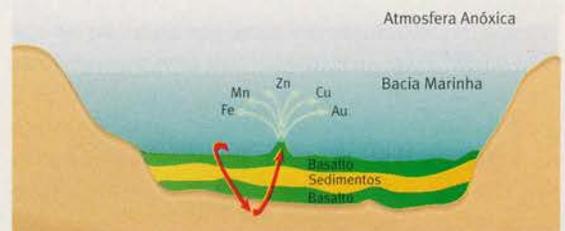


Figura 3b.
Rocha de uma mina subterrânea na região de Nova Lima (MG) com mineralizações de ouro do Supergrupo Rio das Velhas



Depósitos de ouro e urânio no Supergrupo Minas

Depois da orogênese do Supergrupo Rio das Velhas, ocorreu intensa erosão das rochas metamórficas previamente formadas, incluindo o Supergrupo Rio das Velhas e os gnaisses do Embasamento. O intemperismo passa a atuar com intensidade, determinado por variações de temperatura e chuvas torrenciais. A erosão disponibiliza detritos rochosos e minerais densos, resistentes ao ataque químico da água, que são transportados para regiões próximas.

Esse transporte ocorreu por ação da gravidade, combinada com fluxos d'água ou enxurradas periódicas. Com a redução da velocidade de transporte desses detritos, sua sedimentação se dá numa área plana ou deprimida do relevo, junto a áreas montanhosas adjacentes. Os detritos e os minerais densos vão formar cascalho e areia. Em função desses processos, o ouro, a pirita e os minerais de urânio foram retirados das rochas-fonte (Supergrupo Rio das Velhas e Embasamento) e depositados junto a camadas de cascalho (figura 4a). A atmosfera devia ser ainda anóxica, pois permitiu a acumulação de pirita como mineral detrítico, nos níveis do cascalho, sem oxidação na rocha-fonte.

Posteriormente, os níveis de cascalho e areia passaram por um processo de endurecimento e consolidação, transformando-se em conglomerados e arenitos, que são rochas sedimentares (figura 4b). Durante o Proterozóico, estas foram dobradas e metamorfizadas, o que pode ter alterado seu conteúdo original de ouro e urânio.

Depósitos de ferro no Supergrupo Minas

Com o aumento da estabilidade da crosta no início do Proterozóico, formaram-se grandes bacias marginais, onde se depositaram sedimentos clásticos e químicos. Formaram-se inicialmente, como descrito acima, conglomerados e arenitos enriquecidos em ouro e urânio.

Com o progressivo aplainamento do relevo pela erosão, um mar ocupou a região central de Minas Gerais no início do Proterozóico. Formaram-se então no ambiente marinho rochas sedimentares de

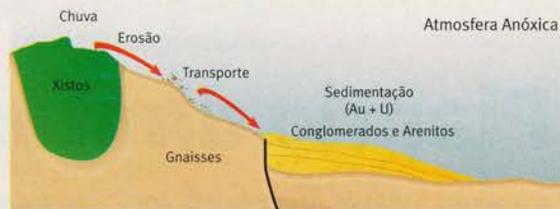


Figura 4a. Esquema de erosão, transporte e sedimentação no continente, responsável por acumulações mecânicas de ouro e urânio



Figura 4b. Conglomerado mineralizado em ouro e urânio do Supergrupo Minas, na Serra da Moeda, ao sul de Belo Horizonte

precipitação química ricas em ferro, denominadas formações ferríferas bandadas. Trata-se de uma rocha com 15% ou mais de ferro, cujos processos de formação ainda não são bem compreendidos.

O ferro provavelmente chegou à bacia como Fe^{++} , transportado por águas subterrâneas continentais. O intemperismo que atuava sobre a região continental plana levou à lixiviação de diversos elementos químicos contidos nos minerais. O ferro pode também ser oriundo da atividade hidrotermal, em decorrência da compactação de uma bacia sedimentar ou de atividade vulcânica localizada. Esta hipótese, aliás, tem sido a mais aceita atualmente (figura 5).

Graças à atividade biológica de algas e bactérias, iniciou-se um processo incipiente de produção de oxigênio nas bacias marinhas. Este oxidou o Fe^{++} , que se precipitou como hidróxido férrico, arrastando consigo a sílica amorfa dissolvida na água do mar. A radiação ultravioleta emitida pelo Sol também contribuiu para esse processo, através da fotooxidação (ver 'Itabirito decifrado?' em *Ciência Hoje* n° 129, p. 66). Posteriormente, as rochas sedimentares do Supergrupo Minas foram dobradas e metamorfizadas na orogênese Transamazônica e Brasileira, e as formações ferríferas bandadas transformaram-se em itabiritos. Exposto à superfície da Terra por processos erosivos durante o Fanerozóico, o itabirito alterou-se, perdendo progressivamente a sílica e aumentando o teor de ferro. Tal processo, causado pela ação de água subterrânea e favorecido pela estabilidade tectônica, representou e ainda representa importante meio de enriquecimento dos minérios de ferro.

Figura 5. Esquema de sedimentação química em bacia marinha com proveniência de ferro e silício do continente e/ou por exalações hidrotermais submarinas na própria bacia



MICOLOGIA Método pode ser responsável por adaptação ao feijão de fungo típico de monocotiledôneas

Plantio direto: um veículo para doenças?

A descoberta de uma nova doença – um tipo de carvão – em feijoeiros, no cerrado brasileiro, sugere que o plantio direto, técnica em que uma nova cultura é semeada sobre os restos da anterior, pode – ao longo dos anos, se não houver rotação de culturas – facilitar a adaptação de patógenos a novos hospedeiros. Estudos taxonômicos e genéticos do agente dessa doença revelam que se trata de nova espécie de fungo. Por **Virgínia Carla de Oliveira e Jefferson Luis da S. Costa**, do *Centro Nacional de Pesquisa em Arroz e Feijão*, da *Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária*.

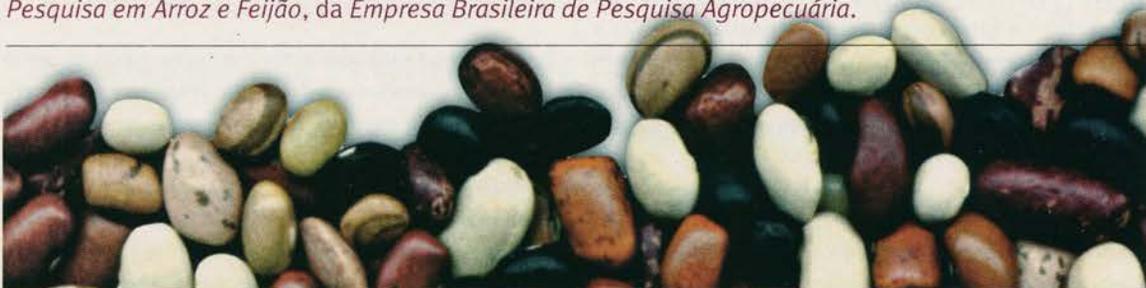


Figura 1. Sintomas de carvão, causado por uma nova espécie de fungo, em talos do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) encontrados no campo

O aumento na produtividade das espécies vegetais cultivadas pelo homem depende em grande parte dos órgãos de pesquisas encarregados da melhoria da qualidade dos produtos dessas culturas. Isso é conseguido, entre outras maneiras, através do combate ao principal problema das plantações em larga escala – as doenças causadas por agentes biológicos, diferentes em cada cultura, que podem exterminar até 100% da plantação, se não houver um controle adequado.

A agricultura atual, além de uma proteção eficaz contra as doenças, busca maior viabilidade econômica, e entre as técnicas mais utilizadas com esse objetivo destaca-se o chamado 'plantio direto'. Nessa técnica, as sementes de uma nova cultura são plantadas sobre os restos da anterior, sem que o solo seja revolvido, o que evita o uso intenso de equipamentos agrícolas, como arados e grades. Uma das culturas em que esse sistema é bastante empregado, em diversas regiões do Brasil, é a do feijão (*Phaseolus vulgaris*).

A experiência mostra que o sucesso do plantio direto depende da

rotação, no mesmo terreno, de muitas culturas, como milho, feijão, sorgo, arroz, soja, trigo e tomate. Entretanto, no Brasil Central, a rotação intensa é geralmente preterida pelos agricultores, que preferem usar o plantio direto com a sucessão de apenas duas espécies (em geral milho e feijão), ou mesmo o aplicam sem qualquer rotação (monocultivo).

Os efeitos do sistema de plantio direto, porém, ainda não são inteiramente conhecidos, e entre eles pode estar a adaptação genética de microrganismos patogênicos de uma cultura para outra. Essa adaptação a um novo hospedeiro pode originar raças, variedades, formas e até espécies novas de microrganismos, criando um problema a mais para as culturas tradicionais de alimentos e para os programas de pesquisa que visam aumentar a resistência dessas plantas às doenças. Esse tipo de problema pode ter ocorrido em áreas produtoras dos municípios de Unai (MG) e Silvânia, Naciolândia, Santo Antônio de Goiás e Rio Verde (GO).

Em setembro de 1997, após uma estação chuvosa (27 mm) marcada por altas temperaturas (de 25° a 33°C), culturas de feijão (*P. vulgaris*) apresentaram sintomas de carvão, doença típica do milho (*Zea mays*) e de outros cereais. Essas áreas tinham em



comum o sistema de plantio direto com sucessão das duas culturas (milho e feijão). Massas de esporos pretos (origem do nome da doença) foram observados em talos, vagens e sementes de feijoeiros (figura 1). Por ser uma doença desconhecida no feijão, plantas infectadas foram colhidas para a caracterização do microrganismo responsável e para a realização de testes de patogenicidade (que reproduzem o ciclo da doença em plantas saudáveis, observando-se dia-a-dia os sintomas).

Para caracterizar uma espécie de fungo, entre as muitas que podem causar o carvão, é necessário determinar o tamanho, forma e cor dos esporos (além de avaliar os sintomas e a especificidade do hospedeiro). Usando-se microscópios ópticos e eletrônicos, foram examinados e medidos 600 esporos retirados de feijoeiros infectados. Isso permitiu classificá-los como teliosporos (esporos típicos de carvão, globosos), com diâmetro entre sete e 11 microns, que exibiam bandas equatoriais, áreas polares mais claras e parede externa em tons amarronzados. Alguns mostravam apenas um núcleo e outros, dois. Em meio de cultura artificial, esse fungo não desenvolveu micélio (malha de filamentos), formando, como na maioria dos carvões, massas de células que se reproduziram rapidamente, gerando colônias típicas de leveduras, forma que esse fungo apresenta quando cultivado *in vitro*.

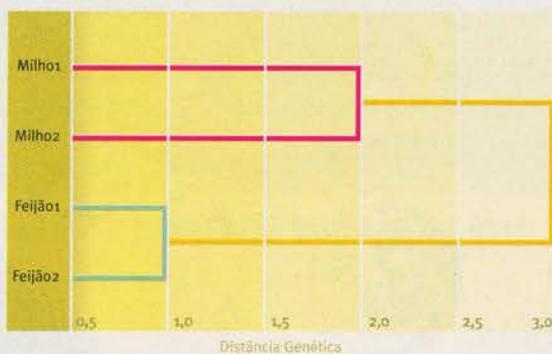
Os testes de patogenicidade visaram confirmar se de fato esse fungo seria o causador da doença no feijão. Para isso, feijoeiros das variedades 'pérola' e 'rosinha', de oito a 20 dias de idade, foram pulverizados (em todas as partes das plantas e no solo) com uma solução aquosa contendo teliosporos obtidos de plantas infectadas (mil esporos por mililitro). Após a inoculação, as plantas foram mantidas em câmara úmida (100% de umidade relativa) por 48 horas e depois transferidas para a casa de vegetação (estufa fechada, sem contaminação). O estudo incluiu feijoeiros não infectados com os esporos, para comparação.

O primeiro sintoma foi detectado (com microscópio) uma semana depois da inoculação: a presença de hifas (filamentos) dentro das células do tecido da folha, uma característica desse tipo de organismo. Quinze dias após a inoculação, surgiram manchas pretas em todos os tecidos (talos, folhas, flores e vagens) do feijoeiro, resultantes da transformação das hifas em teliosporos (figura 2). Em seguida, o rompimento das manchas liberou os teliosporos, resultando na morte de plantas de até 45 dias de idade.

O exame dos teliosporos e os testes de patogenicidade confirmam tratar-se de uma doença nova – um tipo de carvão – no feijoeiro. Sua origem parece

ser a adaptação de um microrganismo patogênico típico de plantas monocotiledôneas (milho, arroz, trigo e outras) a uma dicotiledônea, e o principal responsável por essa adaptação pode ter sido a sucessão intensa das culturas de milho e feijão, sob plantio direto em solos de cerrado. No feijoeiro, porém, esse organismo não causou galhas – alterações (inchaços) de tecidos, observadas nas espigas de milho infectadas –, mas foi capaz de infectar talos e causar a morte das plantas, indicando perfeita adaptação a uma leguminosa.

Por isso – e por não encontrarmos, na literatura científica especializada, nenhuma espécie do gênero *Ustilago* que tenha como hospedeiro *P. vulgaris* – consideramos o carvão do feijoeiro uma doença causada por uma nova espécie de fungo. De início, incluímos esse novo agente patogênico no gênero *Ustilago*. Para confirmar isso, foram realizados estudos complementares, comparando variações genéticas localizadas (polimorfismos de DNA) do fungo obtido em feijoeiros infectados e de *Ustilago maydis*, fungo que causa carvão no milho. Tais estudos, efetuados com técnicas adequadas para identificar essas variações, constataram que os agentes causadores do carvão no feijão e no milho são geneticamente diferentes (figura 3).

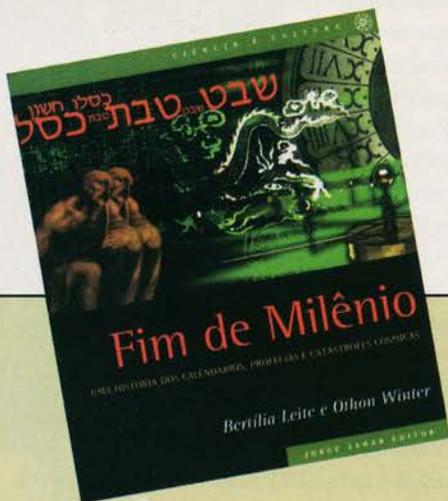


A revisão da classificação dos fungos causadores de carvões em plantas dicotiledôneas, feita pelo micólogo Kálmán Vánky, da Universidade de Tübingen (Alemanha), propõe que todos os carvões com hifas septadas maduras sem poros e teliosporos que não são produzidos em cavidades e não aparecem misturados com filamentos sejam incluídos no novo gênero *Microbotryum*. Portanto, a nova espécie de fungo achada no feijoeiro, antes classificada como *Ustilago* sp. em artigo publicado pelos autores na revista *Plant Disease* (v. 23, p. 486, 1999), passará a ser denominada *Microbotryum phaseoli*. ■



Figura 2. Os testes de patogenicidade mostraram que o novo organismo é o agente causador da doença nos feijoeiros

Figura 3. Diagrama com os níveis de separação ou similaridade genética dos fungos causadores de carvão no feijão e no milho, calculados com base nas diferenças encontradas no DNA das duas espécies



Uma obra genuína que merece destaque

Fim de milênio, uma história dos calendários, profecias e catástrofes cósmicas

Bertília Leite e Othon Winter

Rio de Janeiro, Jorge Zahar Editor, 140 pp., R\$ 18

A publicação deste livro na celebração antecipada do fim do milênio, é duplamente oportuna, pois o verdadeiro fim de milênio na transição do ano 2000 para 2001, manterá vivo o tema do livro por mais este ano. O livro resultou de uma produtiva colaboração entre dois autores que residem em Guaratinguetá (SP). Othon Winter, da área de ciências exatas, é astrônomo da Universidade Estadual Paulista, especialista em planetologia e dinâmica orbital. Bertília Leite, da área de ciências humanas, é formada em história.

O texto foi escrito em uma linguagem inteligível para o leitor leigo, sem informações excessivamente técnicas, podendo ser lido com proveito mesmo por quem tenha apenas completado o ensino fundamental. A leitura é agradável, entremeada com tabelas e interessantes ilustrações.

A associação do milênio com uma intervenção divina decretando o fim do mundo consta no Livro do Apocalipse (ou da Revelação) de São João, parte do Novo Testamento. Os autores de *Fim de milênio* declaradamente não pretenderam interpretar as manifes-

tações de júbilo ou de medo que cercam as viradas de milênio. Mas eles apresentam, através de uma abordagem histórica, as informações básicas que possibilitam ao leitor uma reflexão sobre o significado da virada. Ao esclarecerem que esse significado é meramente convencional, eles respondem indagações que despontam naturalmente nessas ocasiões sobre a elaboração de calendários e a possibilidade de colisão catastrófica da Terra com objetos cósmicos.

A história do nosso calendário, o gregoriano, é apresentada com mais detalhes, porém, no contexto da diversidade de calendários (hebreu, islâmico, chinês, maia e da Revolução Francesa). Tudo isso é precedido de uma história da origem das unidades para a contagem do tempo: dia, semana, mês e ano.

Em 137 páginas, o texto vem dividido em seis partes. As quatro primeiras, que abrangem 65% do livro, abordam subtópicos referentes aos calendários. A quinta parte (13%) trata das profecias sobre o fim dos tempos e a sexta (18%), das possíveis catástrofes cósmicas estudadas pela astronomia.

A capa em cartolina tem um excelente desenho em cores, alusivo ao título. O formato quase



Cartoon francês ilustrando a visão catastrófica de um cometa colidindo com a Terra

quadrado (18,5 cm x 21 cm) é agradável. Dentro da Coleção Ciência e Cultura, este é o vigésimo livro sobre temas atuais e instigantes, mas ele inaugura a presença de autores nacionais, o que merece ser destacado e aplaudido. Já há cientistas brasileiros preocupados com a divulgação científica e capazes de produzir obras do nível das que vêm sendo traduzidas, porém, com a inestimável vantagem de serem concebidas e escritas na mesma língua e no contexto cultural de seus leitores. A importância disso para a formação de uma visão autóctone das novas conquistas científicas jamais será devidamente enfatizada.

Faltou no final um índice remissivo de termos específicos e uma tabela cronológica. Alguns enganos passaram pela revisão: o período de translação da Terra é identificado com o ano trópico (pp. 34 e 72); o dia solar (médio) é identificado com o período de rotação da Terra (p. 35); o box da página 43 afirma que a sombra da ponta do gnômon ao meio-dia no equinócio fica no ponto médio entre as sombras nos solstícios de verão e de inverno; a frase “os canais marcianos são apenas vales” não é correta (p.128), nem a expressão “queda de ... meteoro” (p.133).

O significado dos números apresentados na segunda coluna da tabela (p.123) não é claro; “1 em 100” na primeira linha deve significar a probabilidade de ocorrência de uma morte por acidente automobilístico em um grupo de 100 pessoas, e assim por diante. Nada disso, porém, tira o mérito desta obra que, oportunamente, responde à maioria das dúvidas sobre os calendários e as catástrofes cósmicas, preenchendo uma lacuna na bibliografia vernácula.

Oscar Toshiaki Matsuura
Museu de Astronomia
e Ciências Afins/RJ

Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação

Aldo da Cunha Rebouças, Benedito Braga e José Galizia Tundisi (org.)

São Paulo, ed. Escrituras, 718 pp., R\$ 80

Completo compêndio escrito por 31 especialistas de áreas variadas, este livro aborda os diversos potenciais de água doce do país: águas atmosféricas (chuvas), superficiais (fluxos de rios, lagoas, áreas encharcadas) e subterrâneas. Os 21 artigos que o compõem analisam os problemas associados a esse recurso escasso em algumas regiões do planeta mas naturalmente abundante no nosso país. Os autores destacam sua preocupação com a acelerada degradação dos ambientes hídricos do Brasil e propõem alternativas de uso integrado e sustentado da água. A obra pode ser adquirida pelos telefones (0-11) 818-3919 e 818-4442.



A ciência e seus impasses: debates e tendências em filosofia, ciências sociais e saúde

Jeni Vaitsman e Sábado Girardi (org.)

Rio de Janeiro, ed. Fiocruz, 210 pp., R\$ 25



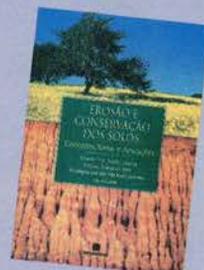
Esta obra tenta expor a um público amplo o debate sobre o método científico e as ciências naturais e sociais. Ela é composta por artigos que usam elementos da filosofia, das ciências sociais, da lingüística e das ciências da saúde. A diversidade dos argumentos em relação à objetividade da ciência surpreendeu inclusive seus organizadores. A primeira parte do livro é constituída pelo debate entre ‘neopopperianos’, que consideram que o conhecimento científico conduz a uma explicação que mesmo não sendo infalível é a mais próxima da verdade, e ‘relativistas’, que proclamam o caráter parcial da ciência e rejeitam sua pretensão objetivista. Na segunda parte, os diferentes autores refletem sobre os métodos utilizados em pesquisas das áreas de ciências sociais e da saúde. Para os que se interessaram pela discussão que ganhou atenção da imprensa com o lançamento de *Imposturas intelectuais*, de Alan Sokal e Jean Bricmont (ver CH nº 138 e nº 145), este livro é um interessante ponto de partida.

Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações

Antonio José Teixeira Guerra, Antonio Soares da Silva e Rosângela Garrido Machado Botelho (org.)

Rio de Janeiro, ed. Bertrand Brasil, 340 pp., R\$ 35

Dividido em nove capítulos, elaborados por especialistas de diferentes áreas das geociências, este livro aborda diversos aspectos da erosão e da conservação do solo. A obra se destaca por dois motivos: trata em português um assunto que é mais explorado em obras estrangeiras e se apóia em exemplos e pesquisas empíricas realizadas no Brasil. Além de apontarem casos de erosão, com um destaque especial para aqueles causados pela agricultura, os autores também abordaram programas que tiveram sucesso na conservação e recuperação de solos. Em um campo em que soluções importadas do hemisfério Norte podem fracassar devido a diferenças de solo e clima, esta iniciativa deve ser útil para pesquisadores e estudantes universitários assim como para consultores de projetos públicos.





HÁ 60 ANOS ERA INSTITUÍDO O SALÁRIO-MÍNIMO NO BRASIL

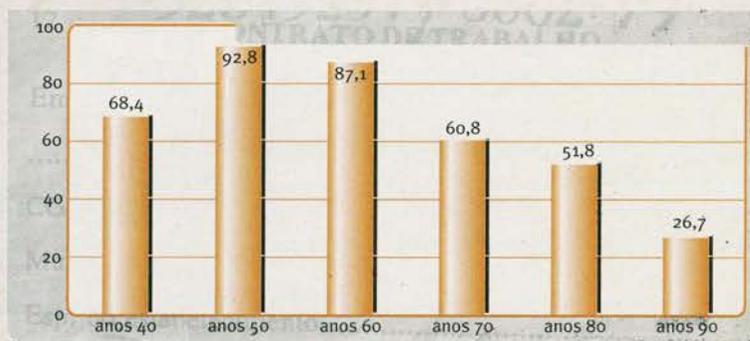
Proteção (esquecida) para o trabalhador

Os rumos da política de salário-mínimo no Brasil mudaram muito desde que seu primeiro valor foi determinado, em 1940. A remuneração de base, que interessa hoje a 27,5 milhões de brasileiros ativos e inativos, já foi quase três vezes maior que a renda *per capita* no país, e hoje mal supera um quarto dessa renda. A recuperação do seu valor real é, portanto, urgente e necessária, ainda mais quando se constata o papel que o salário-mínimo exerce na redução da pobreza e da desigualdade.

A política do salário-mínimo no Brasil passou por profundas modificações – seja em seu objetivo, seja em seus resultados – desde sua introdução por Getúlio Vargas, em 1940, durante o Estado Novo.

A história dessa política apresenta pelo menos três fases. A primeira, de 1940 a 1951, abrange a instituição e consolidação do valor do mínimo por Vargas e a reação a essa intervenção no mercado de trabalho pelo governo liberal (1946-1950) de Eurico Dutra. A fixação em 10 de maio de 1940 do primeiro valor do salário-mínimo, após longa negociação política, representou uma vitória das forças políticas comprometidas com uma industrialização baseada na construção do mercado interno de consumo.

A adoção do mínimo, além de favorecer a industrialização pela estruturação das remunerações, exerceu papel importante na regulamentação do mercado de trabalho, como mecanismo de proteção dos trabalhadores de salário de



FONTE: IABEE/DIEESE

base. Para Francisco Oliveira Viana (1883-1951), um dos ideólogos da legislação trabalhista de Vargas, o objetivo era corrigir injustiças do desenvolvimento industrial, incorporando ao mercado de consumo os trabalhadores situados no limite da pobreza, embora o primeiro mínimo fosse restrito a empregados urbanos com carteira de trabalho e mostrasse diferenças regionais. Nos centros industriais, como São Paulo e Rio de Janeiro (que detinham cerca de 50% dos empregos urbanos registrados), o valor adotado era inferior à média dos menores salários, enquanto nas de-

Evolução do poder aquisitivo médio decenal do salário-mínimo (1940/1999)

mais cidades era superior.

Nos primeiros anos, o salário-mínimo atendia às necessidades essenciais de um trabalhador, mas apenas a 40% das despesas de sua família. O fim do autoritarismo, com a queda do Estado Novo, e a vitória da coalizão conservadora nas eleições de 1945 deram às forças de mercado maior influência na determinação dos salários. Com isso, o poder de compra do mínimo caiu rapidamente na segunda metade dos anos 40. Atos

Há 60 anos

do governo Dutra, como intervenções nos principais sindicatos, perseguições a líderes políticos e a cassação do Partido Comunista Brasileiro, contribuíram para essa queda. Apesar do retorno do regime democrático e da definição, na Constituição de 1946, de um salário-mínimo com dimensão familiar, seu valor médio, de 1944 a 1951, passou a atender a apenas dois terços das despesas de um indivíduo e a 24% das de uma família. Nesse período, havia 17 níveis de salário-mínimo no Brasil.

Na segunda fase, de 1952 a 1964, o mínimo recuperou seu poder de compra e passou a incorporar parte dos ganhos de produtividade da economia. Coalizões políticas que incluíam os interesses dos trabalhadores permitiram que o mínimo anual chegasse a representar, em média, 2,4 vezes a renda *per capita* entre 1952 e 1964 (contra 1,3 vez entre 1944 a 1951). A forte atuação sindical nos anos 50, mesmo ausente das fábricas, gerou campanhas nacionais pela elevação do mínimo, mas só os trabalhadores urbanos foram beneficiados.

Embora o setor rural continuasse à margem dos efeitos da política de salário-mínimo, essa segunda fase – caracterizada pela decisão política de elevar o mínimo urbano – generalizou uma norma de consumo adequada à estrutura produtiva de bens e salários. Isso significa que, graças às taxas de crescimento do seu valor, o mínimo permitiu atender às necessidades de consumo essenciais (individuais) do assalariado urbano, mesmo com as novas despesas (transporte, aluguel, remédios etc.) trazidas pelo processo de industrialização e urbanização. Durante essa segunda fase, havia 29 níveis de salário-mínimo no país.

Na terceira fase, iniciada com a interrupção da democracia, em 1964, a política do mínimo afastou-se dos objetivos originais de 1940, embora tenha continuado a

ser um importante mecanismo de intervenção do poder público no mercado de trabalho. De 1965 a 1974, por exemplo, o poder aquisitivo do mínimo caiu 33,5%, o que ajudou tanto a manter a base de apoio político do regime militar (pequenos negócios) quanto a compor as medidas ortodoxas de combate à inflação.

Em função dessa queda, a extensão do mínimo aos empregados rurais e aos autônomos foi incompleta e precária. Os camponeses ganharam tal direito a partir dos anos 60, e as empregadas domésticas só com a Constituição de 1988. No entanto, o salário-hora no campo aproximou-se do mínimo, a partir da segunda metade dos anos 60, mais pela queda do poder aquisitivo deste do que pela elevação da remuneração rural. Junto com o mínimo, os benefícios previdenciários também foram reduzidos.

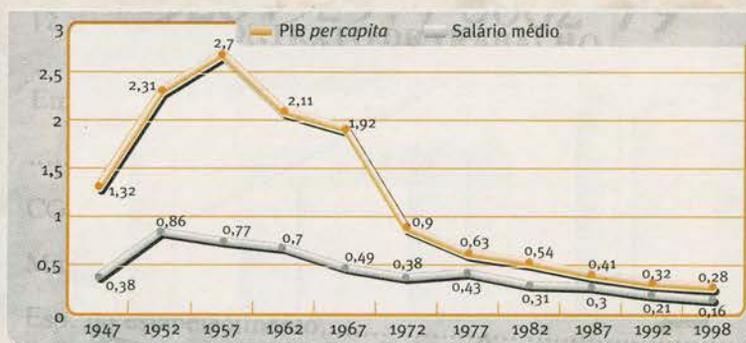
Assim, embora tenha aumentado o ingresso de trabalhadores no regime formal de trabalho, não houve mudanças profundas no nível de remuneração desses novos segmentos. A elevação do custo do trabalho, que os conservadores diziam ser inevitável, também não ocorreu, mesmo com os adicionais sobre o salário de base (contribuições sociais e direitos trabalhistas) trazidos pela formalização das relações de emprego. O arrocho do valor do mínimo e a maior flexibilidade para contratação e demissão da mão-de-obra conseguiram afastar as políticas



Getúlio Vargas instituiu o salário-mínimo em 1940

trabalhistas do compromisso de melhoria das condições de vida dos trabalhadores.

No período 1975-1982, a média anual do mínimo foi, pela primeira vez desde 1940, inferior à renda *per capita*. A queda prosseguiu no período seguinte (1982-1999), quando o mínimo anual passou a representar apenas, em média, 50% das necessidades mínimas do trabalhador e 16% do custo familiar. Seu valor real só cresceu em alguns locais, graças à redução dos níveis do mínimo no país: de 17 diferentes nos anos 60 para cinco nos anos 70 e um a partir de maio de 1984. Assim, enquanto o poder de compra do mínimo caiu 48% em São Paulo, entre 1960 e 1984, aumentou 2,4% na Bahia, no mesmo período.



Evolução das relações do salário-mínimo (média anual) com o produto interno bruto (PIB) per capita e com o salário médio na indústria de transformação

Mesmo nos anos do 'milagre econômico' (1968-1973), quando houve expansão significativa do emprego e do produto, o poder aquisitivo médio do mínimo nacional continuou caindo. O fato, de certa forma, confirma que essa queda, iniciada em 1964, não aconteceu por razão econômica. Ainda hoje, porém, os conservadores utilizam argumentos de natureza econômica para evitar a elevação real do salário de base.

O mínimo nos anos 90

Nos anos 90, o fim da política salarial e a maior desregulamentação do mercado de trabalho esvaziaram ainda mais a política de salário-mínimo, levando ao seu menor poder aquisitivo desde sua criação. Embora distante de seus objetivos, o mínimo, por ser a remuneração de ingresso no mercado de trabalho organizado e a base da hierarquia salarial de grande parte das empresas, ainda é uma referência de salário de empregados secundários (não-chefes de família, mulheres e jovens), de empregos com alguma qualificação no início da carreira e, sobretudo, de trabalhadores (chefes de família) sem qualificação.

Em 1998, 14,9 milhões de brasileiros tinham remuneração mensal até o salário-mínimo, o que representa 21,3% dos 70 milhões de trabalhadores com rendimentos. Desses 14,9 milhões, 7,8 milhões (52,3%) eram homens e 7,1 milhões (47,7%) eram mulheres. Além disso, 10,6 milhões (71,1%) viviam nas cidades e 4,3 milhões

(28,9%) na área rural. No mesmo conjunto, 2 milhões (13,4%) atuavam na indústria, 1,6 milhão (10,6%) no comércio, 6,6 milhões (44,2%) em serviços privados, 442 mil (2,9%) no serviço público e 4,3 milhões (28,9%) no setor agrícola. O Nordeste concentrava mais da metade dos trabalhadores com salário-mínimo no Brasil em 1998, seguido pelo Sudeste, com quase 25% do total, e pelo Sul, com 11,3%.

Dados oficiais revelam ainda que o salário-mínimo é mais comum entre mulheres sem carteira assinada, sobretudo no emprego doméstico, onde 76% dos 5 milhões de postos de trabalhos são informais. No setor público também é maior a participação relativa da mulher nos empregos de menor salário. O nível de instrução também está ligado à remuneração: dos 14,9 milhões que recebiam o mínimo em 1998, 7 milhões (47%) tinham até três anos de escolaridade.

O Brasil, ao contrário de outras economias que avançaram no seu processo de industrialização, continuou sendo um país de baixos salários. A permanência de um imenso contingente de trabalhadores ganhando tão pouco não pode ser atribuída ao fator econômico, já que entre 1940 e 1999 a renda *per capita* multiplicou-se quase cinco vezes, enquanto o valor do mínimo (em relação a essa renda) vem caindo desde os anos 60. O mínimo anual, que chegou a 2,7 vezes a renda por brasileiro em 1957, caiu para

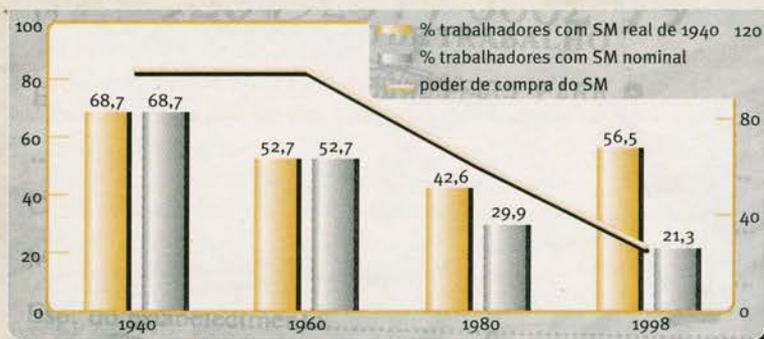
apenas 28% dela em 1999. Da mesma forma, depois de representar quase 90% do salário médio na indústria de transformação nos anos 50, a participação do mínimo diminuiu para 40% no final dos anos 70 e para apenas 16% em 1999.

Vale salientar que a derrota imposta em 1964 à política ativa de salário-mínimo (como sustentação de renda dos trabalhadores de salário de base) foi mantida, apesar do retorno ao regime democrático em 1985. Assim, o fator político ganha maior peso na discussão sobre as razões dos baixos salários e da péssima distribuição de renda.

Isso acontece no momento em que a experiência internacional do salário-mínimo revela o papel destacado que este desempenha na regulação econômica e social. Além de garantir uma base de remuneração para a força de trabalho, é também um instrumento essencial na distribuição da renda, na limitação da desigualdade de renda e na proteção dos trabalhadores com pouco poder de negociação com os patrões. Após o vendaval das teses neoliberais nas economias desenvolvidas, voltou a ser reconhecida a importância do salário-mínimo como medida justa de luta contra as desigualdades que se elevaram.

No Brasil, porém, tais idéias parecem não ter espaço, o que pode ser constatado quando se compara, por exemplo, a relação do valor do mínimo anual com a renda *per capita* em diferentes países. Em 1999, entre os países ricos, os Estados Unidos eram o exemplo do limite inferior do mínimo (39% da renda *per capita*) e a Dinamarca o do limite superior (66%). Entre países não desenvolvidos, os dados disponíveis para o mesmo ano põem o Egito (mínimo equivalente a 66% da renda *per capita*) no alto da lista e o Brasil (28%) no lugar mais baixo – situação agravada quando se sabe que a renda

Evolução da quantidade de trabalhadores de salário-mínimo real (valor equivalente ao mínimo de 1940) e nominal (valor atual do mínimo)

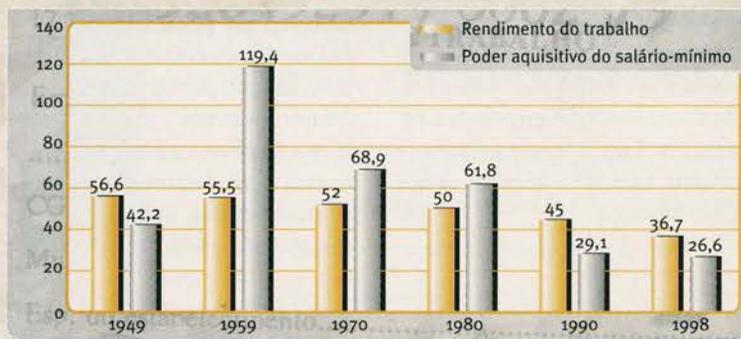


per capita do Brasil é maior que a de muitos países da lista, inclusive o Egito. Não pode causar espanto, assim, o fato de o país ser conhecido internacionalmente pelas enormes diferenças de rendimentos entre os ocupados.

Recuperação é fundamental

Durante os anos 90, a evolução do mínimo real foi negativa. Estima-se em 36,2% a perda de poder aquisitivo acumulada entre 1989 e 1999, o que se refletiu, em maior ou menor grau, sobre outras variáveis socioeconômicas. A queda do valor real do mínimo pode ser associada, por exemplo, ao aumento da desigualdade de renda e à redução dos níveis de emprego. O número de pobres teve aumento relativo entre 1990 e 1993 e entre 1996 e 1999, mas queda de 1994 a 1996. Acompanhando tal variação, o poder de compra do mínimo manteve-se quase inalterado nessa fase de redução da pobreza e caiu acentuadamente quando a desigualdade cresceu. Quanto ao emprego, os registros indicam que, de 1989 a 1999, o índice de desemprego nacional aumentou 3,5 vezes, enquanto o salário-mínimo acumulou uma perda real de 36,2%.

A Constituição de 1988 determina que o salário-mínimo – apenas um em todo o país – seja capaz de atender às necessidades do trabalhador e de sua família com moradia, alimentação, educação, saúde, lazer, vestuário, higiene, transporte e previdência social, com reajustes periódicos que preservem seu poder aquisitivo. Não há dúvidas, porém, de que tais normas não são cumpridas. O mínimo é suficiente para atender ao consumo de 13 alimentos básicos para uma pessoa, mas não para a alimentação de uma família e para as demais despesas que a Constituição define. Em São Paulo, por exemplo, o valor de uma cesta básica com 13 alimentos equivaleu



Evolução da participação do rendimento do trabalho na renda nacional e do poder aquisitivo do salário-mínimo (100=1940)

em 1999 a quase 86% do salário-mínimo líquido.

Diante dessa triste realidade, a recuperação do mínimo é urgente e fundamental para grande parcela da população brasileira. São 27,5 milhões de pessoas envolvidas diretamente com esse nível de remuneração: 14,9 milhões de trabalhadores ativos (1,9 milhão com carteira assinada) e 12,6 milhões de aposentados e pensionistas. Como a imensa maioria dos trabalhadores ativos atua no setor privado (14,5 milhões, ou 97,4%), erra o foco quem acredita que a resistência ao aumento do salário de base situa-se no setor público (onde atuam 380 mil, ou 2,6% desse segmento).

Para a definição governamental, no entanto, interessa avaliar a repercussão do mínimo para os trabalhadores inativos e, com base nisso, justificar a permanência de valores restringidos para o piso nacional, ao contrário do que ocorre com o valor do teto de remuneração do setor público. Além da permanência do poder aquisitivo do mínimo, não há uma política de recuperação de médio e longo prazos, o que retira a capacidade de atuação mais relevante da remuneração de base no combate à pobreza, à desigualdade e à má distribuição da renda nacional.

Cabe ressaltar que o objetivo da política de salário-mínimo é contrabalançar as tendências do mercado de trabalho que geram menores salários e maior desigualdade de renda. Como visto, junto com a

redução do valor do mínimo vem o aumento da pobreza, da desigualdade de renda, da informalidade e do desemprego. Ao contrário do que muitas vezes se difunde no país, a elevação real do mínimo pode atuar contra o desemprego, favorecer a expansão do emprego formal e diminuir a desigualdade.

O Brasil pode pagar salário-mínimo maior. Já pagou no passado recente, quando a economia era menos eficiente e competitiva. Para os trabalhadores ativos, um maior salário-mínimo real não significa apenas custo (visão estática), mas sobretudo renda (visão dinâmica) e, portanto, consumo. Como o consumo da população brasileira é formado de baixos salários, representando cerca de 82% do produto interno bruto, a melhoria no valor real do mínimo nacional não só impulsionaria o crescimento econômico como mudaria o atual modelo econômico, pela valorização da produção e do emprego e pela redução da absurda concentração de renda. Se o mínimo continuar achatado será certamente porque outros interesses políticos continuam se sobrepondo aos demais e impedindo sua recuperação.

Marcio Pochmann

Centro de Estudos Sindicais e de Economia do Trabalho, Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas

Mais botânica

Sou estudante universitária de biologia e tive o privilégio de ler a edição de novembro. Considerei-a espetacular. É por isso que gostaria de dar uma sugestão: abordar temas sobre botânica.

ADRIANE BRANDÃO
RIO DE JANEIRO, RJ

Uma crítica ao Nobel

Todos os anos, é grande a expectativa de ler na *CH* as reportagens sobre o Nobel. Afinal, estaremos diante de comentários sérios, profundos e profissionais, e não do sensacionalismo ingênuo da mídia. Entretanto, é interessante notar que o Nobel, nas áreas científicas, tem a tendência de premiar trabalhos que digam respeito à natureza microscópica. O universo, os sistemas, as interações ecológicas não têm tido vez nos últimos anos. A continuar essa tendência, não ser indicado para o Nobel não significará que um pesquisador carece de importância, mas apenas que a área em que atua não é 'nobelizável'.

DARIO PALHARES
BRASÍLIA, DF

Biomagnetismo

Agradeço à *CH* pela publicação de artigos sobre biomagnetismo, assunto desconhecido da maioria das pessoas que, como eu, tem pouco acesso a essas pesquisas, difundidas apenas no meio científico.

LUCIANO BONFIM DE OLIVEIRA
RIOLÂNDIA, SP

Correções

▶ A antiga estimativa para a divergência evolutiva das duas espécies existentes de chimpanzés (comum e pigmeu) era de 2,5 milhões de anos — e não "bilhões", como diz a nota 'Mais diversidade em chimpanzés' (*CH* 157, p. 16). A nota trata dos estudos que reduziram essa estimativa para 930 mil anos.

Cultivo de pele humana

Parabenizo-os pela matéria 'Laboratório da UFRJ cultiva pele humana'. É muito importante para nós, brasileiros, sabermos dos avanços de nossa ciência e darmos valor ao que nossos cientistas, e não os estrangeiros, estão fazendo.

RAPHAEL FERREIRA
PADRE EUSTÁQUIO, MG

CH nas escolas

Gostaria de parabenizá-los pela qualidade e continuidade de sua revista. O Brasil precisa disseminar o conhecimento científico, função que a *CH* faz com tanto carinho e esforço. Se essa revista chegar às escolas estaduais, para conhecimento e uso dos alunos e professores, será um sucesso.

JAIME H. ALBARRÁN
POR E-MAIL

✉ *Visando divulgar a ciência nas escolas de segundo grau, a CH vem tentando firmar convênios com alguns governos estaduais.*

Área de Porto Alegre

Gostaria de dar os parabéns pela excelente revista que nos é apresentada todos os meses. Tenho contato com ela desde o nº 28, inicialmente comprando em bancas e depois através de assinatura. É uma alegria muito grande ver um trabalho de qualidade sendo levado a cabo em nosso país. Quero fazer uma pequena correção na matéria 'Embaixadores da natureza em Ponto Alegre' (*CH* nº 158). A área total do município de Porto Alegre é de 476,3 km², e não 47.630 km, como foi publicado (p. 49). Esse dado foi retirado do *Atlas Ambiental de Porto Alegre*, obra importante sobre a capital gaúcha realizada em conjunto pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Prefeitura Municipal de Porto Alegre e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

JOSÉ PEDRO MOURA DOS SANTOS
MACAÉ/RJ

Ficção científica

A edição de fevereiro de *CH* contém um anúncio com a seguinte manchete: "Quer conhecer os limites da ficção científica e da realidade? Leia e assinhe *Ciência Hoje*." Do jeito que está parece que o gênero ficção científica ganha espaço nas páginas da revista. Gostaria de sugerir, então, um espaço para a ficção científica dentro da prestigiosa *CH*.

MARCELLO SIMÃO BRANCO
EDITOR DAS PUBLICAÇÕES
ANO LUZE MEGALON
POR E-MAIL

✉ *CH manteve, entre os números 130 e 148, uma seção dedicada à ficção científica, mas limitações de espaço e de custo impediram sua continuidade.*

Termos difíceis

Apesar de as matérias apresentadas serem interessantes, claras e objetivas, algumas vezes, deparei com termos e/ou expressões comuns em jargões técnicos, que dificultam a leitura e até mesmo o entendimento de alguns trechos, forçando-me a buscar fontes diversas para me familiarizar com eles. Como sou estudante universitário, é fácil para mim obter essas informações extras. Porém, leitores menos afortunados que se interessam por matérias científicas podem não entender certas passagens e até considerar a leitura difícil e tediosa. Por isso, gostaria de pedir que, quando for imprescindível o uso de tais termos, eles fossem explicados através de um glossário ou de uma caixa de texto apropriada.

RICARDO R. FREITAS
POR E-MAIL

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

E-MAIL:
chojered@sbcpcnet.org.br

A PETROBRAS ESTÁ ENVOLVIDA
NA CRIAÇÃO DE UM
NOVO CENTRO CULTURAL.
ELE TEM 8 MILHÕES



DE QUILÔMETROS QUADRADOS E CAPACIDADE PARA
MAIS DE 150 MILHÕES DE
PESSOAS. JÁ TEM ATÉ UM NOME:



BRASIL.



A cultura é a identidade de um país. Sabendo disso, a Petrobras investe na construção do patrimônio cultural brasileiro através do patrocínio de exposições, festivais de cinema, restaurações, projetos literários e musicais. É a Petrobras acreditando na cultura, uma das maiores riquezas que um país pode ter.



PETROBRAS

www.petrobras.com.br

>>> O MELHOR ATENDIMENTO 24 HORAS
SÓ TEM QUEM ASSINA UOL.

 **UOL**
O melhor da internet.
www.uol.com.br



ALMAY/BBDO

