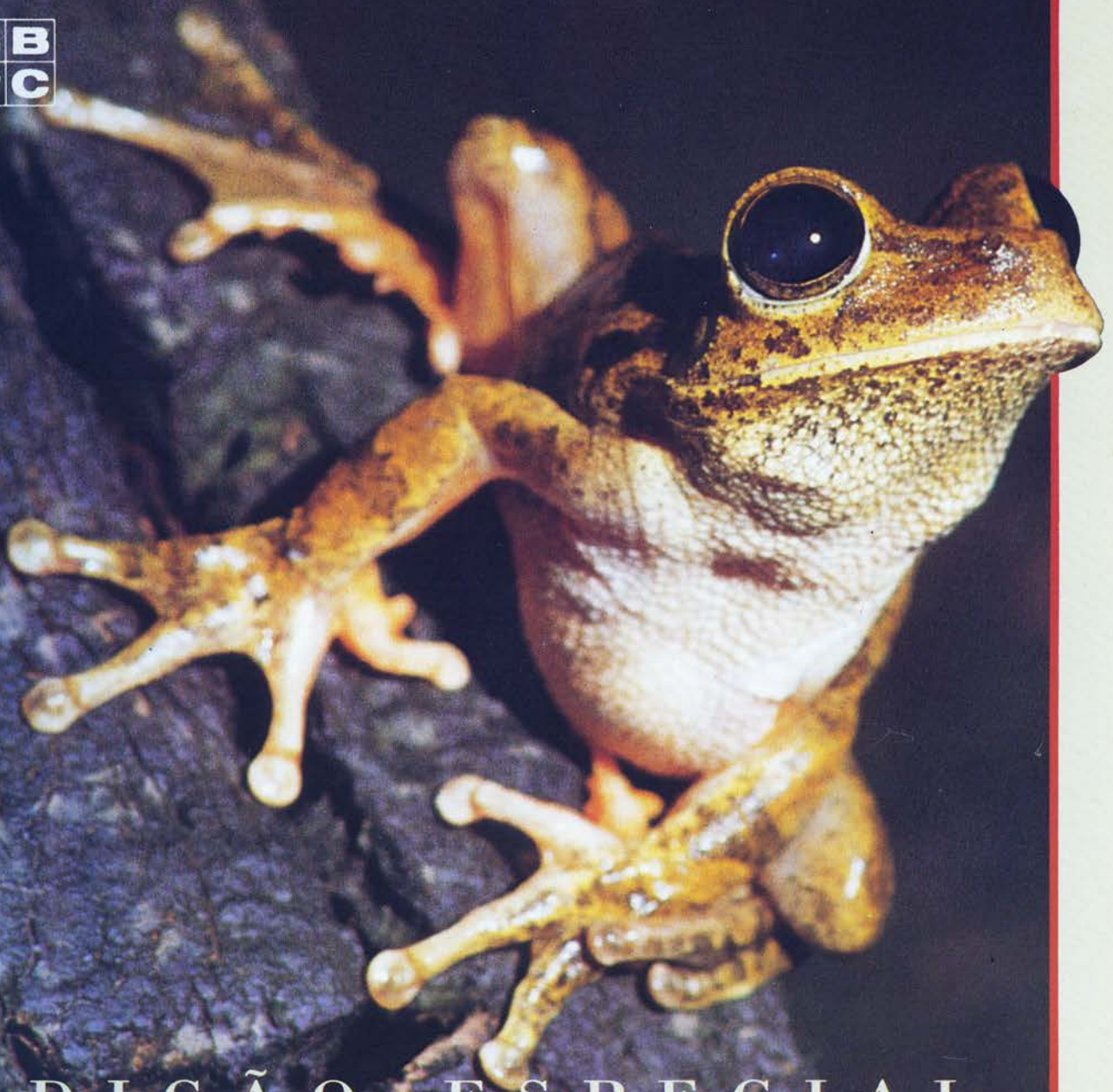


CIÊNCIAHOJE

REVISTA DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA VOL. 14 Nº 81 MAIO/JUNHO DE 1992 Cr\$ 11.000,00

SB
PC



EDIÇÃO ESPECIAL
MEIO AMBIENTE

**AJUDE A CONSERVAR O MAIS IMPORTANTE
RECURSO NATURAL RENOVÁVEL DO BRASIL:**

A BIODIVERSIDADE

- ▶ A **CONSERVATION INTERNATIONAL** é uma organização privada, sem fins lucrativos, com atuação em mais de 20 países, especialmente em ecossistemas de alta biodiversidade e sob ameaça iminente de destruição. A principal missão da organização é integrar a conservação da diversidade biológica aos esforços que propiciem melhores condições de vida para o homem, demonstrando a viabilidade de um novo modelo de desenvolvimento sustentado.
- ▶ O Programa do Brasil da **CONSERVATION INTERNATIONAL** tem se desenvolvido em colaboração com diversas organizações brasileiras dedicadas à conservação e ao uso sustentado da biodiversidade. Todas as parceiras nacionais possuem corpo técnico qualificado e extrema dedicação à sua missão. No entanto, além do suporte internacional, necessitam do constante apoio dos diversos setores da sociedade brasileira para manter e ampliar o escopo de seus projetos.
- ▶ Para obter informações sobre como você ou sua empresa podem contribuir para conservar o maior patrimônio do Brasil — a biodiversidade —, entre em contato com qualquer de nossas principais parceiras nacionais:

CHAPADA DOS GUIMARÃES, MT — FOTO DE RUSSELL MITTERMEIER

FUNDAÇÃO BIODIVERSITAS

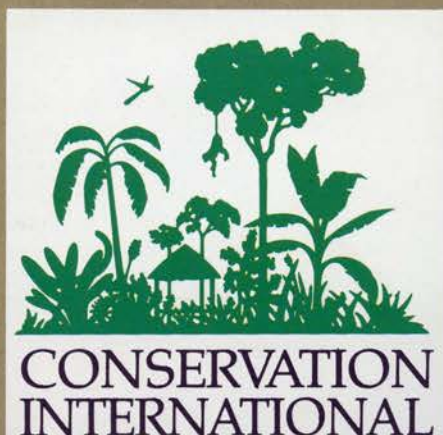
Rua Maria Vaz de Melo, 72 - Belo Horizonte, MG
- CEP 31250 - tel.: (031) 443-2119 - fax (031) 441-7037

FUNDAÇÃO NACIONAL DE AÇÃO ECOLÓGICA

Av. Brigadeiro Luiz Antônio, 4442 - São Paulo, SP
- CEP 01402 - tel.: (011) 813-7388 - fax (011) 212-2495

FUNDAÇÃO PRÓ-NATUREZA - FUNATURA

SCLN 107 Ed. Gemini Center II - Bloco B - Sala
201/213 - Brasília, DF - Caixa Postal 020186 -
Brasília, DF - CEP 70743 - tel.: (061) 274 - 5449 -
fax (061) 274-5324



CONSERVATION INTERNATIONAL DO BRASIL
R. Bueno Brandão, 393 - Belo Horizonte, MG -
CEP 31010

FUNDAÇÃO ECOTRÓPICA

Rua 38 nº 365 - Bairro Boa Esperança - Cuiabá,
MT - CEP 68000 - tel.: (065) 661-1619 -
fax (065) 661-1615

SOCIEDADE DE PESQUISA EM VIDA SELVAGEM E EDUCAÇÃO AMBIENTAL

Rua Gutemberg, 345 - Curitiba, PR - tel.: e
fax: (041) 222-3425

FUNDAÇÃO VITÓRIA AMAZÔNICA

Av. Darcy Vargas, 520 - Manaus, AM - CEP 69050
- tel.: (092) 642-1336 - fax: (096) 236-3257

UM FUTURO POUCO COMUM

Os Estados Unidos e outras potências centrais, ao se recusarem a assinar a Convenção sobre Biodiversidade, negociada em Nairobi, tornam evidentes os interesses e os conflitos que impedem a construção de um futuro comum para as espécies e ambientes de nosso planeta.

Os países do Hemisfério Sul ocupam regiões tropicais e abrigam em seus territórios a grande maioria das espécies vivas. Mas não controlam os instrumentos da biotecnologia para explorar esses recursos naturais.

Os países do Norte controlam estas tecnologias. Mas pouco proveito podem tirar delas se não tiverem acesso aos bancos genéticos tropicais e sub-tropicais.

A Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, no Rio de Janeiro, coloca frente a frente interesses e poderes de decisão absolutamente desiguais.

Os países centrais desejam que o material genético seja patrimônio de fácil acesso e que as tecnologias necessárias à sua manipulação sejam patrimônio de empresas especializadas.

Essa inversão de valores decorre do modo de exploração e apropriação da natureza e do conhecimento que responde a interesses muito particulares.

De fato, os ecossistemas que produzem ampla variedade de seres vivos, plantas e animais, são pouco conhecidos, enquanto as tecnologias de manipulação dos organismos vivos foram desenvolvidas recentemente, a partir do conhecimento acumulado em séculos de pesquisa científica. É princípio elementar da ética científica divulgar os resultados considerados patrimônio comum da humanidade.

Justificam-se, portanto, do ponto de vista científico, maior valorização dos ecossistemas complexos e maior investimento de recursos e pesquisas para o seu conhecimento e conservação.

A preservação dos manguezais das costas oceânicas tropicais não é apenas de interesse do país que os abriga, mas de toda a comunidade internacional. O que está ameaçado de extinção é todo um ecossistema específico, rico em nutrientes, onde se reproduzem inúmeras espécies marinhas.

O que é mais importante proteger? os manguezais ou os investimentos em tecnologias biológicas?

Uns e outros deveriam enriquecer os patrimônios de conhecimentos e técnicas à disposição da humanidade para combater a fome e as doenças e gerar desenvolvimento em todos os países.

Mas, a ordem econômica mundial é outra. Os ecossistemas complexos não ocupam o mesmo lugar das tecnologias e do direito de patentes que se alastra sob pressão dos mais fortes.

A proteção à propriedade intelectual ou industrial deve atender aos interesses econômicos de cada nação. Assim foi tratado por todos os países. A Alemanha, apenas nos anos 30, quando sua indústria química já existia há 100 anos, reconheceu o sistema de patentes. Outros países europeus reconheceram patentes químicas ou farmacêuticas muitos anos mais tarde, após estabelecerem indústrias próprias com interesse nesse tipo de proteção.

Hoje, portanto, é legítimo que países, detentores de bancos genéticos importantes, se protejam da pilhagem e da desvalorização imposta pelo sistema econômico dominante.

A recusa em assinar os compromissos de cooperação científica e conservação ambiental apenas confirma a suspeita de que o meio ambiente e o futuro comum são apenas figuras retóricas no discurso político.

A própria Convenção sobre Mudanças Climáticas sugere que a competitividade industrial dos países centrais e seus interesses econômicos situam-se acima das preocupações ambientais. Os danos ambientais e a reciclagem dos resíduos não são incluídos no cálculo dos custos de um produto. Estes custos são socializados, como todos os da degradação ambiental.

A recuperação do ambiente é objeto de extenso programa na Conferência das Nações Unidas, a Agenda 21. Mas a fonte dos recursos para financiá-lo ainda está indefinida. Seu custo está em torno de US\$ 120 bilhões por ano. Menos de 1% do PIB dos países centrais. A maioria dos programas deveria ocorrer em regiões do Hemisfério Sul, em áreas tropicais. Considerando que os países do Sul transferem para o Norte nada menos de US\$ 40 bilhões por ano, em recursos líquidos, não é difícil concluir que um sistema menos predatório de financiamento e trocas possibilitaria reduzir os índices de pobreza na região e investir na conservação do meio ambiente.

Indicador significativo é o saldo das transferências da América Latina para os bancos de desenvolvimento (!), como o Banco Mundial e o Banco Interamericano, que, sempre negativos, passaram de US\$ 500 milhões, em 1987, para 600, 1100 e 1300, nos anos seguintes. No Brasil, o financiamento à ciência e à universidade, no mesmo período, caiu em proporções semelhantes.

Uma Conferência preocupada com o meio ambiente e o desenvolvimento deveria concentrar seus esforços em equacionar estas distorções, reequilibrando o fluxo dos recursos e investimentos ou, pelo menos, evitando que as diferenças se acentuem, o que certamente ocorrerá se os países do Sul forem obrigados a reconhecer o sistema de patentes e propriedade intelectual, como já se verifica.

Não sendo possível reordenar mercados e valores econômicos, a Conferência poderá lançar as bases para que estes aspectos centrais da questão ganhem o devido destaque nas mobilizações e denúncias das associações comunitárias e das sociedades científicas.

A própria análise dos problemas de meio ambiente não abordados na Conferência mostra a dimensão das diferenças e obstáculos que deverão ser encontrados no futuro por todos aqueles que se empenharem nas batalhas pelo conhecimento e pelo meio ambiente.

A questão nuclear por décadas ameaçou a sobrevivência da espécie humana e continua sendo um perigo com os arsenais ainda não desativados e as explosões ainda não proibidas. O crescimento da população do planeta, a preservação dos monumentos e arquivos históricos, a saúde, o uso e a exploração do espaço cósmico são temas que nos próximos anos deverão ser abordados no contexto da preservação do ambiente e desenvolvimento.

Os abusos do poder econômico, as contaminações e as devastações deverão exigir mobilização, consciência e informação para serem combatidos e as populações, protegidas.

Mas, acima de tudo, será imprescindível uma visão histórica e humanista, capaz de evitar soluções imediatistas, que não levem em conta a necessidade de superar as alarmantes desigualdades sociais em nível planetário, e de assegurar, para as gerações de hoje e de amanhã, o livre acesso às conquistas do conhecimento.



23



39



64

EDITORIAL

1

UM MUNDO DE CIÊNCIA

5

A preocupação com a extinção em massa de espécies coloca os conservacionistas do mundo inteiro diante de dois problemas: a confiabilidade dos dados e a definição das verdadeiras soluções para a crise ambiental, muitas vezes em oposição a interesses poderosos. Por Rui Cerqueira.

RESENHA

8

Coastal Plant Communities of Latin America, editado por Ulrich Seeliger, da Universidade do Rio Grande, reúne pesquisadores de primeira linha e dados originais sobre a vegetação costeira latino-americana. Por Luiz Drude Lacerda.

Plant-Animal Interactions, publicado por uma das maiores editoras de livros científicos do mundo, reúne trabalhos de pesquisadores brasileiros e estrangeiros sobre ecossistemas das zonas tropicais e temperada. Por Ricardo Iglesias Rios.

OPINIÃO

12

Para o geólogo Iran F. Machado, o Brasil se acha num estágio de evolução econômica em que a mineração precisa ser desenvolvida em termos de competitividade internacional, mas respeitando-se a legislação ambiental.

Através da criação de reservas extrativistas, já iniciada no estado do Acre, é possível tornar a floresta amazônica auto-sustentável e, deste modo, deter a sua devastação. Por Philip M. Fearnside.

ARTIGOS

O PAÍS DA MEGADIVERSIDADE

20

Russell A. Mittermeier, Timothy Werner, José Márcio Ayres e Gustavo A. B. da Fonseca

A maior riqueza brasileira consiste no maior número de espécies de organismos vegetais e animais do planeta. Essa realidade deve levar o país a exercer um papel de vanguarda na política de conservação e utilização racional dos recursos naturais.

CIÊNCIA E AVENTURA: A POROROCA VISTA DE PERTO

28

Hélder O. Ferreira e Björn Kjerfve

Para entender melhor um fenômeno que desperta muita curiosidade mas tem sido objeto de raras pesquisas experimentais, os autores viajaram até o rio Mearim, no Maranhão, onde reuniram dados importantes e viveram inesperada aventura.

O HOMEM E A PRESERVAÇÃO DA NATUREZA

34

Adélia Engrácia de Oliveira

Populações indígenas e caboclas na Amazônia desenvolvem há séculos conhecimentos preciosos para a construção de uma ciência da preservação da natureza. Porém essa tradição de conhecimento, de práticas e de estratégias de sobrevivência pode estar se perdendo.

A RADIOATIVIDADE ATMOSFÉRICA NATURAL

42

Enio Bueno Pereira

Pesquisas realizadas em todo o mundo, inclusive no Brasil, indicam que é necessário conhecer melhor a radioatividade ambiental, em especial a produzida na atmosfera pelo gás radônio, por seus efeitos sobre os seres vivos.

O DESAFIO DA EXPLORAÇÃO SUSTENTADA 52

Christopher Uhl, Adalberto Veríssimo, Paulo Barreto, Marli Matos e Ricardo Tarifa

Neste artigo, seus autores revisam a história da utilização predatória dos recursos naturais em Paragominas, na Amazônia Oriental, e avaliam as perspectivas de um desenvolvimento sustentado para a região.

VARIAÇÃO RELATIVA DO NÍVEL DO MAR 60

B. Kjerfve e Luiz Drude Lacerda

As previsões sobre a elevação do nível global dos oceanos no próximo século têm suscitado vivo debate. A nível regional, entretanto, o fenômeno pode ser medido, estudado e controlado, antes de afetar irreversivelmente ecossistemas costeiros.

TERREMOTOS INDUZIDOS PELO HOMEM 66

José Alberto Vivas Veloso

Resultados de pesquisas na área de geofísica indicam que a construção de lagos artificiais e barragens de grande porte, quando não é precedida por minuciosos estudos geológicos e adequadamente monitorada, pode significar um perigo potencial.

CARRAGENANAS: ALGAS POLIVALENTES 72

Eurico C. de Oliveira, Mariana C. de Oliveira, Rosa M. Saito e Gracinda M. C. Garófalo

Extraídas de algas, as carragenanas têm ampla utilização na indústria alimentícia, entre outras. No Brasil, biólogos e químicos investem na identificação e aproveitamento do potencial de algas do nosso litoral, visando a substituir as importações.

UMA HISTÓRIA DA CAÇA À BALEIA 78

Liliane Lodi

À medida que se multiplicam, na região dos Abrolhos, na Bahia, os sinais de recuperação populacional das baleias jubarte — *Megaptera novaeangliae* —, começa a vir à tona a longa história da caça à baleia nas proximidades do porto de Caravelas.

É BOM SABER 85

A Rio-92 exigirá o aprofundamento de alguns de seus significados: o fortalecimento da intervenção da sociedade civil e a consagração do meio ambiente como fator de negociação econômica. Por Fábio Feldmann.

O sanitarista Ysnard M. Ennes critica a concepção de saneamento básico formulada pelos governos militares, até hoje em vigor, e alerta para os riscos de expansão da cólera e outras doenças que resultam da falta de uma política sanitária eficiente.

O Simpósio Internacional sobre Ecologia e Agricultura Sustentável nos Trópicos debateu biodiversidade, reflorestamento, bioenergia, entre outros. Suas recomendações devem ser encaminhadas à representação do governo brasileiro na Rio-92.

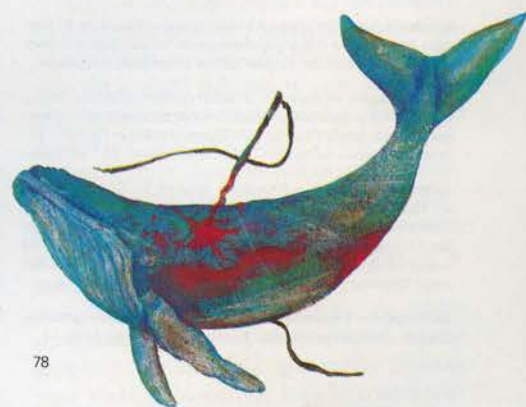
Comparando os temas abordados hoje pela pesquisa em química ambiental e os de dez anos atrás, constata-se o desenvolvimento de metodologias aplicadas a problemas bem definidos. Por Jailson B. de Andrade.

Para promover uma concepção de desenvolvimento aliado à proteção ao meio ambiente, os brasileiros precisam substituir seu imediatismo ilusório por uma visão prospectiva. Quem o diz é Carlos Chagas Filho, entrevistado por Alicia Ivanissevich.

Existe, em Roraima, um aspecto curioso e pouco conhecido da paisagem brasileira: os tepuis, entre os quais o do Tepequém, hoje em avançado estado de destruição, em decorrência da garimpagem de diamantes. Por Reinaldo Imbrózio Barbosa.



73



78



CAPA *Hyla crepitans*,
foto Luiz Claudio Marigo.

Publicada mensalmente sob a responsabilidade da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência.

Secretaria: Av. Venceslau Brás, 71, fundos, casa 27, Rio de Janeiro, CEP 22290, tels.: (021) 295-4846. Fax: (021) 541-5342.

Editores: Darcy Fontoura de Almeida (Instituto de Biofísica/UFRRJ), Ennio Candotti (Instituto de Física/UFRRJ), Alberto Passos Guimarães Filho (Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas/CNPq) e José Murilo de Carvalho (Instituto Universitário de Pesquisas/RJ); editor convidado, Ildeu de Castro Moreira (Instituto de Física/UFRRJ).

Editor convidado: Luiz Drude de Lacerda (Instituto de Química - UFF).

Conselho Editorial: Alzira de Abreu (Centro de Pesquisa e Documentação em História Contemporânea do Brasil/FGV), Ângelo Barbosa Machado (Instituto de Ciências Biológicas/UFMG), Carlos Morel (Fundação Oswaldo Cruz), José C. Maia (Instituto de Química/USP), Luiz Bevilacqua (Coppe/UFRRJ), Otávio Velho (Museu Nacional/UFRRJ), Reinaldo Guimarães (Sub-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa/UFRRJ), Roberto Lent (Instituto de Biofísica/UFRRJ), Sonia de Campos Dietrich (Instituto de Botânica/SP).

Diretor: José Monserrat Filho.

Secretaria de Redação: Cilene Vieira (editora associada); Soraya Araújo (secretária); Maria Ignez Duque Estrada (editora de texto); Regina C. Ferreira (coord. de revisão); Cássio Leite Vieira (jornalismo); Luisa Massarani (repórter); Micheline Nussenzeig (setor internacional).

Edição de Arte: Christiane Abbade, Claudia Fleury da R. Borges e Ana Claudia Ribeiro (programação visual); Selma Azevedo e Carlos Henrique V. dos Santos (desenho e arte-final).

Administração: Adalgisa M. S. Bahri (gerente interino), Neuza Maria de Oliveira Soares, Neuza Luisa de S. Soares, Ailton Borges da Silva, Marly Onorato, Guilherme Frederico da Silva, Ernesto P. Pereira, Adherbal C. Ferreira, Antonio H. Cantisano.

Assinatura, Circulação e Expedição: Adalgisa M. S. Bahri (gerente), Maria Lucia da G. Pereira, Moisés V. dos Santos, Luciene dos Santos Azevedo, Pedro Paulo de Souza, Daniel Vieira dos Santos, Delson Freitas, Orlando J. dos Santos Nunes, Jorge Noé Lopes Carmo, Márcia Cristina Gonçalves da Silva, Manoel Antonio Grozima Aguiar; tel.: (021) 270-0548.

Departamento Comercial: Álvaro Roberto S. Moraes (gerente); Irani F. Araújo (secretária); Francisco Rodrigues Neto.

Colaboraram neste número: Sheila Kaplan, Marília Martins e Ricardo Menandro (edição de texto); Marcelo Augusto, Ailton Rodrigues de Oliveira, Leila Pimenta e Vilma Homero (revisão); Luiz Fernando P. Dias (análise de sistemas); Marta Rodrigues (diagramação); Luiz Baltar (arte-final).

Conselho Científico: Antônio Barros de Castro (Faculdade de Economia e Administração/UFRRJ), Antônio Barros de Ulhoa Cintra (Hospital das Clínicas/USP), B. Boris Vargaftig (Instituto Pasteur/França), Carlos Chagas Filho (Instituto de Biofísica/UFRRJ), Carlos M. Morel (Fundação Oswaldo Cruz), Carolina Bori (Instituto de Psicologia/USP), Crodovaldo Pavan (Instituto de Biologia/Unicamp), Dalmo Dallari (Faculdade de Direito/USP), Darcy Ribeiro (Instituto de Filosofia e Ciências Sociais/UFRRJ), Elisaldo Carlini (Departamento de Psicobiologia/EMP), Fernando Gallembeck (Instituto de Química/Unicamp), Francisco Welfort (Faculdade de Filosofia/USP), Gilberto Velho (Museu Nacional/UFRRJ), Herbert Schubart (Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia), Herman Lent (Departamento de Biologia/Universidade Santa Úrsula), João Steiner (Instituto de Pesquisas Espaciais), José Antônio Freitas Pacheco (Instituto Astronômico e Geofísico/USP), José Goldenberg (Instituto de Física/USP), José Reis (SBPC), José R. do Valle (Departamento de Farmacologia/EPM), José Lourenço (Instituto de Geociências/UFPA), Leopoldo Nachbin (Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas/CNPq), Luis de Castro Martins (Laboratório Nacional de Computação Científica/CNPq), Maurício Mattos Peixoto (Academia Brasileira de Ciências), Miguel Covian (Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/USP), H. Moyses Nussenzeig (Departamento de Física/PUC-RJ), Newton Freire-Maia (Departamento de Genética/UFRRJ), Oscar Sala (Instituto de Física/USP), Osvaldo Porchat Pereira (Centro de Lógica/Unicamp), Otávio E. A. de Brito (Instituto de Geociências/UFMG), Pedro Malan (Departamento de Economia/PUC-RJ), Ricardo Ferreira (Departamento de Química Fundamental/UFPE), Sylvio Ferraz Mello (Instituto Astronômico e Geofísico/USP), Telmo S. Araújo (Departamento de Engenharia Elétrica/UFPPB), Warwick E. Kerr (Univ. Fed. de Uberlândia/MG).

Sucursal Belo Horizonte: Ângelo B. Machado, Roberto Barros de Carvalho, Marise Muniz — Depto. de Zoologia, Instituto de Ciência Biológica/UFMG, C. Postal 2486, CEP 31160, Belo Horizonte, MG, tel.: (031) 443-5346, fax (061) 224-7147

Sucursal Brasília: Margareth Marmori, Rosemar Bertelli (secretária) e Ana Beatriz Magno (estagiária), ICC, Ala Sul, bloco A, sobrelaje sala 213, Campus Universitário, UnB, C.P. 04323, CEP 70919, Brasília, DF, tel.: (061) 273-4780; fax (061) 224-7147.

Sucursal Recife: Luiz Antonio Marcusch, Angela Weber — Av. Luís Freire s/nº, CCN, Área II, Cidade Universitária, CEP 50739, Recife, PE, tel.: (081) 271-2211, r. 2468/2469.

Sucursal São Paulo: José Carlos C. Maia, Vera Rita Costa, Carmen Lúcia Visconti Weingrill, Gláucio C. Lobão — Av. Professor Luciano Gualberto, 374, Prédio da Antiga Reitoria, Cidade Universitária, USP, CEP 05508, São Paulo, SP, tel.: (021) 814-6656 ou 813-3222, r. 2713.

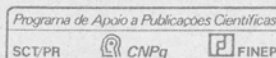
Correspondentes: **Porto Alegre:** Gilberto Carvalho Ferraz — Travessa Luiz Englert s/nº, prédio 20, sala 09, Campus Central/UFRRS, CEP 90040, Porto Alegre, RS, tel.: (0512) 27-5529. **Curitiba:** Glaci Zancan — Dep. de Bioquímica, Universidade Federal do Paraná, Campus Universitário Jardim das Américas, CEP 81504, Curitiba, PR, tel.: (041) 266-3633 ramal 184. **Maceió:** Marize Primola Pedrosa — Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Alagoas, Praça Afrânio Jorge, s/n, CEP 57000, Maceió, AL, tel.: (082) 223-5613 ramal 082. **Campina Grande:** Mário de Souza Araújo Filho — Deptº de Engenharia Elétrica, Universidade Federal da Paraíba, Rua Nilda de Queiroz Neves, 130, CEP 58100, Campina Grande, PB, tel.: (083) 321-0005. **Florianópolis:** Thereza Cristina M. de Lima Nogueira — Coordenadora Especial de Farmacologia, CCB, Universidade Federal de Santa Catarina, Rua Ferreira Lima, 26, Centro, CEP 88015, Florianópolis, SC, tel.: (0482) 22-4164 e 31-9491.

Correspondente em Buenos Aires: Revista *Ciencia Hoy*, Corrientes 2835, Cuero 5, 5º A, 1193, Capital Federal, tel.: (00541) 961-1824, 962-1330. Neste endereço pode-se adquirir *Ciência Hoje* (preço sujeito a confirmação). Na sede de *Ciência Hoje*, pode-se adquirir ou assinar *Ciencia Hoy* (preço sujeito a confirmação).

Assinaturas para o exterior (11 números): US\$ 100 (via aérea) e US\$ 50 (via superfície).

ISS-0101-8515. Distribuição em bancas: Fernando Chinaglia Distribuidora S.A., Rio de Janeiro (exclusiva em todo o território nacional). **Composição:** Renart Fotolito, Fotocomposição e Editora Ltda. **Fotolito:** Brascolor Estúdio Gráfico Ltda. **Impressão:** Bloch Editores S.A.

Para sua publicação, Ciência Hoje conta com o apoio do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF) e do Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC).



Publicidade: São Paulo: Bartolomeu Mastrocchiro, tel.: (011) 263-2521, fax: (011) 62-6702; Rio de Janeiro: Alvaro Roberto S. Moraes, tel.: (021) 295-4846 fax: (021) 541-5342, **Brasília:** Deusa Ribeiro, tel.: (061) 321-5009.



A Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência foi fundada em São Paulo, em 1948. É uma entidade civil sem fins lucrativos nem cor política e religiosa, voltada para a promoção do desenvolvimento científico e tecnológico no país.

Desde sua fundação organiza e promove reuniões anuais, com a participação de cerca de 70 sociedades e associações científicas das diversas áreas do conhecimento, onde professores e estudantes discutem seus programas de pesquisa. Temas e problemas nacionais e regionais são debatidos com participação frangueada 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 Hoje* (1986-) e a revista *Ciência Hoje das Crianças* (1990-).

Podem associar-se à SBPC cientistas e não-cientistas que manifestem interesse pela ciência; basta ser apresentado por um sócio ou 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 Hoje* e a obter um preço especial para as assinaturas das revistas.

Sede nacional: Rua Costa Carvalho, 222 — CEP 0529, São Paulo, SP Caixa Postal 11008 — CEP 05499, São Paulo, SP. Tels.: (011) 211-0933, 211-5008. Telex: (11) 81681 SBCH. Fax: (011) 212-1376.

Regionais: **AC** - Depto. de Economia/UFAC, C. Postal 128, CEP 69900, Rio Branco, AC, tel.: (068) 226-1422, r. 134 (Reginaldo Fernando F. de Castela); **AL** - Depto. de Biologia/UFAL, Praça Afrânio Jorge s/nº, Prado, CEP 57010, Maceió, AL, tel.: (082) 223-5613, r. 08 (Fábio José C. Branco Costa); **AM** - Depto. de Ciências Agrônômicas/INPA, Alameda Cosme Ferreira, 1756, CEP 69083, Manaus, AM, tel.: (092) 236-9733 (Hiroshi Noda); **BA** - Instituto de Física/UFBA, Campus da Federação,

CEP 40210, Salvador, BA, tels.: 247-2714, 247-0646 (Dioniciar dos Soares de Vasconcelos); **CE** - Depto. de Ciências Sociais e Filosofia/UFCE, Av. da Universidade, 2762, Benfica, CEP 60020, Fortaleza, CE, tel.: (085) 243-8047 (Márcia Salumita de A. Vieira); **DF** - Depto. de Antropologia/UnB, Campus Universitário, CEP 70910, Brasília, DF, tel.: 273-3264 (Gustavo Lins Ribeiro); **GO** - Instituto de Ciências Biológicas/UFGO, Campus Universitário, CEP 74000, Goiânia, GO, tel.: (062) 205-1000, r. 152 (Joaquim Tomé de Sousa); **MA** - Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação/UFMA, Largo dos Amores, 66, CEP 65000, São Luís, MA, tels.: (098) 232-3370, 232-3807 (Othon de Carvalho Bastos); **MG** - Depto. de Física/UFMG, Av. Antonio Carlos, 6627, CEP 31270, Belo Horizonte, MG, tel.: (031) 441-9466, r. 219/225 (Márcio Quintão Moreno); **MS** - Depto. de Biologia Geral/UFV, CEP 36570, Viçosa, MG, tel.: (031) 899-2512 (Lucio Antonio O. Campos); **MT** - Depto. de Geologia/UFMT, Av. Fernando Correa s/nº, CEP 78000, Cuiabá, MT, tel.: (065) 315-8751 (José Domingues de Godoi Filho); **MS** - Depto. de Química/UFMS, Cidade Universitária, CEP 79100, Campo Grande, MS, tel.: (067) 387-3311, r. 346 (Dario Xavier Pires); **PA** - Depto. de Geofísica/UFPA, C. Postal 1611, CEP 66001, Belém, PA, tels.: (091) 229-5438 ou 229-1811, r. 26 (Jacira Felipe Beltrão); **PB** - Depto. de Física/UFPPB, C. Postal 5008, CEP 58051, João Pessoa, PB, tel.: (083) 224-7200, r. 2435 (Mauro Kyotoki); **PE** - Depto. de Economia/UFPE, Av. Luís Freire s/nº, Área II, Cidade Universitária, CEP 50000, Recife, PE, tel.: (081) 271-2211, r. 6844 (Diválido de Almeida Sampaio); **PI** - Depto. Biomédico/UFPI, Campus Universitário, CEP 64000, Teresina, PI, tels.: (086) 232-3913, 232-1729 (Manoel Chaves Filho); **PR** - Depto. de Biologia Geral/UE de Londrina, C. Postal 6001, CEP 86051, Londrina, PR, tel.: (0432) 27-5151, r. 247/477 (Ana Odete Santos Vieira); **Curitiba** (seccional) - Depto. de Planejamento e Administração Escolar/UFPR, Rua Gal. Carneiro, 460, CEP 80001, Curitiba, PR, tels.: (041) 222-7870 ou 264-2522, r. 277/292 (Evaldo Antonio M. Ferreira); **Maringá** (seccional) - Depto. de Análises Clínicas/UE de Maringá, Av. Colombo, 3690, CEP 87020, Maringá, PR, tel.: (0442)

26-2727, r. 215/313 (Rafael Campos Bezerra); **RJ** - Depto. de Engenharia Mecânica/PUC, Rua Marquês de São Vicente, 225, CEP 22453, Rio de Janeiro, RJ, tels.: (021) 259-5197, 529-9578 (Eloí Fernandes e Fernandes); **RN** - Depto. de Informática e Matemática Aplicada/UFRRN, C. Postal 1527, CEP 58072, Natal, RN, tel.: (084) 231-1266, r. 257 (Pedro Fernandes Maia); **RO** - Depto. de Ciências Biomédicas/UFRO, CEP 78900, Porto Velho, RO (Elizabeth Antonia L. de M. Martinez); **RS** - Campus Central/UFRRS, Prédio 20, Sala 9A, Travessa Luiz Englert s/nº, CEP 90040, Porto Alegre, RS, tel.: (051) 227-5529 (Gilberto Carvalho Ferraz); **Pelotas** (seccional) - Depto. de Zoologia e Genética/UFPEL, Campus Universitário, CEP 96001, Pelotas, RS, tel.: (053) 221-2033 (Maria da Graça M. Roth); **Rio Grande** (seccional) - Depto. de Oceanografia, Universidade do Rio Grande, Caixa Postal 474, CEP 96200, Rio Grande, RS, tel.: (0532) 32-8711 r. 11 (Luiz Paulo Rodrigues Cunha); **Santa Maria** (seccional) - CPG Extensão Rural/UFSC, Campus Universitário, CEP 97100, Santa Maria, RS, tel.: (055) 226-1616, r. 235/2165 (Gustavo Martin Quesada); **SC** - Coordenadoria Especial de Farmacologia/UFSC, Rua Ferreira Lima, 26, Centro, CEP 88015, Florianópolis, SC, tels.: 22-4164, 33-9491 (Thereza Cristina M. de L. Nogueira); **SE** - Depto. de Serviço Social/UFSE, Campus Universitário, CEP 49000, Aracaju, SE, tel.: 224-1331, r. 347 (Maria Helena S. Cruz); **SP** (subárea I) - Depto. Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas/USP, C. Postal 8105, CEP 01051, São Paulo, SP, tel.: (011) 211-5008 ou 210-2122, r. 593 (José Pereira de Queiroz Neto); **SP** (subárea II) - Depto. de Genética/ESALQ, C. Postal 83, CEP 13400, Piracicaba, SP, tels.: (0194) 22-3087 ou 33-0011, r. 2251 (Aline Aparecida Pizzirani Kleiner); **SP** (subárea II, seccional Botucatu) - Depto. de Genética, Instituto de Biociências/UNESP, Campus Universitário, CEP 18610, Botucatu, SP, tel.: (0149) 22-0555, r. 229 (Romeu Cardoso Guimarães); **SP** (subárea III) - Depto. de Tecnologia, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/UNESP, Rodovia Carlos Tonani, km 05, CEP 14870, Jaboticabal, SP, tel.: (0163) 22-4000, r. 254/255 (Márcia Justino R. Mutton).

DIVERSIDADE DA AMAZÔNIA: UM MITO?

Uma das principais preocupações dos nossos dias é de que a Terra esteja se aproximando de um período de extinção em massa de espécies animais. Esse tipo de cataclismo tem sido recorrente, uma consequência de mudanças profundas da natureza física do planeta (ver 'Padrões de extinção no registro fóssil', em *Ciência Hoje* n.º 55, p. 20). No entanto, o episódio de extinção em que estamos entrando agora é diferente, pois tem como causa a atividade de uma das espécies: o próprio homem.

A preocupação manifestada pelos biólogos tem sido transmitida ao público com estimativas do número de espécies em vias de se extinguir em futuro próximo e a idéia subjacente de que isso possa vir a afetar a nossa própria existência. Um problema que nos preocupa é a confiabilidade dos dados, para que neles possamos ter uma base em que sustentar as políticas públicas de conservação da biodiversidade.

Uma das regiões que tem provocado maiores controvérsias é a Amazônia. Ela tem sido considerada como um dos mais importantes repositórios da diversidade genética. O que significa diversidade? A esta palavra muito usada corresponde uma variedade de conceitos, alguns não muito claros. Em sua forma mais simples, podemos considerar que a riqueza de espécies de uma área, isto é, o número de espécies nela existentes, constitui a sua biodiversidade.

Cada espécie tem um repertório de gens, unidades de hereditariedade que passam as características da espécie de uma geração para outra. Durante a evolução, surgem novas espécies. Elas vão diferir das que lhes são aparentadas por terem uma parte de seus gens diferente. Pode-se considerar que quanto mais distante for o parentesco entre duas espécies, mais gens diferentes elas vão ter.

Alguns biólogos acham que, se tivermos de tomar decisões sobre o que conservar, devemos optar pela maior diversidade genética. Isto quer dizer que, caso só possamos preservar quatro espécies entre dez, devemos escolher as quatro que sejam mais remotamente aparentadas, pois teremos mais gens diferentes conservados. Mas terá a Amazônia a diversidade que lhe tem sido atribuída?

Michael Mares, da Universidade de Oklahoma (EUA), fez um estudo tentando avaliar a questão.* Em primeiro lugar, ele dividiu a América do Sul em seis grandes

macro-habitats: a Amazônia, junto com outras florestas pluviais do norte da América do Sul; as florestas de montanha e subtropicais dos Andes; a floresta Atlântica; as florestas subcaducifólias do sudeste e sul do Brasil, e partes adjacentes da Argentina, Uruguai e Paraguai; as florestas mistas do sul do Brasil e partes adjacentes da Argentina; e, finalmente, as terras secas, englobando a caatinga, os cerrados, o Chaco, os Pampas e os desertos da Argentina, Chile e Peru. Em seguida, contou quantos *taxa*, isto é, ordens, famílias, gêneros e espécies de mamíferos há em cada uma delas. Descobriu que o número de *taxa* é proporcional ao tamanho da área de cada macro-habitat.

Alguns biólogos acham que, se tivermos que decidir sobre o que conservar, devemos optar pela maior diversidade genética.

Este seria o resultado esperado a partir da teoria: da maneira pela qual ele agrupou as diversas regiões, as tais terras secas deveriam mesmo ter a maior diversidade, não apenas por ocuparem a maior área, mas também porque esta subdivisão engloba sistemas ecológicos muito diferentes. A Amazônia tem 60% do número de espécies encontrado nos outros macro-habitats. Um dado em geral considerado importante é o número de formas endêmicas, quer dizer, aquelas restritas a uma região. Das espécies amazônicas, 68% não são endêmicas, existindo também em outros lugares. As formas endêmicas têm conjuntos de gens que são únicos e, portanto, restritos à região onde se encontram. Pelos critérios do autor, a diversidade maior, tanto como biodiversidade propriamente dita quanto como provável diversidade genética, estaria

nas regiões secas, simplesmente porque estas ocupam maior área. Ele conclui que o esforço para preservação das florestas pluviais desviaria a atenção de outras regiões, como o cerrado e a caatinga, que estariam muito mais ameaçados do que a Amazônia.

Cabem, no entanto, algumas observações: Mares considera que os problemas taxonômicos não atrapalham muito a sua análise. Parece-me que esta consideração é mais um desejo do que uma realidade. O problema principal e básico no estudo de mamíferos da América do Sul está em conhecer as espécies existentes e a sua distribuição. Os mapas de distribuição, em sua maioria, são aproximações iniciais, muitas vezes grosseiras. Qualquer conclusão baseada neles tem que ser vista com extremo cuidado. Basear uma afirmação como a do título do artigo de Mares — 'O mito da biodiversidade amazônica' — é muito arriscado, diante das implicações que envolvem a questão.

Uma segunda observação é que não se pode criar meia dúzia de reservas que tenham em seu conjunto uma 'razoável' diversidade genética e considerar que o problema está resolvido. Os processos da vida são mais complicados. Cada espécie contém uma enorme diversidade genética em suas populações, e estas não podem ficar restritas a uma única reserva, sob pena de se extinguirem. A angústia dos conservacionistas quando constatarem a ocorrência da extinção muitas vezes os tem levado a concentrar esforços na criação de reservas. Mas a crise ambiental é muito mais séria e vem de um conjunto de causas ligadas ao modo de organização da economia. O predomínio do chamado livre mercado e a forma pela qual a terra é partilhada e usada são fatores a serem levados em conta. Ao enfrentar as múltiplas causas da crise ambiental, muitos ambientalistas fazem propostas tecnocráticas mais 'palatáveis' aos poderosos interesses que se opõem às verdadeiras soluções.

* *Science*, vol. 255, pp. 976-979.

RUI CERQUEIRA

DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA,
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

Os oceanos e o clima

Mudanças abruptas no comportamento dos oceanos podem ocasionar uma alteração repentina no sistema climático mundial. Segundo foi constatado por especialistas, esse fenômeno pode durar décadas.

Um exemplo dessa relação entre oceanos e clima foi observado nos Estados Unidos durante o inverno de 1976/77: o Pacífico Norte jogou ondas enormes sobre a costa da Califórnia — fato pouco comum —, enquanto no Alasca as temperaturas foram mais amenas. Esse inverno foi reconhecido como o início de um novo regime climático que se estendeu até a costa leste dos EUA e durou cerca de uma década, antes de retornar à normalidade.

Para os cientistas, essa mudança climática que se alastrou sobre boa parte do hemisfério Norte é uma nova face do fenômeno El Niño, que normalmente se alterna com seu inverso, o La Niña, num ciclo de três a quatro anos mas que dessa vez permaneceu por dez anos.

A verificação do efeito foi feita por um grupo de pesquisadores da cidade de Seattle (noroeste dos EUA). O estudo combinou 40 variáveis ambientais indicadoras das condições do oceano Pacífico entre 1968 e 1984 (ver figura abaixo). Mas, para os cientistas, a causa dessa mudança brusca ocorrida no Pacífico tropical em 1976 ainda é desconhecida.

No final dos 60 e durante os anos 70, alterações climáticas no oceano Atlântico Norte ocasionaram um resfriamento anômalo do hemisfério Norte.

Science, vol. 255, p. 1.508 (1992)

Um vulcão para esfriar a Terra

Um efeito análogo ao 'inverno nuclear', mas dessa vez causado por erupções vulcânicas em vez de explosões nucleares, pode provocar um resfriamento apreciável em toda a superfície terrestre nos próximos anos, contrabalançando de modo temporário as tendências de aquecimento global produzidas pelo já conhecido e polêmico efeito estufa.

As erupções do Monte Pinatubo (Filipinas), uma das maiores deste século, deverão se tornar um teste importante para os modelos globais de clima. J. Hansen e colaboradores, do Instituto Goddard de Estudos Avançados Espaciais (EUA), estimam um esfriamento global de 0,5°C para o biênio 1992/93.

Após a erupção de El Chichón (México), em 1982, o resfriamento previsto foi da ordem de 0,3°C, mas o aquecimento causado pelo El Niño de 1982/83 mascarou o efeito. Segundo Hansen, dessa vez nem o El Niño moderado que já está ocorrendo no oceano Pacífico deve interferir na diminuição da temperatura global.

As nuvens estratosféricas das erupções não são formadas de cinzas ou pó, como se supunha até a década de 1970, mas por gotículas de ácido sulfúrico (H_2SO_4) provenientes dos gases sulfúricos (H_2S) e sulfuros (SO_2) da erupção.

O resfriamento seria causado por essas gotículas em suspensão (aerossóis), com diâmetro de milésimos de milímetro, que refletem (espalham de volta) e absorvem a radiação solar incidente.

Nature, vol. 354, n° 6.349, p. 104 (1991)



Desenho feito por Margaret Mee de uma *Scuticaria steelii*, orquídea perfumada encontrada no Brasil, Venezuela e Guiana, cujas folhas cilíndricas atingem um metro de comprimento.

Banco de genes para as orquídeas brasileiras

Cientistas da Universidade de Brasília pretendem criar um banco de plasma de germe para plantas ornamentais no orquidário do Jardim Botânico de Brasília. O projeto prevê a construção de estufas para a preservação do maior número possível de espécies.

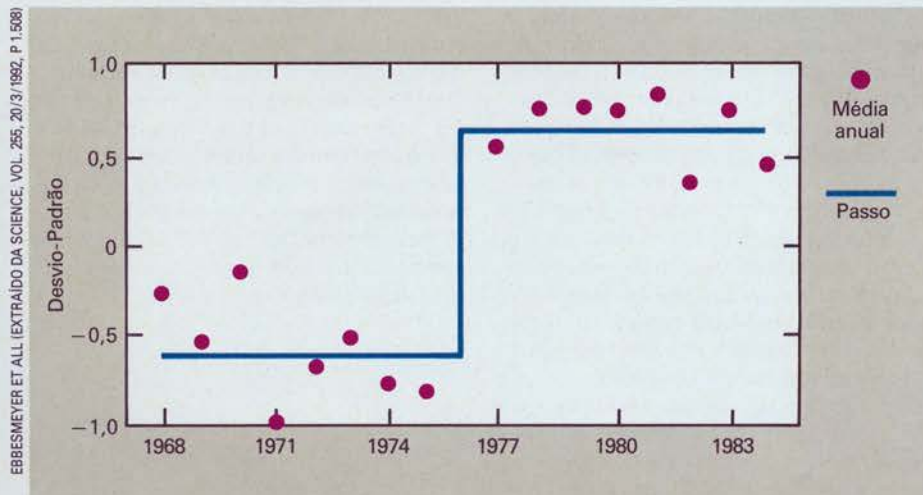
Dentro dos 5 mil km² de Brasília, já foram catalogadas 250 espécies de orquídeas, contra as 350 de toda a região amazônica.

O único banco de genes de orquídeas do mundo funciona na Austrália. Um centro desse tipo no Brasil é considerado um passo importante para a recuperação de sua flora.

Science, vol. 255, p. 1.359 (1992)

El Niño: EUA acertam na mosca

As previsões de um grupo do Observatório Lamant-Doherty, da Universidade de Columbia (EUA), sobre a ocorrência do El Niño no ano passado estão totalmente confirmadas (ver *Ciência Hoje*, n° 73, p. 9). Elas foram feitas com dois anos de antecedência e baseadas em modelagens de computador.



O gráfico mostra o 'salto' para um novo regime climático que durou uma década e se estendeu da costa oeste à costa leste dos EUA. O estudo combinou 40 variáveis ambientais indicadoras das condições do oceano Pacífico entre 1968 e 1984.

Pela primeira vez, esses dados foram usados pelos meteorologistas em previsões de longo alcance aplicadas ao inverno nos EUA. O fenômeno El Niño, que se repete com período de três a sete anos, geralmente no final do ano, consiste na expansão para leste da parte mais quente das águas do Pacífico, que normalmente fica restrita a uma região limitada desse oceano.

O aquecimento tropical causado pelo El Niño desloca as rotas usuais das correntes marinhas e acaba produzindo alterações meteorológicas muito diferentes dos padrões normais em outras regiões.

A modelagem possibilitou prever com meses de antecedência que o inverno traria temperaturas bem acima das normais ao norte dos EUA, além de chuvas mais elevadas que a média na região Sul. Essas duas previsões feitas pela Universidade de Columbia foram confirmadas. É possível ainda que o El Niño altere as condições meteorológicas em outros países durante o outono deste ano no hemisfério Sul.

Science, vol. 255, p. 402 (1992)

Gado do Terceiro Mundo em extinção

A Organização de Alimentos e Agricultura (FAO), ligada à Organização das Nações Unidas, formulou um plano para a preservação da diversidade genética do gado da África, da Ásia e da América do Sul.

É comum fazendeiros do Terceiro Mundo importarem gado europeu ou norte-americano para melhorar a produção de leite e de carne. Mas a criação desse gado, acostumado a um outro tipo de clima, de alimentação e de antibióticos, tem apresentado dificuldades. Por exemplo, espécies da raça Holstein não conseguem superar as condições adversas nos países mais pobres.

O projeto da FAO prevê um plano de cinco anos para fazer um inventário mundial das diferentes raças bovinas e para implantar um banco de dados de sêmen e embriões das espécies em via de extinção. Os fazendeiros também devem receber assistência na criação de animais nativos para melhorar a produtividade e para evitar a importação.

A FAO colocará de início três milhões de dólares no projeto. Um terço dessa quantia virá do Japão, mas espera-se também a contribuição de outros países industrializados.

Science, vol. 255, p. 678 (1992)

Buraco de ozônio no Ártico

Os dados obtidos a partir do estudo da estratosfera sobre o pólo Norte e de satélites de pesquisa da Nasa na alta atmosfera não são dos mais animadores: a camada de ozônio que protege a Terra da radiação solar ultravioleta está cada vez mais afetada. Além do buraco de ozônio criado sobre a Antártica, há uma perda considerável sobre o Ártico. As camadas sobre os Estados Unidos também vêm diminuindo há mais de uma década.

Entretanto, efeitos ainda piores poderão acontecer. Um buraco no ozônio sobre o pólo Norte poderá se estender para o sul, afetando a Europa, continente com alta densidade populacional.

Acredita-se que os CFCs (clorofluorcarbonetos) e os produtos químicos manufaturados tenham um papel importante para a formação do buraco no ozônio. A atmosfera é capaz de se preservar contra a destruição do ozônio pelo cloro, mas seu sistema de autodefesa tem sido muito afetado. O responsável pela diminuição da 'imunidade' terrestre é uma nuvem de pequenas partículas da estratosfera que catalisa as reações químicas. Ela favorece a conversão do cloro dos CFCs em monóxido de cloro, substância que destrói o ozônio.

Até agora, acreditava-se que as partículas catalisadoras eram compostas de gelo e se formavam nas regiões polares. Entretanto, pesquisas mostram que outras partículas, como aerossóis de ácido sulfúrico (presentes nas nuvens do Monte Pinatubo) e até mesmo partículas de gelo estratosféricas sobre os trópicos, contribuem para a formação do monóxido de cloro.

Um dos compostos que protege o ozônio é o óxido de nitrogênio. Ele se liga ao cloro, impedindo a formação do monóxido.

Já os aerossóis de ácido sulfúrico bloqueiam a ação protetora do óxido de nitrogênio.

Outro agente protetor é o metano, que reage com o cloro formando ácido clorídrico. Os aerossóis têm afetado a ocorrência dessas reações e como consequência há muito menos ácido clorídrico na atmosfera do que se esperava. Os cientistas também estão preocupados com a presença de monóxido de cloro em latitudes mais ao sul, próximas à Cuba.

Science, vol. 255, p. 797 (1992)

População global une americanos e britânicos

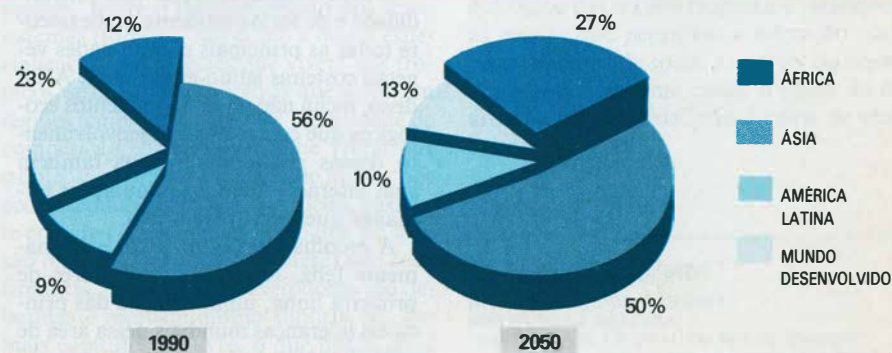
A Academia Nacional de Ciências dos Estados Unidos e a Royal Society de Londres fizeram pela primeira vez uma declaração conjunta sobre os níveis de crescimento da população mundial.

Elas advertem que se a população continuar aumentando e a atividade humana no planeta não se modificar a ciência e a tecnologia não poderão impedir uma degradação irreversível do meio ambiente e o empobrecimento da maior parte da Terra. Segundo o comunicado, em 2050 a população deve atingir o dobro da atual.

O objetivo da declaração é mostrar que a comunidade científica mundial não está dando a devida importância para o estudo do crescimento populacional. Embora se pesquise o aquecimento global e a diminuição da camada de ozônio, muitos especialistas acham que se deve dar mais atenção às causas do crescimento populacional.

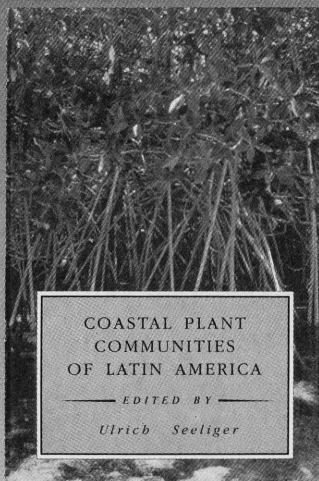
Science, vol. 255, p. 1.357 (1992)

DISTRIBUIÇÃO DA POPULAÇÃO NO SÉC. XXI



FONTE: FUNDO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A POPULAÇÃO

UMA VEGETAÇÃO OBRIGATÓRIA NA ESTANTE



COASTAL PLANT COMMUNITIES OF LATIN AMERICA, Ulrich Seeliger (editor), Academic Press, San Diego, 1992, 392 pp.

Ao longo de seus quase 50 mil quilômetros de litoral, a América Latina tem uma das maiores diversidades de ambientes costeiros do planeta. Muito diversificados, eles vão das latitudes polares aos trópicos, incluindo comunidades vegetais como manguezais e restingas, mais ao norte, a pradarias de macroalgas e fanerógamas submersas, em sua extremidade polar.

Durante este século, o estudo desses ambientes resultou na criação e desenvolvimento de importantes centros de pesquisa em toda a América Latina. Atualmente, embora extensas áreas de litoral permaneçam em seu estado original, muitas delas têm sofrido forte impacto da ação do homem. O resultado é a degradação parcial ou total de suas comunidades biológicas. Portanto, é urgente desenvolver estudos integrados dessas regiões para permitir sua conservação e uso racional. Condição fundamental para isso é conhecer o estado atual das pesquisas feitas nesses diferentes ambientes litorâneos. É nesse contexto que *Coastal Plant Communities of Latin America*, editado por Ulrich Seeliger, da Universidade do Rio Grande (RS), vem preencher de maneira notável essa condição. É um livro como poucos sobre as comunidades vegetais da América Latina.

Coastal Plant retoma a linha de trabalho que foi iniciada por Kurt Huek, em *A Vegetação da América do Sul*, e continuada em alguns outros livros sobre a Amazônia como, por exemplo, o organizado por Harold Sioli. Entretanto, apesar de sua importância, as comunidades vegetais costeiras foram até o momento esquecidas.

O livro é único ao tratar com profundidade e de forma moderna praticamente todas as principais comunidades vegetais costeiras latino-americanas. Além disso, inclui não só os fundamentos ecológicos que controlam o desenvolvimento dessas comunidades mas também suas interações com as populações humanas que delas fazem uso.

A escolha dos autores foi extremamente feliz. Reuniu pesquisadores de primeira linha, numa seleção das principais lideranças mundiais nessa área de pesquisa. Não é só: os autores apresentaram seus dados mais recentes, obtidos

através das metodologias mais indicadas para cada caso.

Coastal Plant superou sua meta inicial: é muito mais do que um completo *status report*. É também fonte importantíssima de dados originais sobre a vegetação costeira da América Latina. Suas cinco partes enfocam as comunidades de algas bentônicas, de fanerógamas submersas, de marismas (gramíneas costeiras), de manguezais e de dunas. Cada uma delas inicia-se com uma revisão sobre a ecologia dessas comunidades.

Todos os textos trazem um apanhado detalhado do estado da arte das pesquisas em cada uma das áreas, o que, por si só, já transforma o conjunto num importante corpo de trabalho. É comum que outras obras desse gênero — exceção feita aos textos de revisão — se restrinjam só à descrição de estudos de caso, geralmente de uso restrito para especialistas. Isso não acontece no livro editado por Seeliger — o que talvez o torne único. Praticamente todos os textos são trabalhos de síntese que apresentam dados originais, discutidos dentro de um contexto mais amplo, com observações inéditas sobre cada assunto.

Esse livro será presença obrigatória não só nas estantes de especialistas, mas também de ambientalistas, de tomadores de decisão em ciência e meio ambiente, e de qualquer pessoa dedicada às ciências do mar. Com certeza, *Coastal Plant Communities of Latin America* é um marco, motivo de orgulho para a Universidade do Rio Grande e para o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, que contribuíram para torná-lo realidade. Ulrich Seeliger deve também se orgulhar pela edição dessa obra fundamental. Resta, então, às editoras de ciência do Brasil se questionarem por ainda não terem publicado obra tão importante.

LUIZ DRUDE LACERDA

DEPARTAMENTO DE GEOQUÍMICA,
UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE

MAIS QUE UM LIVRO SOBRE ANIMAIS E PLANTAS

PLANT-ANIMAL INTERACTIONS

Evolutionary Ecology in Tropical and Temperate Regions



Edited by
Peter W. Price
Thomas M. Lewinsohn
G. Wilson Fernandes
and Woodruff W. Benson

PLANT-ANIMAL INTERACTIONS — EVOLUTIONARY ECOLOGY IN TROPICAL AND TEMPERATE REGIONS, Peter Price, G. Wilson Fernandes, Thomas Lewinsohn e Woodruff Benson (editores), Wiley Interscience, Nova York, 639 pp., 1991. Preço: 125 dólares.

Em 1988, quando o CNPq e outras agências de fomento tinham melhores condições financeiras para apoiar a pesquisa, reuniu-se na Unicamp um grupo de cientistas de alto nível interessados em verificar até que ponto a teoria ecológica atual poderia ser utilizada sem restrições, tanto nos ecossistemas da zona temperada como nos ecossistemas tropicais. Um dos resultados dessa reunião foi o livro *Animal-Plant Interactions*, recentemente publicado pela Wiley-Interscience, uma das melhores editoras de livros científicos do mundo.

A publicação consegue evitar “o mal dos livros de simpósio”, que quase sempre formam uma colcha de retalhos sem muita coerência. Neste caso, as seis seções do livro — Comparações entre trópicos e região temperada, Relações de mutualismo entre plantas e animais, Relações entre plantas e seus predadores, Interações plantas/lepidópteros, Utilização específica de plantas, Padrões de comunidades naturais e de sistemas agrícolas —, com seus 27 capítulos, estão perfeitamente articuladas, formando um todo coerente, com muito equilíbrio na divisão dos diferentes temas. Cada capítulo é escrito de forma a permitir sua perfeita compreensão, mesmo para os não-especialistas no tema abordado.

Animal-Plant Interactions é tecnicamente um livro que apresenta a maior quantidade de informações sobre as relações insetos/plantas de regiões tropicais. Pela primeira vez, um conjunto de trabalhos, em que se procura comparar o funcionamento de ecossistemas das zonas tropicais e temperada, tem uma significativa participação qualitativa e quantitativa de cientistas que efetivamente trabalham em áreas tropicais. Nesse sentido, destaco o terceiro capítulo, no qual o autor questiona, com clareza e coragem, uma série de ‘conhecimentos’ sobre o funcionamento dos ecossistemas tropicais, tais como a maior especialização das espécies que vivem nos trópicos, se comparadas com as que vivem em regiões temperadas; a maior intensidade de competição entre espécies que vivem nos trópicos; e a maior vacância de nichos nos ecossistemas tropicais. Essas idéias, bastante cristalizadas na teoria ecológica em uso, são reduzidas a simples hipóteses não confirmadas. Essas críticas heterodoxas são debatidas e recebem amplo suporte nos demais capítulos do livro, o que por si só já representa um enorme avanço, porque, além

de indicar claramente o rumo de futuras pesquisas, ‘limpa o campo’ de um amontoado de meias verdades que têm retardado o avanço do conhecimento científico dos ecossistemas.

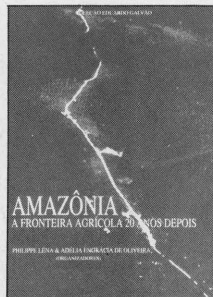
Além de seu valor científico inquestionável, esse livro apresenta uma outra qualidade: demonstra claramente que no Brasil, mesmo com todas as suas dificuldades, um pequeno grupo de pessoas, com criatividade e muito suor, pode realizar um magnífico trabalho. Sendo assim, quero justificar o título destes comentários. O livro é antes de tudo um marco, marco de um trabalho iniciado há cerca de dez anos, com a criação do curso de pós-graduação em ecologia na Unicamp por um reduzido grupo de professores e alunos que, apesar das enormes dificuldades, conseguiu criar um ambiente de trabalho onde a seriedade e a qualidade se aliaram à cooperação e à amizade. Esse pequeno grupo, imune aos modismos e ‘ecologismos’, criou a melhor escola de biologia evolutiva no Brasil. Por isso, *Plant-Animal Interactions — Evolutionary Ecology in Tropical and Temperate Regions* é mais do que um livro. É a prova de que no Brasil existem pesquisadores com capacidade de realizar trabalhos científicos brilhantes.

Não poderia concluir estes breves comentários sem uma referência especial aos seus editores. As 21 páginas da introdução compõem o texto mais lúcido que conheço sobre o estado atual da ecologia tropical. É, sem dúvida, mérito dos editores a escolha de tantos pesquisadores (brasileiros e estrangeiros) capazes de trabalhar em seus textos com o conceito ecológico de diversidade sem, no entanto, empobrecê-lo com o indiscriminado uso de seus índices. Portanto, é deles o mérito pela realização de um livro que aprofunda o conhecimento ecológico das regiões tropicais e estabelece as pontes que permitem a interação com pesquisadores de todas as partes do mundo. Só lamento uma coisa: o preço do livro que, sem dúvida, não é culpa de seus editores.

RICARDO IGLESIAS RIOS

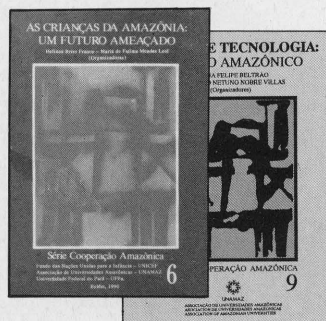
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA,
INSTITUTO DE BIOLOGIA,
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

AMAZÔNIA



O presente do passado

Amazônia — a fronteira agrícola 20 anos depois (1991), organizado pelos pesquisadores Philippe Léna e Adélia Engrácia de Oliveira, reúne alguns dos trabalhos apresentados durante o seminário de mesmo nome em 1988, no Pará. As análises, fruto da pesquisa de campo, buscam estratégias de desenvolvimento adequadas às situações socioculturais da região. Editado pelo Museu Paraense Emílio Goeldi.



A união faz a série

A Associação de Universidades Amazônicas (Unamaz) congrega atualmente 70 instituições de ensino, pesquisa e extensão dos oito países membros do Tratado de Cooperação Amazônica. Ela discute em sua *Série Cooperação Amazônica* os grandes temas que têm como pano de fundo as relações (problemáticas) entre o homem e a natureza na Amazônia. Os volumes da série são: *Universidade e desenvolvimento amazônico* (1988), vol. 1; *Informação e documentação na Amazônia* (1989), vol. 2; *Populações humanas e desenvolvimento amazônico* (1989), vol. 3; *Amazônia em tempo de transição* (1989), vol. 4; *Realidades amazônicas no fim do século XX* (1990), vol. 5; *As crianças da Amazônia: um futuro ameaçado* (1990), vol. 6; *A desordem ecológica da Amazônia* (1990), vol. 7; *Direito ambiental e a questão amazônica* (1991), vol. 8; *Ciência e tecnologia: desafio amazônico* (1991), vol. 9.

Amazônia em tempo de transição (1989), vol. 4; *Realidades amazônicas no fim do século XX* (1990), vol. 5; *As crianças da Amazônia: um futuro ameaçado* (1990), vol. 6; *A desordem ecológica da Amazônia* (1990), vol. 7; *Direito ambiental e a questão amazônica* (1991), vol. 8; *Ciência e tecnologia: desafio amazônico* (1991), vol. 9.

PARA CONSULTAR SEMPRE

Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas



A. R. Panizzi
J. R. P. Parra

CNPq
EDITORA
MANOLE
LTD

O livro dos 'bichos-papões'

“Não seria exagerado sugerir que os insetos são os maiores competidores do homem pela hegemonia da terra (...) e o impacto deles na economia e na saúde humanas é consequência primordial de seus hábitos alimentares”, escreve Marcos Kogan, da Universidade de Illinois (EUA), na apresentação de *Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas* (1991). Os editores Antônio Panizzi, da Embrapa, e José Parra, da Esalq, reuniram trabalhos de 13 autores sobre esse tema. Sai pela Editora Manole em co-edição com o CNPq.



Um guia para o sul

Editado pela Fundação Universidade do Rio Grande, *O Guia ilustrado da vegetação costeira no extremo sul do Bra-*

sil, de Cesar Vieira Cordazzo e Ulrich Seeliger, serve como guia de campo, descrevendo as espécies vegetais comuns nessa região. Destina-se a estudantes secundários, universitários, naturalistas, entre outros. Traz os sistemas costeiros, a descrição das espécies, um glossário, um índice alfabético das espécies descritas, a literatura recomendada etc. O livro é de 1988, mas continua uma referência básica. Fartamente ilustrado em cores.



O português do mar

Os termos usados em geologia marinha são, na sua maioria, ‘importados’ da Europa e dos Estados Unidos e as palavras da língua portuguesa nem sempre têm sido precisas para denominá-los. *O dicionário de geologia marinha* (1992), de Kenitiro Suguio, do Instituto de Geociências da USP, contribui para padronizar e minimizar esses problemas de nomenclatura. Traz termos correspondentes em inglês, francês e espanhol. Com gráficos, desenhos, esquemas etc. Publicado pela T. A. Queiroz.

POLÍTICA AMBIENTAL

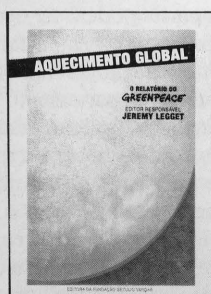


Ecologia e meio ambiente

Análise ambiental: uma visão multidisciplinar (1991) reúne textos das conferências e mesas-redondas do I Simpósio Nacional de Análise Ambiental, rea-

lizado em Rio Claro (SP). Organizado por Sâmia Maria Tauk, o livro avalia a situação atual do meio ambiente e os seus últimos avanços tecnológicos. Legislação, critérios para avaliação ambiental, o papel da ecologia na análise ambiental estão entre os temas tratados. Sai pela Editora Unesp, com apoio da Fapesp.

PARA LER E PENSAR



Mais lenha na fogueira

“O efeito estufa é a ameaça mais séria do século XXI”, dizia uma carta assinada por 49 prêmios Nobel dirigida ao presidente George Bush. *Aquecimento global* (1992), da Editora da Fundação Getúlio Vargas, é o relatório da Greenpeace com textos de 20 especialistas, entre eles José Goldemberg, atual ministro da Educação do governo Collor.



O Brasil nuclear da Greenpeace

Com *A Política nuclear no Brasil*, a organização ecológica internacional Greenpeace pretende dar uma visão ampla e atualizada dos descaminhos da opção nuclear no país. Parte de uma retrospectiva histórica e analisa a geração

nuclear de eletricidade e a tecnologia nuclear militar. É resultado de uma encomenda aos pesquisadores Luiz Pinguelli Rosa, Suzana Ribeiro Barreiros, ambos da Coppe/RJ, e Fernando de Souza Barros, do Instituto de Física da UFRJ.



Uma questão de ambiente

Em *Problemas ambientais brasileiros*, a Fundação Salim Farah Maluf apresenta esse tema através da ótica de professores que militam na área e se dedicam a encontrar caminhos para reduzir o impacto desses problemas na vida humana. Os oito autores, entre eles Eneas Salati, ex-diretor do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, discutem o efeito estufa, ambiente amazônico, queimadas, desmatamento, contaminação por mercúrio, cólera entre outros.



Construindo o amanhã

Desenvolvimento econômico ideal é aquele que respeita a natureza. Essa é uma das idéias centrais de *Nosso futuro comum*, documento de 1987 da Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento. A Editora Fundação Getúlio Vargas lança a 2ª edição desse documento também intitulado relatório Brundtland. Paulo Nogueira Neto é o representante do Brasil na comis-

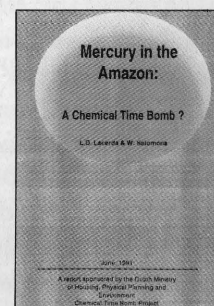
são que é presidida por Gro Harlem Brundtland, primeira-ministra da Noruega.



Reavaliando o presente

Sinais de esperança (1991), outro lançamento da Editora Fundação Getúlio Vargas, registra o avanço obtido até agora na efetivação das medidas recomendadas pelo relatório *Nosso futuro comum*. Além disso, examina as iniciativas que estão sendo tomadas por governos, indústrias, cientistas, organizações não-governamentais, meios de comunicação de massa etc.

EM INGLÊS



Mercúrio: bomba-relógio na Amazônia

Mercury in Amazon: a Chemical Time Bomb (1991), de Luiz Drude Lacerda e W. Salomons, é um *status report* sobre o garimpo de ouro nessa região. O livro, com 46 páginas, foi financiado pelo Ministério do Planejamento da Holanda. Pode ser obtido gratuitamente pelo contato com L.D. Lacerda, Departamento de Geoquímica, Instituto de Química da Universidade Federal Fluminense, Outeiro de S. João Batista, s/nº, 24210, Niterói, RJ.

MINERAÇÃO, MEIO AMBIENTE E A RIO-92

Iran F. Machado

Instituto de Geociências,
Universidade Estadual de Campinas

A severa regulamentação ambiental em vigor nos Estados Unidos e no Canadá é um dos fatores que está levando a indústria de mineração a transferir suas operações desses países para outros — como Botswana, Brasil e Chile — onde não se deparam com o mesmo grau de rigor, uma vez que nestes o combate à pobreza e a geração de novos empregos são metas prioritárias. Abrem-se, portanto, novas perspectivas para a mineração brasileira. Cabe agora ao governo e às empresas nacionais líderes do setor de mineração a tarefa de conscientizar a sociedade brasileira, em particular as organizações não-governamentais (ONGs) quanto à necessidade de continuar a exploração dos nossos recursos naturais, atendendo à legislação ambiental e evitando posturas radicais contraproducentes. É importante assinalar que os investimentos em pesquisa mineral têm caído, no Brasil, a níveis alarmantes, o que põe em risco a tese do desenvolvimento sustentável. A RIO-92 é uma boa oportunidade para rediscutir essas questões.

Em fins de 1984, causou grande tumulto no setor mineral dos Estados Unidos o artigo 'A morte da mineração', matéria de capa da *Business Week*, uma das mais conceituadas revistas do mundo dos negócios. Daquela data até nossos dias, algumas empresas internacionais se revitalizaram, o meio ambiente ganhou importância para a sociedade e novos materiais surgiram no mercado. Como a questão ambiental tem sérios reflexos sobre a mineração, aqui e no resto do mundo, a proximidade da Rio-92 induz à retomada do debate sobre a decadência da mineração americana, tornando-se oportuna uma reflexão sobre as megatendências atuais e seu impacto sobre a mineração brasileira.

Não obstante ter havido, nos últimos sete anos, uma recuperação surpreendente de algumas empresas de mineração sediadas na América do Norte — onde se destacam a Inco, Noranda e Phelps Dodge —, novas investidas contra a mineração têm ocorrido, conforme adverte Peter Richardson, professor da Queen's University (Canadá). Em sua opinião, as empresas de mineração desses dois países industrializados, Estados Unidos e Canadá, enfrentam uma competição global intensa, margens de lucro decrescentes, concorrência doméstica acirrada por mão-de-obra qualificada e regulamentação ambiental mais rigorosa do que seus concorrentes estrangeiros. Frente a essa situação adversa, tais empresas terão de adotar, assim como vem ocorrendo com a indústria de transformação desses países, estratégias de 'classe internacional', revolucionando o seu *approach* convencional nos negócios sob pena de não continuarem competitivas.

Além disso, deverão considerar a opção de transferir suas operações para outros países, tais como o Chile, Botswana e Brasil, onde os regimes ambientais e operacionais são mais hospitaleiros. Segundo Richardson, porém, as vantagens operacio-

nais nesses países podem ser neutralizadas, entre outros fatores, pela instabilidade política e a inquietação social.

No Canadá, o Departamento de Energia, Minas e Recursos, órgão federal responsável pelo setor mineral, vem empreendendo um grande esforço para harmonizar a extração mineral e a preservação ambiental. Funcionários do governo e representantes da indústria tentam manter um diálogo permanente para atingir o melhor entendimento possível nessas questões. Do lado da indústria, já houve, inclusive, iniciativas de estabelecer códigos de prática ambiental e de emitir relatórios de desempenho ambiental. Ainda assim, a situação não é tão tranquila para as empresas de mineração em razão das exigências crescentes dos órgãos ambientais. Em 1991, a província de Ontário passou a exigir que as empresas de mineração fizessem provisões financeiras para o fechamento das minas desde a implantação de um novo empreendimento, o que obviamente desagradou os empresários do setor.

As exigências impostas gradativamente pelos governos do Canadá e Estados Unidos ensejam o reexame de um fenômeno que aqui denominamos 'evolução das espécies'. Um trabalho publicado por D.F. Hewett em 1929 fornece uma base através da qual se pode acompanhar a evolução da produção, comércio e uso dos minerais (bens metálicos) em diversas nações. Ele analisou a história da mineração num certo número de países, concluindo que ela se desenvolveu através de ciclos por causa da exaustão progressiva das jazidas desses bens metálicos em cada país. Nos ciclos da mineração segundo Hewett, que mereceram uma complementação refinada de T.S. Lovering em 1943, percebe-se uma certa coincidência entre a evolução do uso de minerais e a evolução industrial moderna (figura 1).

Dos quatro países listados — União So-

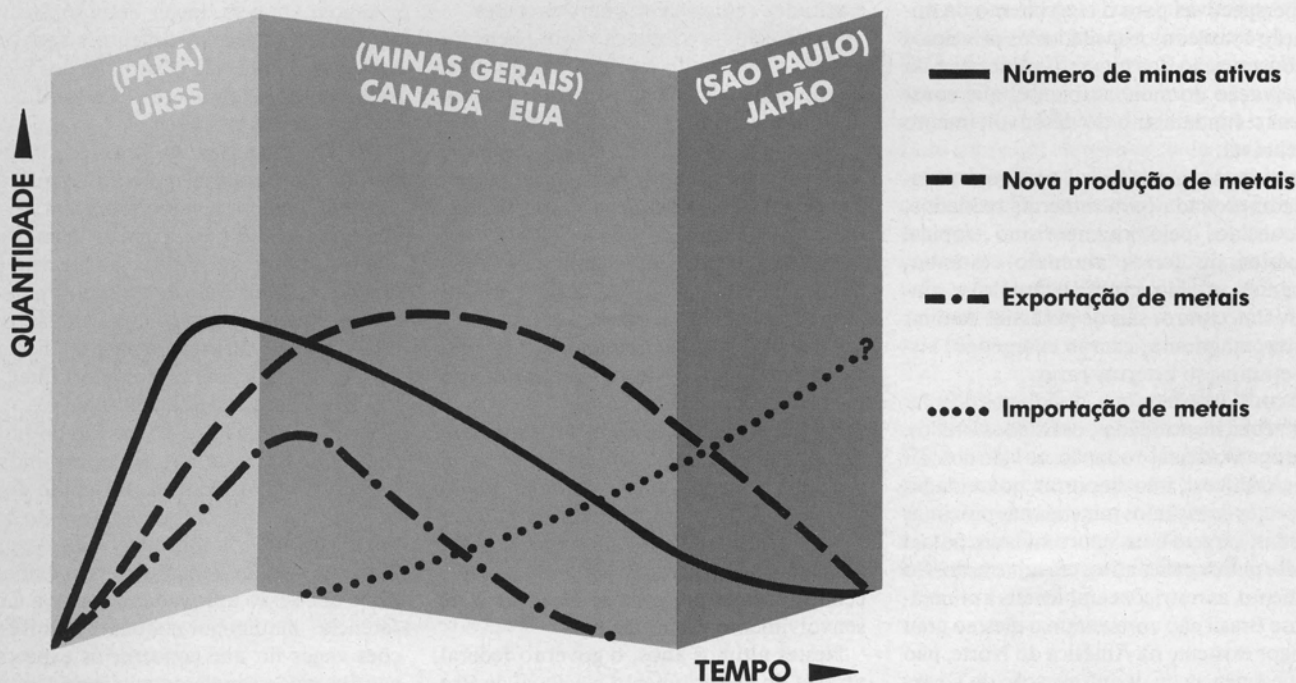


FIGURA 1. Estágios de mineração, produção e comércio de metais, conforme Hewett (1929) e Lovering (1943). Segundo esse quadro, adaptado de Brian Skinner, um país que estivesse iniciando um ciclo este ano o completaria daqui a cerca de cem anos, graças à intensidade da exploração dos recursos.

viética, Canadá, Estados Unidos e Japão —, a ex-União Soviética (hoje Comunidade de Estados Independentes) é o país mais ativo em mineração e o mais distante dos avanços tecnológicos atuais, com exceção da indústria espacial. No outro extremo, o Japão, o mais dependente de importações de origem mineral, é o mais avançado na corrida tecnológica. Diga-se, de passagem, que o Japão possuía, em 1970, 246 minas de bens metálicos, número que, 15 anos depois, diminuiu para 39 e em 1990 foi reduzido a apenas 26 minas ativas, das quais se destacam quatro, uma produzindo ouro e as outras três chumbo e zinco.

Para o professor Brian Skinner, da Universidade de Yale, os ciclos de Hewett podem se repetir em países como os Estados Unidos e o Canadá, levando a novas descobertas se os avanços tecnológicos abrirem novos territórios para a prospecção. Sua premissa é de que a população mundial poderá chegar a 12 bilhões por volta do ano 2100 e, para atender às necessidades de uma grande parcela dessa população, todos os países terão que desenvolver os seus recursos. Ele não considera, no entanto, que o estilo de desenvolvimento poderá mudar no próximo milênio, nem que um possível efeito inibidor do movimento ambientalista sobre a sociedade reduziria a chance de abertura de novas minas na-

queles dois países, bem como em outros industrializados, deslocando a indústria mineral para os países em desenvolvimento, como já vem ocorrendo desde os anos 60. O fenômeno dos ciclos de Hewett não significa, de modo algum, que um país com mineração mais forte esteja condenado a ser mais fraco em termos de desenvolvimento tecnológico. Há, como se sabe, outras variáveis em jogo, como a extensão territorial do país, a dotação de recursos naturais, a vocação mineral, o início do processo de industrialização, a renda *per capita*, o nível de educação do povo etc. A comparação, por exemplo, entre o Canadá e o México, ou entre o Brasil e a Argentina, desfaz essa correlação simplista. Constatase, porém, que os países desenvolvidos vêm oferecendo maior resistência ao crescimento ou continuação daquelas atividades econômicas que possam degradar o meio ambiente. Em sua ótica, a mineração passa a disputar espaço com outros usos possíveis do solo, como lazer, turismo, parques nacionais, reservas ecológicas etc.

A figura 1 apresenta ainda, *mutatis mutandis*, uma adaptação desses ciclos para três estados brasileiros, no que se refere à produção e uso de bens minerais — o estado do Pará, que se encontra no estágio inicial do seu desenvolvimento econômico (fa-

se extrativista), quando são abertas as primeiras minas; o estado de Minas Gerais, que atingiu o estágio da primeira transformação (siderurgia, metalurgia, indústria de cimento), empenhando-se em ampliar o seu parque industrial (indústria automotiva e outras); e o estado de São Paulo, que concentra o que há de mais moderno e dinâmico na indústria nacional, já tendo ingressado, para os padrões brasileiros, na fase de alta tecnologia.

Se buscarmos um termo médio representativo do desenvolvimento econômico brasileiro nos dias atuais, ele estará logicamente mais próximo de Minas Gerais do que de São Paulo. Isso significa que a mineração é e continuará sendo por longo tempo uma atividade econômica das mais importantes para o Brasil como nação em desenvolvimento. Dentro da 'evolução das espécies', estamos localizados exatamente no ponto definido pela nossa evolução econômica em que a mineração aparece como um marco significativo, como o foi para os Estados Unidos e ainda é para o Canadá, Comunidade de Estados Independentes e Austrália.

Reconhecendo que a combinação de dois fatores — a exaustão das jazidas de alto teor e as restrições ambientais crescentes — desloca as atividades de mineração para os países em desenvolvimento, abrem-se no-

vas perspectivas para o crescimento da mineração brasileira, respeitados os princípios da conservação dos recursos minerais e da preservação do meio ambiente, que constituem o fundamento do desenvolvimento sustentável.

Ressalte-se que o Brasil tem uma vocação comprovada para minerais oxidados, enriquecidos pelo intemperismo tropical (minérios de ferro, alumínio, estanho, manganês, nióbio, cromo e tântalo) e, ainda, fosfato, ouro, sais de potássio, caulim, gipsita, magnesita, carvão energético, xisto betuminoso e terras-raras.

Se considerarmos que, devido aos dois fatores acima mencionados, os Estados Unidos, a Europa Ocidental e o Japão, ao lado dos 'Tigres Asiáticos', irão importar quantidades crescentes de insumos minerais nas próximas décadas, surgem boas oportunidades para o Brasil e outros países ativos em mineração. No momento, as restrições ambientais à mineração no Brasil não apresentam o mesmo grau de rigor existente na América do Norte, não por negligência ou desinformação do governo, mas pelo reconhecimento de que o combate à pobreza, a geração de novos empregos e outras necessidades básicas são metas prioritárias no atual estágio de desenvolvimento.

Uma das tarefas mais importantes para o governo e para as empresas brasileiras líderes do setor de mineração é a formulação de estratégias baseadas nas vantagens comparativas dos nossos recursos minerais e da nossa base tecnológica, dentro de um quadro de competitividade internacional. Dentre essas novas estratégias destacam-se:

- a revisão constitucional em 1993, ou mesmo antes, conforme decidir o Congresso, eliminando-se as restrições à participação do capital estrangeiro na pesquisa e lavra de bens minerais

- a revisão e atualização do Código de Mineração e da legislação correlata, desfazendo os entraves burocráticos ora em vigor.

- a modernização da estrutura do Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM) na sede e do Ministério da Infra-Estrutura nos estados

- o trabalho integrado e harmônico entre o DNPM e os órgãos ambientais nos níveis federal e estadual, administrando conflitos de jurisdição e solucionando impasses decorrentes da aplicação da legislação ambiental

- a conscientização da sociedade brasileira, em particular das Organizações Não-Governamentais (ONGs), quanto à necessidade de continuação da exploração dos nossos recursos naturais, atendendo à legislação ambiental e evitando-se posturas

e atitudes radicais contraproducentes

- a revisão da tributação sobre bens minerais, objetivando também assegurar ao Brasil uma posição competitiva no mercado internacional

- a solução dos problemas técnicos, legais, sociais e ambientais da garimpagem

- o incentivo à pequena e à média empresa de mineração

- a dinamização dos levantamentos geológicos básicos e da pesquisa mineral, empregando técnicas modernas e eficazes

- a melhoria da competitividade internacional das empresas de mineração e de consultoria especializada

- a formação e reciclagem de recursos humanos para a mineração em todos os níveis, e o emprego de uma política salarial mais competitiva para o serviço público

- o melhor entendimento entre o governo e a iniciativa privada, cada um reconhecendo o seu papel para se alcançar o desenvolvimento pleno do país

Nestes últimos anos, o governo federal, através do Departamento Nacional da Produção Mineral, vem se esforçando para estabelecer ações pró-ativas no seu relacionamento com os órgãos ambientais, bem como para desenvolver projetos que visam ao monitoramento e à recuperação de áreas degradadas pela mineração e garimpagem.

O futuro da indústria mineral brasileira vai depender, em larga medida, da conscientização da sociedade em relação à necessidade e oportunidade do aproveitamento dos nossos recursos naturais em bases ecologicamente sustentáveis. Desde a divulgação do *Relatório Brundtland* (Nosso Futuro Comum), pelas Nações Unidas, em 1987, a humanidade tem estado preocupada com a sua sobrevivência, aspirando a manter ou alcançar uma qualidade de vida aceitável, sem que isso venha criar obstáculos para o desenvolvimento das gerações futuras.

Ao tratar dos recursos não-renováveis, como minerais e combustíveis fósseis, o *Relatório Brundtland* afirma que "(...) o uso reduz a quantidade de que disporão as futuras gerações. Isso não quer dizer que esses recursos não devam ser usados. Mas os níveis de uso devem levar em conta a disponibilidade do recurso, de tecnologias que minimizem seu esgotamento e a probabilidade de se obterem substitutos para ele. Portanto, a terra não deve ser deteriorada além de um limite razoável de recuperação. No caso dos minerais e dos combustíveis fósseis, é preciso dosar o índice de esgotamento e dar ênfase à reciclagem e ao uso econômico, para garantir que o recurso não

se esgote antes de haver bons substitutos para ele. O desenvolvimento sustentável exige que o índice de destruição dos recursos não-renováveis mantenha o máximo de opções futuras possíveis."

No caso específico do Brasil, os investimentos em pesquisa mineral nos últimos anos têm caído a níveis alarmantes, o que põe em risco a tese do desenvolvimento sustentável. Sobre os ombros do governo pesa a responsabilidade de assegurar para as gerações futuras suprimentos adequados de bens minerais suficientemente conhecidos e com características tecnológicas que permitam o seu aproveitamento.

A realização da Rio-92, no Rio de Janeiro, vem representar a maior oportunidade neste final de século para um amplo debate sobre o destino da humanidade no Terceiro Milênio. As disposições da Agenda 21 e da Carta da Terra, ainda em elaboração e que serão aprovadas durante a Conferência, contêm por enquanto manifestações vagas no que concerne às expectativas dos países em desenvolvimento, considerando que as mudanças globais a serem evitadas — ou, melhor dizendo, minimizadas — têm uma conotação distinta para esses países, em relação aos desenvolvidos. Entre as pretensões de uns e de outros, surgem dilemas e impasses. É possível promover o desenvolvimento sustentável? Quais os desafios a serem enfrentados pelos países em desenvolvimento, com as suas dificuldades crônicas nas áreas política, econômica e social? Como reagirão as forças que se beneficiam do *status quo* aqui e fora do nosso país? A dívida externa do Terceiro Mundo inviabiliza as ações criadoras em direção a um novo paradigma?

Ao analisar o papel da mineração em nosso cotidiano, é fundamental que a sociedade brasileira se posicione em função de sua situação real, sem copiar estilos de vida alienígenas, incompatíveis com o nosso estágio atual de desenvolvimento econômico, político e social. Os ciclos da mineração de Hewett não podem ser ignorados. Dentro da mesma nação, as diferenças regionais têm que ser absorvidas pelas forças políticas. Não deve haver antagonismo entre uma mentalidade urbano-industrial com motivação pró-meio ambiente e uma rural-extrativista com forte conotação pród-desenvolvimento. Os objetivos e necessidades desses dois segmentos são, na realidade, complementares. O desafio que surge no horizonte, neste final de século, é o aproveitamento dos nossos recursos naturais dentro de uma nova ótica e de uma nova ética.

RESERVAS EXTRATIVISTAS: UMA ESTRATÉGIA DE USO SUSTENTADO

A idéia de aproveitar as riquezas da Amazônia sem esgotá-las e sem tornar inevitável a destruição da floresta — ao contrário, de modo que ela se renove ciclicamente — pode não ser apenas uma utopia. O extrativismo praticado tradicionalmente pelos índios, seringueiros, castanheiros e outros habitantes da região, que vivem daquilo que a natureza lhes oferece, é um exemplo. O projeto de criação de reservas extrativistas — seis das quais já foram implantadas no Acre — constitui uma oportunidade para sustar o desmatamento, resolver problemas sociais e ao mesmo tempo, sob a ótica do lucro, viabilizar a exploração de produtos silvícolas de grande interesse para o mercado nacional e internacional. Sem falar na borracha natural, cujas perspectivas de aproveitamento tendem a aumentar num futuro próximo. O autor, com sua vasta bagagem de pesquisas na região amazônica, assinala, entretanto, que a manutenção da floresta deve ser vista como condição prévia, a partir da qual os mecanismos econômicos seriam ajustados.

Philip M. Fearnside

Departamento de Ecologia,
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia

Em 1985 surgiu uma oportunidade para que áreas da floresta amazônica fossem mantidas sob uso sustentado. Foi quando o Conselho Nacional dos Seringueiros (CNS) e o Sindicato dos Trabalhadores Rurais de Xapuri e Brasília (Acre) propuseram a criação de uma série de reservas, denominadas 'extrativistas'. As seis primeiras dessas reservas já estão estabelecidas no Acre, um dos estados brasileiros mais ameaçados de desmatamento.

Extrativismo significa retirada de produtos florestais não madeireiros, tais como látex, resinas e castanhas, sem derrubar as árvores. Portanto, a criação dessas reservas dá proteção às terras florestadas, tradicionalmente usadas pelos seringueiros, castanheiros e outros extrativistas. Muitos tipos de produtos da floresta são também colhidos, para uso na medicina e na alimentação dos próprios extrativistas, além dos 30, aproximadamente, hoje coletados para comercialização.

Em geral os extrativistas — principalmente os seringueiros — têm morado na floresta e coletado esses produtos desde o *boom* da borracha, no final do século XIX. No Brasil, contaram-se 68 mil famílias de seringueiros no censo de 1980 (IBGE, 1983), se bem que as organizações de seringueiros afirmem que o número é muito maior. Estima-se que essas famílias ocupem 4-7% da Amazônia legal, numa densidade de uma família por 300 a 500 hectares.

As reservas extrativistas, conforme a proposta, serão administradas comunalmente, sendo a propriedade da terra retida pelo governo, de maneira semelhante às reservas indígenas. O sistema, entretanto, não constitui uma forma de coletivização dos recursos. Embora não tenha nenhum título individual da terra, cada família detém o direito de coletar em seu território tradicional de extração (as 'colocações') dentro das reservas. A terra não pode ser vendida nem convertida em usos não florestais, embora sejam permitidas pequenas

clareiras para cultivos de subsistência, normalmente não mais de 5 hectares por família, ou cerca de 1-2% da área da reserva.

As duas primeiras reservas extrativistas foram criadas por decreto do governador do Acre em fevereiro de 1988. Posteriormente mais quatro estabeleceram-se naquele estado. No entanto, elas têm encontrado uma oposição violenta no Acre, onde os líderes dos seringueiros vivem sob ameaça constante de morte por parte de pistoleiros contratados pelos fazendeiros. Em 22 de dezembro de 1988, o assassinato de um dos líderes, Chico Mendes, chamou a atenção do mundo para esta violência.

A nova Constituição brasileira (art. 225 parágrafo 1º), em vigor desde 5 de outubro de 1988, inclui dispositivos que favorecem a criação de reservas extrativistas. Em julho de 1989, a lei nº 7.804 facilitou muito o projeto, ao permitir que o Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (Ibama) as criasse como áreas de proteção ambiental, sem depender do Instituto de Colonização e Reforma Agrária (Incra). Atualmente o Banco Mundial (BIRD) e o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) estudam a forma de ajudar a criação de novas reservas, agora também no Amapá, Amazonas e Rondônia (ver tabela).

As reservas extrativistas são interessantes por vários motivos relacionados aos problemas sociais. Permitem que os seringueiros mantenham sua atividade, ao invés de serem expulsos pelo desmatamento. Entretanto, não devem ser vistas como alternativa para sustento de populações densas ou para absorção de migrantes. Quem é novato em extrativismo carece dos conhecimentos necessários para fazer o sistema funcionar de modo sustentado. Mesmo com pessoas experientes, apenas uma população esparsa, atualmente de 1,0-1,7 habitantes por km², pode ser sustentada.

O governo do Amazonas lançou um

TABELA 1 RESERVAS EXTRATIVISTAS EXISTENTES E PROPOSTAS ^(a)

Nº ESTADO	NOME DA RESERVA	ÁREA (km ²)	Nº DE FAMÍLIAS PRESENTES	STATUS	TÍTULO DA TERRA
1 Acre	Porto Dias	221	83	Criada	
2 Acre	Riozinho	359	120	Criada	
3 Acre	Chico Mendes	9.706	1.500	Criada	Em discriminatura pelo IBAMA
4 Acre	Floresta	180	50	Criada	Indicado para desapropriação
5 Acre	Cachoeira	250	80	Criada	Desapropriado
6 Acre	Figueira	?	20	Criada	Desapropriado
7 Acre	Santa Quitéria	440	150	Criada	Desapropriado
8 Acre	Macaua	1.030	150 (b)	Criada	?
9 Acre	Tejo	3.000	407 (c)	Criada	Discriminado
10 Acre	Rio Cajari	5.062	1.600	Criada	
11 Acre	Rio Juruá	4.817	1.000	Criada	
12 Amapá	Maracá-1	750	214	Criada	Desapropriada
13 Amapá	Maracá-2	225	74	Criada	Desapropriada
14 Amapá	Maracá-3	2.260 (d)	760	Criada	Desapropriado
15 Amazonas	Antimary	2.602 (e)	867	Criada	
16 Amazonas	Terruaã	1.392 (f)	426	Criada	
17 Rondônia	Ouro Preto	2.046 (g)	682	Criada	50% terras da União; 50% indefinido
18 Rondônia	Pacáas Novos	1.800	100	Proposta	Desapropriado
19 Rondônia	Cautário	2.300	100	Proposta	50% terras da União; 50% indefinido
20 Rondônia	Pedras Negras	1.800	80	Proposta	50% terras da União; 50% indefinido
21 Rondônia	Jaciparaná & Mutumparaná	2.400	120	Proposta	Desapropriado

(a) Situação em novembro/1988. Fonte: Instituto de Estudos Amazônicos, 1988; (b) Fonte: Chico Mendes, comunicação pessoal, 1988; (c) incluindo 282 índios; (d) área ocupada 957 km²; (e) área ocupada 195 km²; (f) área ocupada 676 km²; (g) área ocupada 450 km²

‘projeto extrativista’ elevando o número de famílias em uma área, no município de Boca do Acre, de 500 para cinco mil, e é preciso cuidado para que os termos ‘projeto extrativista’ e ‘reserva extrativista’ não se tornem meros eufemismos para o tipo de assentamento que já ficou desacreditado na colonização agrícola na Transamazônica e em Rondônia. Isso desacredita, indiretamente, o extrativismo legítimo.

Acre e Rondônia, estados que estão sofrendo desmatamento acelerado, têm a maior proporção de seringueiros ‘livres’ ou autônomos e as organizações mais fortes desses profissionais que compreendem a necessidade de defender a floresta como condição para sua própria sobrevivência. A maior parte dos seringueiros dos outros estados ainda trabalha sob o regime do ‘aviamento’, ou escravidão por endividamento, que os torna cativos em consequência das dívidas sempre crescentes que contraem com os seringalistas.

Em contraste com quase todos os outros projetos para a Amazônia, em geral decretados pelas autoridades governamentais, a proposta para as reservas extrativistas originou-se em nível popular. Essa origem

local aumenta a probabilidade de que a infra-estrutura e o sistema serão mantidos conforme o projeto inicial. A auto-suficiência econômica é meta importante para os extrativistas. Ela exigirá a maximização do valor e variedade dos produtos vendidos, limitará o vazamento de dinheiro para intermediários e minimizará o custo de estabelecimento e manutenção das reservas.

Embora a melhoria das condições de vida para os extrativistas tenha sido uma das principais motivações do projeto, é pouco provável que o governo crie reservas para os seringueiros com base neste argumento, uma vez que populações maiores e mais acessíveis também carecem de serviços básicos. Portanto, a prioridade para quaisquer verbas destinadas ao projeto deve ser a rápida demarcação do maior número possível de reservas. A infra-estrutura vem em segundo lugar, com equipamentos modestos e localmente custeados, tanto quanto possível. O custo da instalação de escolas e postos de saúde em áreas remotas através da burocracia governamental e de firmas contratadas pode ser astronômico.

Encontrar meios eficazes para deter a perda da floresta é uma prioridade óbvia.

Os benefícios do desmatamento são minúsculos: as pastagens, que acabam tomando conta das áreas desmatadas, não são auto-sustentáveis. A alternativa, além das reservas extrativistas, são os projetos de manejo florestal para fins madeiros. Entretanto, tais projetos têm várias desvantagens, como: (1) sua sustentabilidade ainda não está comprovada; (2) eles fornecem menos benefícios à população local; (3) provocam mais perturbações na floresta; (4) as rotinas de manejo são mais suscetíveis a desvios através da corrupção; (5) por dependerem de guardas assalariados, têm menor probabilidade de resistir à invasão de migrantes e grileiros.

A produção da seringa e da castanha-do-pará é o argumento principal usado pelos seringueiros para justificar sua proposta ao governo. A Amazônia brasileira produziu 45 mil toneladas de castanha e 42 mil toneladas de borracha em 1985, segundo estatísticas oficiais. Este argumento, porém, pode não ser suficientemente forte para evitar pressões futuras a favor da alocação das terras para outros usos, pressões que tendem a se intensificar diante da elevação do preço das madeiras tropicais e do aumento do fluxo de migrantes para o Acre.

A produção de mercadorias não madeiras dá menos justificativa do que pode parecer, pois a seringa amazônica é altamente subsidiada: o preço da borracha natural no Brasil é cerca de três vezes maior que o preço internacional. No sudeste da Ásia, seu custo de produção é bem mais baixo, pois ali não ocorre o ‘mal das folhas’, um fungo presente na Amazônia. Além disso, as longas distâncias elevam o custo da mão-de-obra.

Atualmente o Brasil produz menos de 1% da borracha do mundo e importa aproximadamente a metade do que consome. Desta forma, o subsídio torna-se cada vez mais oneroso para os consumidores brasileiros, e é pouco provável que seja mantido por muito tempo. Com um espectro de usos cada vez maior, a borracha sintética — especialmente o poliisopreno — tende a substituir cada vez mais a borracha natural, mas o preço desses produtos sintéticos está em estrita dependência dos preços do petróleo. Por isso, acredita-se que, à medida que as reservas mundiais de petróleo se esgotem e seu preço suba, aumentará a demanda relativa para a borracha natural.

Um bom conselho para os seringueiros seria que façam um grande esforço para diversificar os produtos que extraem e ven-



FOTO CEDIDA PELO AUTOR

Os seringueiros têm tirado látex de seringueiras da floresta nativa durante mais de um século sem danificar a sustentabilidade do sistema produtivo. Aqui, Chico Mendes tira látex de uma árvore na primeira reserva extrativista, localizada em Seringal São Luís do Remanso, no Acre. Meses depois ele seria assassinado.

dem. Esta estratégia exigiria a colaboração com pesquisadores (farmacólogos, químicos e botânicos) para desenvolver novos produtos, especialmente a partir de plantas medicinais.

Para que os extrativistas possam desfrutar de um padrão de vida razoável, é necessário também que desenvolvam a comercialização dos novos produtos. A miséria dos seringueiros durante o *boom* da borracha mostrou que, enquanto a renda dos produtos é retida pelos intermediários, os extrativistas permanecem pobres, independentemente da quantidade de riqueza gerada pelo seu trabalho. Estruturas institucionais devem ser implantadas para lhes assegurar o recebimento dos *royalties* da venda dos produtos, inclusive de eventuais cópias sintéticas dos compostos naturais.

Informações biológicas são um recurso valioso para os extrativistas, embora seja difícil avaliar o valor monetário potencial de materiais genéticos e compostos farmacêuticos. Ninguém paga aos povos indígenas pelo conhecimento tradicional que leva à identificação de novos compostos químicos naturais. As drogas hoje produzidas sinteticamente foram quase sem exceção obtidas originalmente de organismos vivos. Novas drogas continuam sendo necessárias, pois novas doenças continuam a surgir. Recentemente, agentes anticâncer foram descobertos na pervinca de Madagascar (*Catharanthus roseus*), planta tropical que contém mais de 60 alcalóides úteis. A Amazônia possui o maior estoque mundial de espécies. O desmatamento destrói tanto os compostos como o conhecimento dos usos medicinais de cada planta.

Declarações entregues por firmas farmacêuticas a uma comissão do Congresso Nacional norte-americano incumbida de avaliar os impactos do desmatamento tropical definiram os compostos provenientes da

floresta como os modelos para a posterior síntese industrial. No entanto, a exploração das plantas tropicais é uma atividade ainda bastante limitada entre as grandes firmas farmacêuticas. Essa atitude costuma ser apresentada pelas agências governamentais como evidência do baixo potencial de utilidade da floresta. A atração pelo rendimento rápido favorece investimentos em atividades menos substantivas, como embalagens e propaganda. Os executivos da indústria farmacêutica se orientam pelos saldos financeiros e não se esperaria que priorizassem um programa de triagem de plantas tropicais, que devem ser submetidas a um longo processo de testes antes do desenvolvimento de produtos cujo retorno será a longo prazo.

Algumas firmas estão mais interessadas na Amazônia como potencial para produção de sabonetes e cosméticos, que proporcionam um rápido retorno para os investimentos, pois são aprovados para comercialização muito mais depressa do que medicamentos. Tais usos, embora signifiquem rendimento para os extrativistas, não têm a mesma importância que os compostos farmacêuticos como justificativa moral para a conservação das florestas.

Embora o valor monetário seja com frequência citado como a razão principal para salvar a Amazônia, boas razões existiriam mesmo se a floresta não fosse financeiramente valiosa. Entre eles, o papel da floresta em processos macroecológicos, tais como o ciclo hidrológico e o balanço dos gases atmosféricos que afetam o clima global. Algumas pessoas afirmam que áreas substanciais de ecossistemas naturais devem ser preservadas simplesmente porque nelas existem muitos aspectos ainda não compreendidos ou estudados.

Argumentos explicitamente não econômicos e não utilitários são em geral descar-

tados de forma pejorativa no Brasil, como 'poesia'. No entanto, uma importante causa para salvar áreas substanciais de florestas deve ser invocada, com base no auto-interesse humano em esferas não relacionadas com o uso direto dos produtos florestais. Pelo menos a humildade deve motivar alguma preservação.

Não é com base numa avaliação de custos e benefícios econômicos diretos que a questão se coloca ao Brasil para que decida se deve aceitar a destruição de sua floresta amazônica. Se o benefício financeiro é insuficiente, a conclusão deve ser que a fórmula econômica precisa ser reformulada, até que a conservação se torne rentável. Para isso, é essencial encontrar mecanismos que tornem os usos sustentáveis lucrativos e os não sustentáveis antieconômicos.

Os pesquisadores estão se empenhando na busca de maneiras para fazer com que a preservação da floresta tenha vantagem econômica. Seus esforços incluem a identificação de novos produtos, o desenvolvimento de usos adicionais para árvores de madeiras de lei, a demonstração da viabilidade do manejo sustentável da floresta e a documentação tanto dos custos ambientais (inclusive o efeito estufa) decorrentes da perda da floresta como da natureza efêmera dos benefícios acenados pela maioria dos usos da terra que venham a substituí-la.

Entretanto, a manutenção da floresta deve ser tratada como uma restrição sobre as opções de desenvolvimento, para ser aceita antes de quaisquer cálculos econômicos de custo-benefício ou outros. Esta restrição deve ter um lugar semelhante àquele da segurança nacional. Considerações de segurança têm levado o governo brasileiro a obrigar os consumidores a pagar preços mais altos para ajudar o país a ganhar independência na produção de computadores, automóveis, pequenos aviões, borracha natural ou álcool carburante. Ao invés de escolher a opção mais barata, o governo tem obrigado a economia a se adaptar a metas mais altas. A mesma lógica se aplica ao controle do desmatamento e ao favorecimento do uso sustentado da floresta. Mantê-la deve ser uma precondição dada, a partir da qual os mecanismos econômicos devem ser elaborados. O plano-proposta para criação de uma série de reservas extrativistas oferece uma oportunidade excelente para agir com base nessa precondição, de uma maneira barata, que solucionará vários problemas sociais e que, acima de tudo, tem boas chances de ser eficaz.



SÃO PAULO T

Esse futuro está sendo construído com ação e respeito à natureza. O Governo do Estado tem diversos programas de proteção ao meio ambiente em pleno andamento. Entre outros, cabe ressaltar: Despoluição do Tietê, Guarapiranga e Paraíba do Sul.



SP ECO 92

Conservação do Solo e da Mata Atlântica.

Proteção de Juréia-Itatins com desapropriação de 82% da sua área. Fiscalização das matas com o Satélite Landsat 5 ("Olho Verde"). 400 municípios integram a "Operação Mata Fogo" de prevenção de incêndios florestais. Macrozoneamento do Vale do Ribeira. Plano de Desenvolvimento Florestal, com produção em



EM FUTURO.

massa de mudas, plantio e arborização em todo o Estado. No combate à poluição estão implantados os Programas de Controle da Poluição Industrial-Procop; de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores-Proconve. Reforma do Jardim Botânico da capital, reaberto à visitação pública. Nunca é demais lembrar. Um futuro melhor se constrói

respeitando a natureza. Ela é a vida. E pertence a todos nós. Ajude a proteger a natureza.



GOVERNO DE SÃO PAULO
CONSTRUINDO UM FUTURO MELHOR



RUSSELL MITTERMEIER

**Russell A. Mittermeier,
Timothy Werner**
Conservation International (EUA)

José Márcio Ayres
Museu Paraense Emilio Goeldi
New York Zoological Society,
Wildlife Conservation International (EUA)

Gustavo A. B. da Fonseca
Universidade Federal de Minas Gerais
Conservation International

Ao contrário do que se pensa, não é nas minas de ferro e alumínio nem na indústria de aço que se concentra a riqueza brasileira. O maior patrimônio do país está em seus variadíssimos ecossistemas, que, por reunirem o mais elevado número de espécies de organismos do planeta, fazem do Brasil um campeão em matéria de biodiversidade. A exploração racional dessa riqueza — e não a sua destruição — certamente daria uma face nova à política de desenvolvimento do país.

O PAÍS DA MEGADIVERSIDADE

Ao entrar na escola, o estudante brasileiro é bombardeado por mensagens em que seu país aparece como uma terra privilegiada. O professor ensina que o Brasil é um país rico por ter a quinta maior extensão territorial do mundo e possuir grandes reservas minerais. Esses primeiros ensinamentos não são totalmente desprovidos de lógica, pois o Brasil — a nona maior economia do Ocidente — ocupa o sétimo lugar na produção mundial de aço, o segundo na produção de minério de ferro e o oitavo na produção de alumínio. A lição, entretanto, omite um dado importante: esses recursos não são renováveis e tenderão inevitavelmente ao esgotamento. As terras, por sua vez, ao contrário do que diz Caminha em sua famosa carta na época do descobrimento, não são tão férteis assim e, em se plantando, nem tudo dá. Os solos típicos de grandes extensões do país, como por exemplo a Amazônia, são frágeis e de baixa produtividade.

A mensagem ausente nas escolas é que a maior riqueza do Brasil é de natureza biológica, representada por sua expressiva biodiversidade. Dos 1,4 milhão de organismos do planeta já descritos, mais de 10% vivem em território brasileiro, percentual que deverá crescer com a progressiva identificação de novas espécies. Esse importante acervo de recursos genéticos constitui-se em um patrimônio único no mundo.

Mais de 170 países dividem entre si as massas de terra e água dos dois hemisférios do planeta. Por outro lado, mais de 50% das espécies dos seres vivos estão em menos de uma dúzia deles. Esses países, ditos 'megadiversos', representam verdadeiros celeiros biológicos, com várias características em comum. À exceção do Equador e Madagascar, todos possuem grande extensão territorial. São ainda caracterizados por uma grande diversidade de habitats e localizam-se entre os trópicos de Cân-

MAMÍFEROS



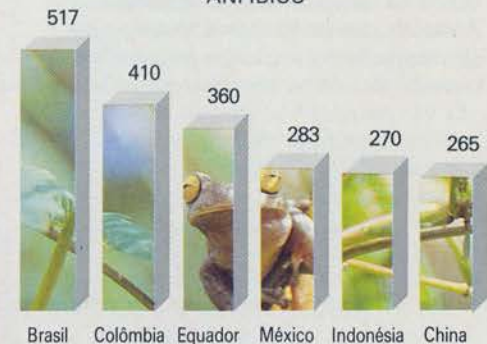
AVES



PAPILIONÍDEOS



ANFÍBIOS



RÉPTEIS



ANGIOSPERMAS



FIGURA 1. Os países mais ricos em número de espécies de mamíferos, aves, borboletas da família dos papilionídeos, anfíbios, répteis e angiospermas (plantas com flores).

cer e Capricórnio. Todos, exceto a Austrália, pertencem ao clube dos chamados 'países em desenvolvimento': Brasil, Indonésia, Colômbia, Peru, México, Equador, Zaire e Madagascar. Embora boas condições de vida e conservação dos recursos biológicos não sejam incompatíveis, os problemas sociais e econômicos enfrentados por esses países fazem com que a luta pela sobrevivência dificulte a priorização de questões relacionadas ao meio ambiente.

Brasil, Colômbia, México e Indonésia são os quatro países mais ricos em biodiversidade (figuras 1 e 2). No Brasil, que ocupa a primeira posição em número total de espécies de organismos, vivem aproxi-

madamente três mil espécies de vertebrados terrestres e três mil de peixes de água doce. São também encontradas 55 mil espécies de plantas com flores (angiospermas), 517 de anfíbios e 61 de primatas, representando, respectivamente, 22%, 12% e 26% do total existente no planeta. Grande parte da riqueza estimada em insetos — da ordem de dez a 15 milhões, a maioria ainda desconhecida — certamente se encontra no Brasil. Além disso, o país disputa com o México o segundo lugar em número de mamíferos (cerca de 450 espécies), ocupa a terceira posição em número de pássaros (1.622) e espécies de palmeiras (387) e a quarta em répteis (468 espécies).

A extensão das florestas tropicais brasileiras é de longe a maior da Terra: são mais de 3,57 milhões de km², representando 30% das florestas tropicais existentes. A floresta tropical úmida do Brasil é maior do que a encontrada na África, na Ásia e no restante da região neotropical. Portanto, o eixo das ações que definirão o destino tanto dessas formações quanto da biodiversidade do planeta passa necessariamente pelo Brasil.

O grande número de espécies que os países ditos 'megadiversos' abrigam está associado aos expressivos níveis de endemismo. Formas biológicas endêmicas são aquelas cuja distribuição está restrita a uma determinada região, país ou continente, dependendo da escala da análise. Madagascar e Austrália, em razão de sua história geológica marcada por um longo período de isolamento de outros continentes, detêm os

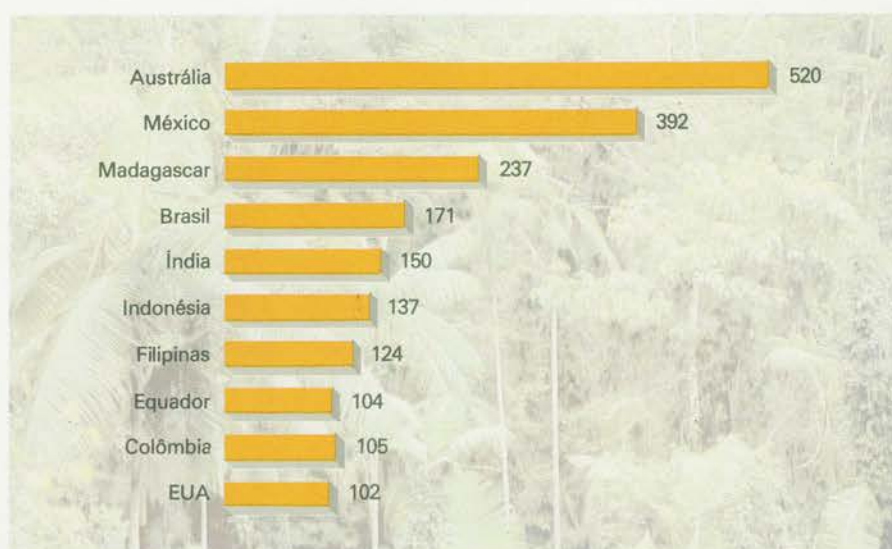


FIGURA 3. Países mais ricos em espécies endêmicas de répteis.

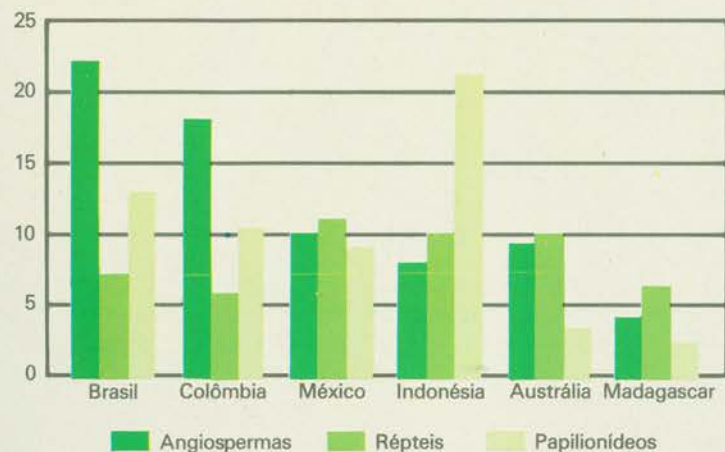
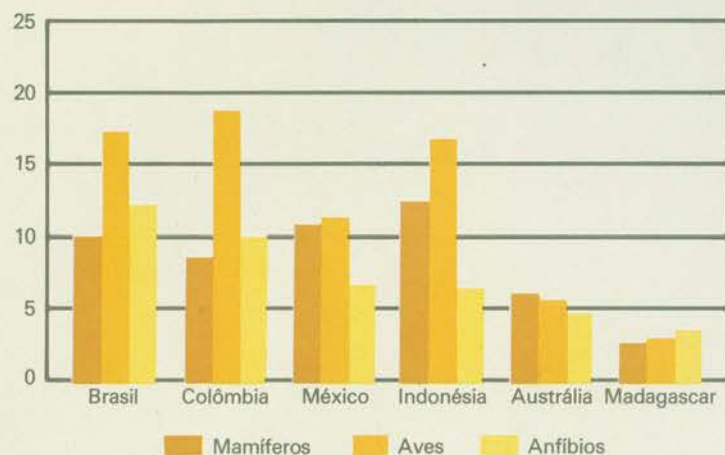


FIGURA 2. Percentuais da diversidade global em países megadiversos.

maiores índices de endemismo. Em Madagascar, 96% das espécies de palmeiras são exclusivas desse país. Do mesmo modo, 93% dos primatas, 88% dos répteis (figura 3), 80% dos mamíferos e das plantas com flores são também endêmicas a esta ilha da costa africana, cuja área é de 594.180 km². Na Austrália, 92% dos anfíbios, 80% das plantas, 76% dos répteis, 76% dos mamíferos e 74% dos pássaros são endêmicos.

Quanto ao Brasil, muitas de suas espécies podem também ser encontradas nos países vizinhos, já que seus limites territoriais são menos geográficos que políticos. Apesar disso, o grau de endemismo de sua flora e fauna não é desprezível: 35% dos primatas, 11% dos pássaros, 37% dos répteis e cerca de 61% dos anfíbios (figura 4) estão restritos ao seu território. Os significativos índices de endemismo no Brasil se devem basicamente à grande diversidade de habitats e à extensão territorial do país. Esse endemismo é especialmente notável em algumas porções da Mata Atlântica e no sudeste da Amazônia.

Com relação às formações vegetais, o Brasil pode ser dividido, segundo o ponto de vista do pesquisador, em seis ou sete sub-regiões. A porção brasileira da Amazônia é a maior extensão de floresta ininterrupta contida nos limites territoriais de qualquer nação. Estima-se que cerca de 80% desses ambientes estejam praticamente intocados, embora as taxas de destruição e conversão de florestas durante a última década tenham sido bastante significativas, especialmente nas porções sul e sudeste da região amazônica (Rondônia e sul do Pará). Somente em 1987, de acordo com dados obtidos através de imagens de satélite, cerca de oito mil hectares de matas primárias foram destruídos. Essa área corresponde a duas vezes o tamanho da Suíça, é maior do que a Albânia e a Dinamarca jun-

tas ou se compara em extensão ao território austríaco. Embora haja sugestões de que o ritmo de desmatamento tenha caído significativamente nos últimos dois anos, sobretudo em resposta ao fim dos incentivos fiscais para atividades agropecuárias, a conversão de áreas naturais ainda é preocupante, especialmente quando associada a outras atividades incompatíveis com a conservação da biodiversidade, como por exemplo o garimpo.

A Amazônia é constituída por vários tipos de vegetação, como as matas de terra firme, várzeas, igapós, campinaranas, tabocais, savanas, chavascais, entre outras formações, cada uma delas responsável pela origem e manutenção da riquíssima biodiversidade da região. Um dos tipos de vegetação mais afetados é a mata primária de terra firme, principalmente as do sul e sudeste da região e nas vizinhanças das grandes cidades, como Manaus, Santarém e Belém. Estão também sendo rapidamente alteradas as matas e campos periodicamente inundáveis ao longo dos grandes rios, conhecidos como várzeas. Essas formações representam cerca de 5% da Amazônia e vêm sendo sistematicamente alteradas pelo corte seletivo de madeiras de lei e de madeiras leves para a indústria de compensados. A pesca intensiva, de jacarés e tartarugas inclusive, ocorre na região há mais de 200 anos, tendo alterado trechos significativos das várzeas. Apesar disso, pouca atenção quanto à conservação tem sido dada a esse tipo de ecossistema amazônico. Os planos de desenvolvimento em andamento na região têm reservado um papel primordial para os férteis solos das várzeas, com o objetivo de torná-los o sustentáculo agrícola da região. Não podemos esquecer ainda que a região amazônica possui o maior sistema fluvial do mundo, abrigando uma variadíssima fauna aquática.

A região da Mata Atlântica corresponde a uma estreita faixa de florestas ao longo da costa leste do Brasil, estendendo-se do Ceará e Rio Grande do Norte ao Rio Grande do Sul. A área original da Mata Atlântica é estimada em 1,1 milhão de km², o que corresponde a um terço da floresta amazônica brasileira ou a 12% do território do país. No entanto, a região foi a primeira do Brasil a ser colonizada. Nela estão localizados seus maiores centros industriais e agrícolas, além de ser a área mais densamente povoada do país. Como resultado de quase 500 anos de exploração, as florestas da região foram quase totalmente destruídas. Restam hoje menos de 5% da cobertura original, sendo que os remanescentes florestais são pequenos e muito fragmentados. A maioria dos fragmentos restantes é composta de vegetação secundária. Os maiores remanescentes estão hoje

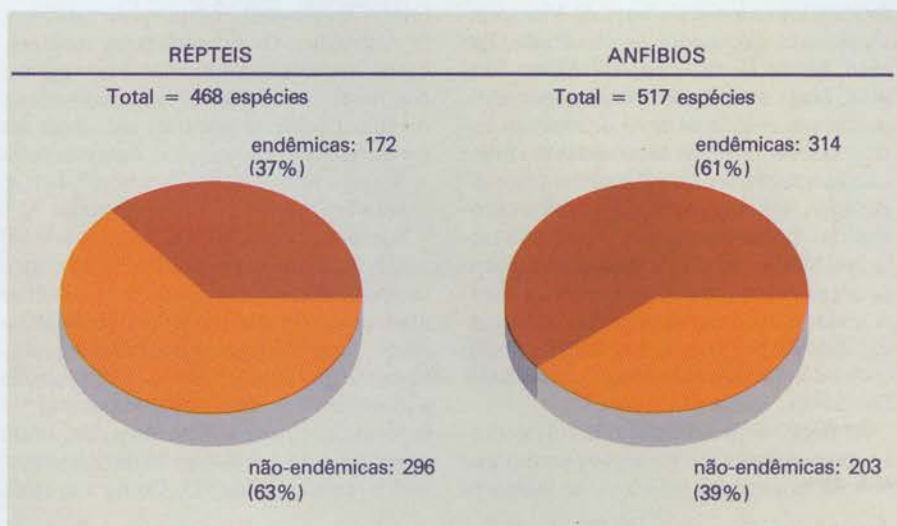


FIGURA 4. Fauna endêmica de répteis e anfíbios do Brasil.

ANDREW YOUNG



FOTOS: RUSSELL MITTMEIER

O Brasil reúne 1/4 das espécies de primatas do planeta: (a) monocarvoeiro (*Brachyteles arachnoides*), endêmico da Mata Atlântica, o maior da América; (b) mico-leão-preto (*Leontopithecus chrysopygus*), restrito à Mata Atlântica; (c) parauaçu-branco (*Pithecia albicans*) e (d) uacari (*Cacajao calvus calvus*), endêmicos da Amazônia brasileira.

localizados ao longo da Serra do Mar, principalmente nos estados de São Paulo, Paraná, Rio de Janeiro e Espírito Santo. São, pois, áreas de especial interesse por abrigarem um grande número de espécies endêmicas. As florestas localizadas em áreas não-montanhasas foram praticamente dizimadas, à exceção de algumas áreas protegidas, que se encontram hoje muito isoladas. Muitas persistem graças ao esforço de alguns abnegados proprietários rurais. A maior parte dessas áreas, cuja conservação deve ser priorizada, está distribuída ao longo dos estados de Minas Gerais, Espírito Santo, Bahia e Alagoas.

As florestas de araucária do sul do Brasil, responsáveis até há algum tempo por 90% da exportação brasileira de madeiras

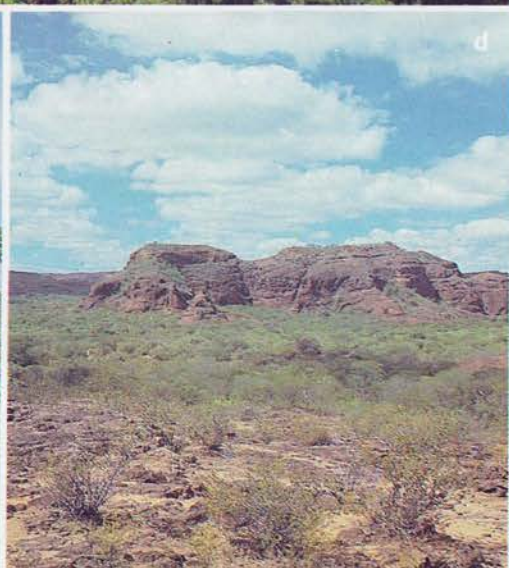
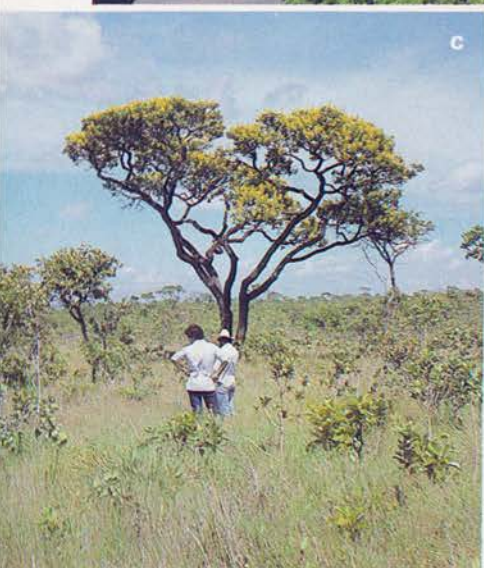
(pinho-do-paraná), foram quase totalmente destruídas. Os pouquíssimos remanescentes merecem ser totalmente protegidos, por iniciativa das autoridades ambientais do Brasil e com o apoio da sociedade em geral. As matas de araucária integram, com a floresta atlântica propriamente dita, o chamado complexo Mata Atlântica.

É interessante notar que seis das sete espécies da fauna brasileira dadas há pouco tempo como provavelmente extintas (duas aves, quatro borboletas e uma libélula) deviam ocorrer, ao que tudo indica, exclusivamente na Mata Atlântica. Com relação a mamíferos, a Mata Atlântica possui 215 espécies, enquanto a Amazônia, incluindo as regiões fora dos limites do território brasileiro, tem cerca de 353. Como a área da

Amazônia é aproximadamente cinco vezes maior que a da Mata Atlântica, este bioma, apesar de possuir menor biodiversidade, tem mais espécies por unidade de área do que aquele. À medida que novos estudos forem concluídos, poder-se-á verificar esse padrão para outros grupos animais.

O cerrado do Brasil central é o segundo bioma brasileiro em extensão territorial, composto de uma série de formações vegetais muito ricas do ponto de vista botânico. Atualmente, experimenta as maiores e mais rápidas taxas de expansão de fronteiras agrícolas do país. De superfície relativamente plana e solos melhores que os da Amazônia, o cerrado está atraindo grande parte da agroindústria nacional. A agricultura que ali se pratica volta-se principal-

FOTOS RUSSELL MITTERMEER



GUSTAVO FONSECA

ILMAR SANTOS

A megadiversidade biológica do Brasil pode ser atribuída à sua variedade de biomas: (a) Amazônia (Rondônia); (b) Mata Atlântica (Estação Biológica de Caratinga, MG); (c) cerrado (Reserva Ecológica do IBGE, DF); (d) caatinga (região de Canudos, BA); (e) Pantanal Mato-Grossense (MS).

mente para as culturas geradoras de capital e com potencial de exportação, como por exemplo a soja, responsável pela conversão de grandes extensões da paisagem natural. Algumas espécies endêmicas a esse bioma, a exemplo do roedor galerícola *Juscelinomys candango*, provavelmente já foram extintas.

A caatinga do Nordeste brasileiro, complexo vegetacional de caráter arbustivo, é considerada por alguns pesquisadores como um ambiente já totalmente transformado pelo homem. Por causa do rigor do clima, aproximando-se em algumas áreas daqueles considerados semidesérticos, a caatinga é um ecossistema frágil, com alto potencial de desertificação se explorado intensivamente. Alia-se a esses problemas a existência das populações humanas mais pobres e desassistidas do país. Apesar do baixo índice de endemismo de sua fauna, encontram-se na caatinga algumas das espécies mais ameaçadas do Brasil: o tatu-bola (*Tolypeutes tricinctus*) e a arara-azul-de-lear (*Anodorhynchus leari*). Programas para a recuperação ambiental de vastas áreas de caatinga devem ter prioridade.

O Pantanal Mato-Grossense, localizado nos estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, é a maior área alagada do mundo. De relevo baixo e plano, está sujeito a inundações periódicas, razão pela qual reúne uma das maiores concentrações de fauna do continente. Apesar de ainda estar pouco afetado, o complexo do pantanal vem sendo progressivamente agredido por diversos tipos de poluição, sobretudo aqueles provocados pelo garimpo e por agrotóxicos. Os desmatamentos nas cabeceiras dos rios que drenam para as áreas pantanosas estão produzindo sérios processos de sedimentação.

É preciso mencionar ainda os pampas, ou campos do extremo sul do país — contíguos a outras formações similares na Argentina e no Uruguai —, cuja diversidade biológica e o grau de endemismo são baixos em relação aos demais ecossistemas brasileiros. Há ainda numerosas subcategorias de ecossistemas e comunidades exclusivas do Brasil, como as matas de palmeiras do Nordeste e as matas decíduas do Planalto Central. Medidas que visem à sua proteção devem também ser tomadas.

Está claro, pois, que o Brasil exerce um papel fundamental no que diz respeito à conservação da biodiversidade e das florestas tropicais do planeta. No entanto, as perdas já podem ser contabilizadas, estando algumas espécies inexoravelmente a caminho do desaparecimento. A ararinha-azul (*Cyanopsitta spixii*), por exemplo, típica das matas do Nordeste, está prestes a extinguir-se. Há certamente menos de dez indivíduos na natureza e não mais de 20 so-

ISOLAMENTO PRODUZIU ENDEMISMO E BIODIVERSIDADE

As premissas básicas da teoria dos refúgios — formulada pelo ornitólogo alemão H. Haffer e pelos pesquisadores brasileiros Paulo Vanzolini e Aziz Ab'Sáber — asseguram que, diante das glaciações ocorridas ao longo dos últimos cem mil anos, as florestas tropicais sofreram alterações periódicas em sua extensão e distribuição. As mudanças climáticas provocadas pelas glaciações teriam resultado em ciclos alternados de expansão e contração das florestas. Nos períodos mais secos, a floresta ter-se-ia reduzido a pequenos núcleos mais ou menos isolados, onde o baixo índice pluviométrico não impediu a sobrevivência desse tipo de vegetação.

Os organismos que dependiam das florestas teriam portanto se isolado várias vezes nessas 'ilhas' ou 'refúgios' em passado geológico recente. Nos períodos em que a fase de contração foi suficientemente longa, o processo de diferenciação genética levou populações à divergência até o nível de espécies ou subespécies. Acredita-se que uma parcela significativa da biodiversidade hoje existente na Amazônia, ou mesmo na Mata Atlântica, foi produzida por esse processo. Através dos padrões de distribuição de alguns grupos de animais e plantas, pode-se localizar geograficamente as prováveis áreas

de refúgios, geralmente caracterizadas por altos níveis de endemismo.

Na década de 1970, um grupo de técnicos do então Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal baseou-se nessa teoria para estabelecer várias unidades de conservação na Amazônia. No entanto, o método apresenta limitações, pois exclui algumas formas de distribuição localizada, como os organismos aquáticos, os endêmicos a áreas inundadas e outras formações menores. Além disso, não leva em conta o papel representado pela extensa rede fluvial na distribuição de um grande número de espécies. É importante notar também que a ausência de dados mais precisos sobre a composição das comunidades naturais da Amazônia pode levar à não-identificação de áreas endêmicas importantes.

Em um esforço para aperfeiçoar o sistema, o Ibama, juntamente com vários institutos de pesquisa e entidades ambientalistas, reuniu em Manaus, em janeiro de 1990, sob a coordenação da Conservation International, cerca de cem pesquisadores de vários países, especialistas em diversos grupos taxonômicos, com o objetivo de localizar novas áreas de alto endemismo, a serem prioritariamente conservadas na Amazônia (ver 'Um mapa que protege a Amazônia', em *Ciência Hoje* n° 65).

brevem em criadouros particulares de vários países. Segundo regras genéticas e demográficas, são consideradas virtualmente extintas aquelas espécies cujo número de indivíduos seja inferior a 30.

Há um grande número de espécies endêmicas do Brasil em situação semelhante à da ararinha-azul. Na Mata Atlântica encontramos o mutum-do-nordeste (*Mitu mitu*), o mono-carvoeiro ou muriqui (*Brachyteles arachnoides*), os micos-leões (*Leontopithecus* spp) e o ouriço-preto (*Chaetomys subspinosus*). Na Amazônia, as populações de ariranhas (*Pteronura brasiliensis*) e o sagüi-de-coleira (*Saguinus bicolor*), entre outras, também estão em condições críticas. Há ainda outras espécies na mesma situação e é possível que muitas tenham se extinguido em passado recente sem terem sido identificadas.

Como a fragmentação dos ecossistemas brasileiros é acentuada em vários pontos do país, uma estratégia de preservação da biodiversidade deve levar em conta as unidades de conservação de uso indireto: os parques nacionais e estaduais, as reservas biológicas, as estações ecológicas e outras áreas equivalentes. Segundo regras biogeográficas empregadas na biologia da conservação, a manutenção da biodiversidade é influenciada por diversos parâmetros. O primeiro deles, relacionado ao desenho de áreas preservadas, recomenda que os sistemas de unidades de conservação acompanhem os padrões de origem e distribuição das espécies de animais e plantas. O sistema de unidades de conservação da Amazônia, por exemplo, foi planejado com base na teoria dos refúgios (ver 'Isolamento produziu endemismo e biodiversidade').

Um segundo fator a ser considerado na implantação de um sistema de áreas protegidas é o tamanho de cada unidade de conservação. Com base nas teorias de biogeografia de ilhas e no conceito de populações mínimas viáveis, muitos especialistas acreditam que reservas maiores oferecem proteção mais efetiva às espécies, comunidades e ecossistemas do que aquelas de área menor (ver 'Muitas reservas pequenas: uma solução?', em *Ciência Hoje* n.º 76, p. 18). Além disso, considerações de ordem prática sugerem que uma rede de pequenas unidades de área equivalente à de uma grande reserva implica maior custo de fiscalização.

O Brasil tem 104 áreas protegidas por legislação federal, o que representa cerca de 2% de sua extensão territorial. São 28 parques nacionais, 15 reservas biológicas, 35 estações ecológicas, 15 florestas nacionais e 11 áreas de proteção ambiental (APA), totalizando 16.996.315 ha. A esse sistema podemos adicionar pelo menos 210 unidades de conservação estaduais, a maioria nas regiões Sul e Sudeste. Dados comparativos indicam que a rede de unidades de conservação do país é proporcionalmente menor do que a de países de alta diversidade, como o Equador (38,4%), Indonésia (7,5%), Austrália (4,7%), Índia (4,3%) e Zaire (3,9%). Uma unidade de conservação brasileira tem, em média, 160.000 ha, área no mínimo cinco vezes menor do que as encontradas no Zaire e Equador (figura 5). Apesar de algumas unidades da Amazônia terem mais de um milhão de hectares, como o Parque Nacional do Jaú, o Parque Nacional do Tapajós, a Floresta Nacional de Tefé e a Estação Ecológica de Mamirauá, as localizadas no sul do país são muitíssimo menores, bem abaixo da média nacional.

Os marsupiais, hoje restritos à América e à Austrália, são muito diversificados no Brasil. Na foto, pequena cuíca arbórea típica da Mata Atlântica (*Gracilinanus agilis*), que raramente pesa mais de 40 gramas.



FOTO KENT H. REDFORD

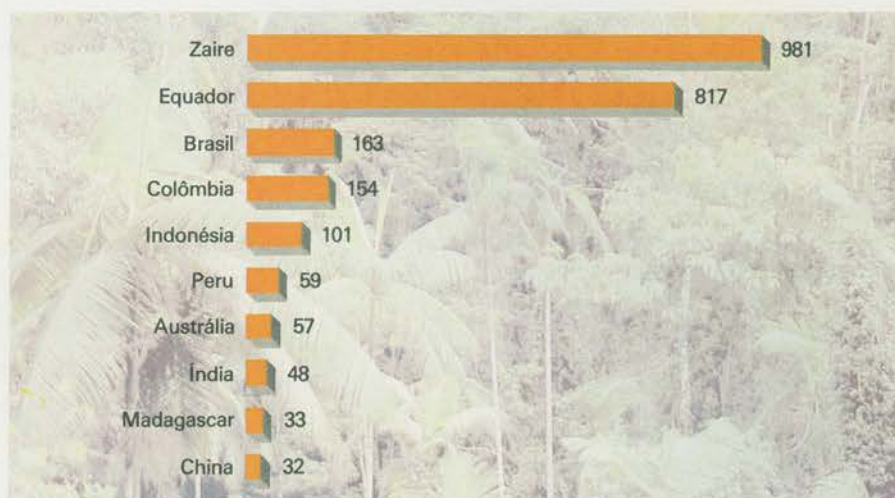


FIGURA 5. Área média das unidades de conservação de países megadiversos (x 1.000 ha).

Parte da biodiversidade do Brasil está teoricamente protegida por seu sistema de unidades de conservação. Estas, no entanto, só irão conservar eficientemente os recursos biológicos do país se transcenderem a questão puramente formal de sua decretação e chegarem a ser efetivamente implantadas no campo, com a devida fiscalização. O número de fiscais do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (Ibama) está muito aquém das necessidades reais do conjunto de áreas protegidas. A superintendência do Ibama no Amazonas, por exemplo, tem apenas 54 funcionários, em sua maioria não-vinculados diretamente com fiscalização. Ainda que todos se dedicassem exclusivamente a essa tarefa, teríamos não mais que um fiscal para uma área de três milhões

de hectares. Isso equivaleria a um fiscal de fronteira para toda a Bélgica! A situação no restante do país não é muito diferente.

Se o quadro de funcionários do Ibama fosse dez vezes maior que o atual, ainda assim teríamos um sistema de fiscalização muito precário. A solução, portanto, vai além desse ponto, devendo envolver as populações diretamente influenciadas pelas unidades de conservação, sobretudo as mais carentes, que sobrevivem graças à exploração de recursos naturais. Em algumas regiões do país, boa parte dos recursos utilizados na economia de subsistência vem das unidades de conservação. Uma solução adequada para esse problema deve implicar esforços que levem à melhor distribuição de renda e de terras no país. Sem isso, os chamados 'sem-terra' continuarão a in-

ZIG KOCH



RUSSELL MITTERMEIER



A arara-azul-de-lear (*Anodorhynchus leari*), à esquerda, e a ararinha-azul (*Cyanopsitta spixii*) são hoje as araras mais raras e ameaçadas do mundo.



Os rios da Amazônia abrigam a mais diversificada fauna de peixes de água doce do mundo. Na foto, um pirarucu (*Arapaima gigas*) recém-capturado na região do Mamirauá (AM).

vadir as áreas destinadas à conservação, muito mais vulneráveis do que os latifúndios improdutivos. Devemos lembrar que as unidades de conservação do Brasil, embora representem uma fração mínima de seu território, desempenham um papel crucial na estratégia de conservação.

A tendência dominante é que as unidades de conservação se transformem em 'ilhas', onde as espécies estarão em isolamento genético efetivo. Portanto, uma estratégia geral de conservação da biodiversidade não deve ficar restrita às áreas protegidas nem impedir a interferência humana. O potencial adaptativo e evolutivo das espécies só será mantido se o fluxo gênico entre as populações de animais e plantas das diversas unidades for assegurado. Devem ser estabelecidos 'corredores' entre os parques e reservas, principalmente nas regiões em que estas tendem a ser pequenas e isoladas, como na Mata Atlântica e nas

O Pantanal Mato-Grossense abriga uma das maiores concentrações de animais silvestres do continente, entre eles o jacaré-do-pantanal (*Caiman crocodylus yacare*), à esquerda.

O Brasil reúne o maior número de espécies de anfíbios do mundo, muitas delas não-conhecidas. Ainda sem nome popular, *Hyla ferman-doi* (à direita) foi recentemente descoberta em veredas do sul de Minas Gerais.

caatingas do Nordeste. Nesses ecossistemas, tal objetivo só será atingido por meio da recuperação de áreas degradadas. Em outros, como os localizados na área de influência da Zona Bragantina e das rodovias Belém-Brasília e Transamazônica, o processo de fragmentação e isolamento prossegue em ritmo acelerado, e só medidas urgentes poderão resultar na criação dos necessários 'corredores' em áreas ainda dotadas de vegetação natural em bom estado de conservação.

Como já dissemos, a diversidade biológica do Brasil não será preservada por decreto. Para sua adequada conservação, não há dúvida, deverão ser equacionados os anseios das populações humanas diretamente envolvidas na utilização dos recursos naturais, com o desenvolvimento de estratégias que propiciem sua exploração sustentada. Exemplo disso são as reservas extrativistas, certamente menos danosas para as regiões em que estão assentadas do que as práticas intensivas anteriormente propostas, como a agroindústria e a pecuária.

Deve-se esclarecer, no entanto, que a biodiversidade do Brasil não será mantida graças apenas à implantação de reservas que permitam a exploração de recursos ao longo de toda a sua área. Apesar de serem menos predatórias, as atividades extrativistas resultam em mudanças significativas na composição das comunidades animais e vegetais. Nas reservas extrativistas do Acre e em algumas áreas indígenas, onde se acreditava que as práticas utilizadas estariam em harmonia com os processos ecológicos, já há evidências do esgotamento das populações de algumas espécies animais mais visadas pela caça e das árvores de maior valor econômico. Portanto, uma solução global para o problema da conservação da diversidade biológica do país deverá incluir áreas cujos recursos tenham uso múltiplo e sustentado, juntamente com unidades de conservação em que não haja atividades humanas.

Habitantes do único planeta do universo em que comprovadamente há vida, dependemos substancialmente de outras espécies de organismos para sobreviver. Nos países do Terceiro Mundo, essa dependência é ainda mais crítica, e uma solução para a melhoria da qualidade de vida dessas nações talvez seja a exploração racional e sustentada de seu rico potencial biológico, recurso relativamente escasso no mundo desenvolvido. O Brasil, por sua vez, ao liderar as estatísticas mundiais em biodiversidade, poderá assumir um papel de vanguarda nas novas estratégias de desenvolvimento. A perda desse patrimônio, além de constituir um desastre de proporções planetárias, será mais profundamente sentida na economia do próprio país. As nações detentoras de megadiversidade têm em mãos um bem incalculável, seu maior cacife para adentrar o século XXI com o pé direito.

SUGESTÕES PARA LEITURA

MCNEELY J.A., MILLER K.R., REID W.V., MITTERMEIER R.A. & WERNER T.B., *Conserving the world's biological diversity*. World Bank, WRI, IUCN, CI & WWF, 1990.

UNIÃO INTERNACIONAL PARA A CONSERVAÇÃO DA NATUREZA, PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE & FUNDO MUNDIAL PARA A NATUREZA, *Cuidando do planeta Terra: uma estratégia para o futuro da vida*, 1991.

WILSON E.O., *Biodiversity*. National Academic Press, 1988.

WORLD RESOURCES INSTITUTE, THE WORLD CONSERVATION UNION & THE UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, *Global biodiversity strategy*, 1992.



CIÊNCIA E AVENTURA:

A POROROCA

Hélder O. Ferreira
Departamento de Geoquímica,
Universidade Federal Fluminense

Björn Kjerfve
Universidade da Carolina do Sul (EUA)

Nossa primeira viagem de reconhecimento foi programada em meio a muitas incertezas. Escolhemos um dia favorável, com maré prevista para acima de 6 m de altura, mas dispúnhamos de informações desencontradas sobre o local e o horário para a observação da pororoca. Partimos de São Luís, Maranhão, às 4h30min do dia 18 de agosto de 1989 rumo a Arari, distante cerca de 170 km da capital. Após alguma hesitação e checagem de informações, nos dirigimos apressadamente até Bonfim do Arari, 12 km ao norte, para depois continuar, a pé, mais 4 km até Curral da Igreja. Tivemos sorte. Eram exatamente 8h11min quando chegamos à margem do rio Mearim e, àquela altura, já conseguíamos escutar um estrondo. Mal tivemos tempo de aprontar nossas câmeras: três minutos depois, a pororoca passava à nossa frente, arrebatando-se sobre as margens e bancos de areia, e continuando rapidamente a avançar rio acima. Sem dúvida, um acontecimento natural espetacular.

A pororoca — *tidal bore*, em inglês — é um fenômeno hidrodinâmico. Ela ocorre na baixa-mar e representa o limite frontal da maré enchente, que, sob a forma de uma onda, avança rio acima, revertendo o sentido da corrente e quebrando-se sobre margens e bancos de areia.

Há registro de 67 rios e estuários em todo o mundo onde ocorre a pororoca, que pode chegar a 5 m de altura. No Brasil, os exemplos se restringem ao

litoral norte, do Maranhão ao Amapá. Imagens impressionantes da pororoca do rio Amazonas, que atinge de 3 a 4 m de altura, foram divulgadas para o grande público em pelo menos dois documentários apresentados pela televisão brasileira. Nas margens e bancos de areia emergidos à baixa-mar, as ondas se quebram com violência, arrancando frequentemente troncos de árvores, que são arrastados por quilômetros de distância.

A violência do fenômeno — mais pronunciada em alguns lugares do que em outros — se expressa não somente pela ondulação da superfície da água, mas também pelas fortes correntes de enchente. Com isso, representa um sério risco para a segurança da navegação. Vários acidentes ocorreram ao longo do tempo. No rio Colorado, no México, a ação do *El Burro* provocou, em 1922, a morte de 130 pessoas. No rio Sena, na França, o outrora famoso *Le Mascaret* causou em 1843 o afogamento da filha do escritor Victor Hugo e de seu marido. No Brasil, nas águas ao fundo da baía de São Marcos, em fins dos anos 50, houve o naufrágio da embarcação *Santa Serafina*, com pelo menos duas vítimas.

Algumas condições são necessárias para que se forme a pororoca. Ela só se dá em águas costeiras, em regiões estuarinas de macromarés com um mínimo de 4 m de altura (intervalo entre a preamar e a baixa-mar). Este fato limita bastante a sua ocorrência, uma vez que, na maior parte das regiões costei-

VISTA DE PERTO

ras do mundo, as marés apresentam alturas menores do que 2 m. As costas de macromarés normalmente se constituem em bacias com dimensões adequadas à ressonância (amplificação do efeito da maré), nas quais os seus períodos naturais de oscilação se assemelham aos das ondas componentes da maré. Esta deve ser do tipo semidiurna, que se caracteriza por duas preamaras e duas baixa-mares em um dia lunar (aproximadamente 24 horas e 50 minutos).

A geometria da bacia é um fator fundamental, uma vez que determina a forma da onda de maré que se propaga na zona estuarina. A pororoca geralmente acontece em sistemas estuarinos de planície costeira, onde a declividade é suave — o que permite a incursão da maré por grandes distâncias rio acima — com margens afuniladas e águas rasas.

Num estuário, a onda de maré é longa (típica de 'águas rasas'), com um comprimento muitas vezes superior às profundidades existentes. Neste caso, a velocidade de propagação da onda é $c = gh^{1/2}$, o que a torna variável em função da profundidade h , sendo g a aceleração da gravidade. Na boca do estuário, a maré é simétrica, com tempos iguais de enchente e vazante.

As alturas de onda do Le Mascaret, na França, e do El Burro, no México, outrora impressionantes, hoje se reduzem a insignificantes ondulações.

No entanto, a montante do estuário, a diminuição crescente da profundidade (efeito de arrasamento) causa velocidades diferentes de propagação da maré, que é mais rápida nas proximidades da preamar. Como resultado, a onda de maré torna-se assimétrica, com tempos de enchente cada vez maiores e tempos de vazante cada vez menores. Em Arari, o período de enchente é de três horas e o de vazante é de nove horas e 25 minutos (figura 1).

O afunilamento das margens do estuário é outro elemento determinante. Não se levando em conta os efeitos do atrito com o fundo, a altura de onda H é inversamente proporcional à largura do canal b e à profundidade h : $H \propto b^{-1/2} h^{-1/4}$. Portanto, um forte estreitamento e arrasamento conduzem a um aumento na altura da maré, o que compensa as perdas naturais de energia ou altura decorrentes do atrito com o fundo. Este fator se faz notar especialmente em estuários onde não ocorre ressonância.

A intensidade e o tipo de pororoca podem ser caracterizados por meio de um pa-

râmetro adimensional frequentemente utilizado em dinâmica dos fluidos, o número de Froude ($F = c/(gh)^{-1/2}$), que expressa a relação entre a velocidade de avanço da pororoca e a velocidade de propagação de uma onda em águas rasas à frente da pororoca. Para escoamentos em presença de pororoca, o número de Froude é maior do que um, característico de escoamentos do tipo supercrítico. [Escoamento supercrítico é quando a velocidade da partícula de água é maior do que a velocidade de propagação de uma onda em águas rasas, à profundidade do local.]

Alterações da geometria do sistema devidas a processos de assoreamento e erosão, naturais ou artificiais, somados ainda a flutuações da descarga de água doce dos rios acarretam, conseqüentemente, modificações nas condições para a formação e propagação da pororoca. As alturas de onda, por exemplo, observadas no *Le Mascaret* e no *El Burro*, outrora impressionantes, hoje estão reduzidas a insignificantes ondulações em conseqüência de dragagem, no primeiro caso, e de assoreamento natural, no segundo.

Podemos, agora, de maneira simplificada, explicar a formação da pororoca. Ela ocorre em um ponto do estuário onde a assimetria da onda de maré atinge um valor crítico, o que representa um rápido aumento do nível d'água, que se torna incompatível com o gradiente extremamente suave do leito do estuário. Ou, definido de outra forma, a pororoca acontece quando $F > 1$. Assim, ela se parece com uma parede de água que se propaga rapidamente para montante, na forma de uma ou mais ondas, seguida de um forte fluxo de água, de modo que o nivelamento da superfície livre do corpo d'água seja restabelecido.

A POROROCA DO RIO MEARIM, MARANHÃO

Embora desperte bastante curiosidade e esteja coberta de folclore, a pororoca teve o seu estudo restrito a abordagens teóricas e descritivas fundamentadas em escassos dados experimentais. Em busca de contribuir para um melhor entendimento do fenômeno, desenvolvemos o projeto *Estudo dinâmico da pororoca no rio Mearim — MA*, baseado num programa específico e pioneiro de medições de campo, que contou com o apoio financeiro do CNPq e da Alumar Administração Industrial S/A, e o apoio logístico da Administração das Hidrovias do Nordeste, da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Companhia Vale do Rio Doce e Vamesa/Odebrecht — MA, além da valiosa colaboração do sr. Francisco da Silva Fernandes, mecânico de motores náuticos.

A área de estudo estendeu-se de 30 a 50 quilômetros de distância, a jusante de Arari, no estuário do rio Mearim (figura 2), com latitude 3,3° S e longitude 44,8° W. O Mearim fica ao fundo da baía de São Marcos (2.025 km² de área) e é um de seus principais tributários. Os experimentos foram realizados em dois períodos, de 19 a 22 de agosto de 1990 e de 28 de janeiro a 2 de fevereiro de 1991, ambos sob marés de sizígia (maré de grande amplitude que se segue à lua cheia ou à lua nova). A altura de maré prevista para o porto de Itaqui (figura 2) era de 6,5 m no primeiro período e de 6,8 m no segundo. Os períodos amostrados representaram situações semelhantes de baixa descarga do rio, da ordem de 40 m³/s.

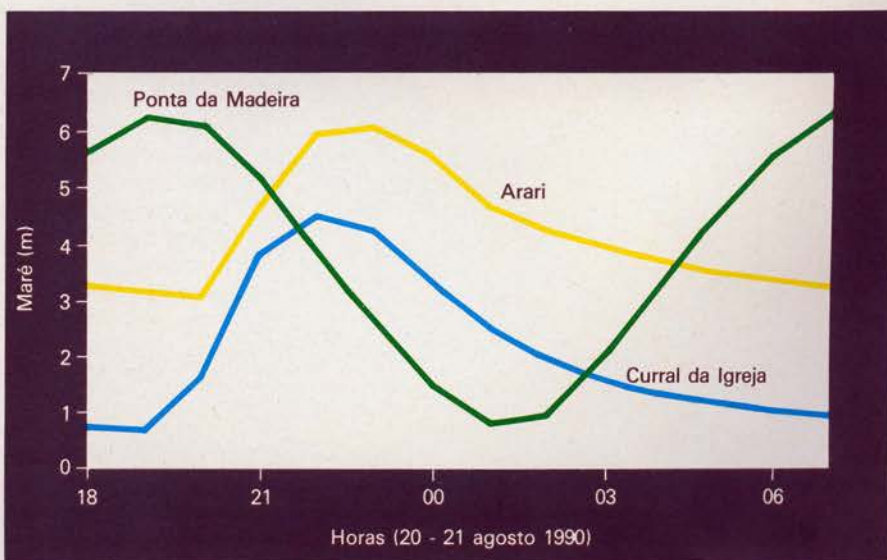


FIGURA 1. O gráfico mostra formas de onda de maré em três pontos do sistema estuarino baía de São Marcos — rio Mearim: Ponta da Madeira (onda simétrica), a 40 km do oceano e 2 km a jusante de Itaqui; Curral da Igreja e Arari (ambos, onda assimétrica), respectivamente a 140 e 170 km do oceano.



A estratégia de amostragem consistiu na utilização de três correntômetros eletromagnéticos InterOcean S4 (figura 3) com opcional para medições de maré, salinidade e temperatura a frequências de amostragem de 1 e 2 Hz. Os instrumentos foram montados em cavaletes de aço de 150 kg, colocados a uma distância do fundo de 0,70 m em pontos onde a profundidade em baixa-mar era de 1 a 3 m. A coleta de dados foi complementada com a determinação dos perfis batimétricos transversais com ecobatímetro e registros contínuos de maré em Arari, realizados simultaneamente às medições com os correntômetros e compilação de dados de descarga do rio.

A pororoca do Mearim forma-se nas proximidades da ponta Verde, no interior da baía de São Marcos, a 120 km do oceano, estendendo-se a montante de 62 km no rio Mearim, em Arari, e 54 km no rio Pindaré, em Cachoeira. Ao longo de sua propagação, a pororoca se apresenta como um fenômeno efêmero. Surge em lugares rasos, quebrando-se sobre bancos de areia e margens, desaparece por alguns momentos sobre canais profundos e ressurge adiante em outros lugares mais rasos. Em função do perfil batimétrico transversal, que, por vezes, apresenta nitidamente um canal prin-

FIGURA 2. Sistema estuarino baía de São Marcos – rio Mearim.

FIGURA 3. Instrumento de amostragem utilizado: correntômetro InterOcean S4, montado sobre um cavalete de aço de 150 quilogramas.

FOTOS CEDIDAS PELOS AUTORES



cial e outro secundário, com profundidades diferentes, resultando na propagação da maré primeiro sobre o canal principal, mais profundo, e depois no outro, mais raso, há formação de mais de uma onda ao longo do percurso.

Observamos este fenômeno nos canais laterais à ilha do Meio. Em certos locais, a pororoca cruza toda a extensão transversal do rio Mearim, ao passo que, em outros, somente é observada em áreas rasas próximas às margens. Ela também se refrata e reflete sobre bancos e margens respectivamente. Ouvimos o estrondo que emite, resultante da arrebentação das ondas, 50 minutos antes de chegarmos ao ponto de observação.

A altura típica da pororoca do rio Mearim é de 1 m. Em Curral da Igreja, no dia 20 de agosto de 1990, observamos uma altura de 0,80 m (figura 4). Após a passagem da pororoca, há uma brusca mudança no padrão das correntes, cuja intensidade em dez minutos aumenta de cinco para 188 cm/s. Ocorre, também, inversão da corrente. Não há mudança de 180° porque o ponto de fundeio do correntômetro situa-se numa curva do rio.

A violência da pororoca é tal que, minutos após a sua passagem, os cavaletes de aço, de 150 quilogramas, tombam constantemente.

Há uma defasagem de tempo de 18 minutos entre a passagem da pororoca e o início das variações de salinidade e temperatura (figura 5). Isto ocorre por causa do retorno de uma mesma massa de água que antes estava de vazante e depois passa a enchente. As amplitudes observadas durante um ciclo de maré foram de 14 para salinidade e 0,6°C para temperatura. Os números de Froude computados ficaram entre três e quatro, caracterizando pororocas do tipo *oscillation jump*.

As velocidades máximas de corrente medidas chegaram a 3 m/s. A violência é de tal ordem que, minutos após a passagem da pororoca, os cavaletes tombavam constantemente. Num ponto de fundeio de correntômetro, um pouco a jusante da foz do rio Pindaré, o cavalete foi arrastado até quase 1,5 km a montante, parando em um banco de areia. A recuperação do instrumento foi bastante difícil. Foram necessárias algumas horas de mergulho para o seu resgate. Já a estrutura de aço, com lastro, do cavalete, estava quase toda enterrada decorridas apenas 24 horas ou dois ciclos de maré, o que tornou impossível o seu içamento.

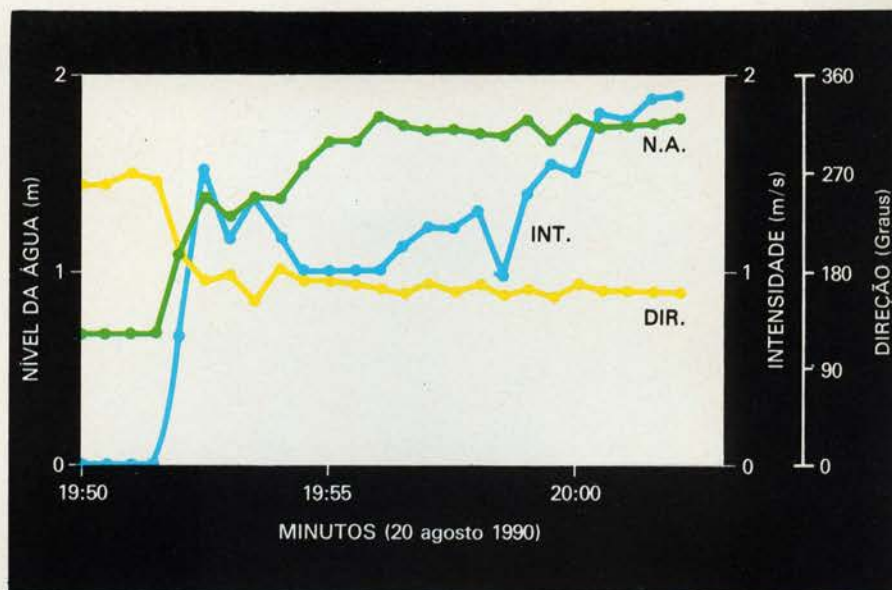


FIGURA 4. A pororoca em Curral da Igreja, com altura de 0,80 m: registros de nível da água, intensidade e direção de corrente.

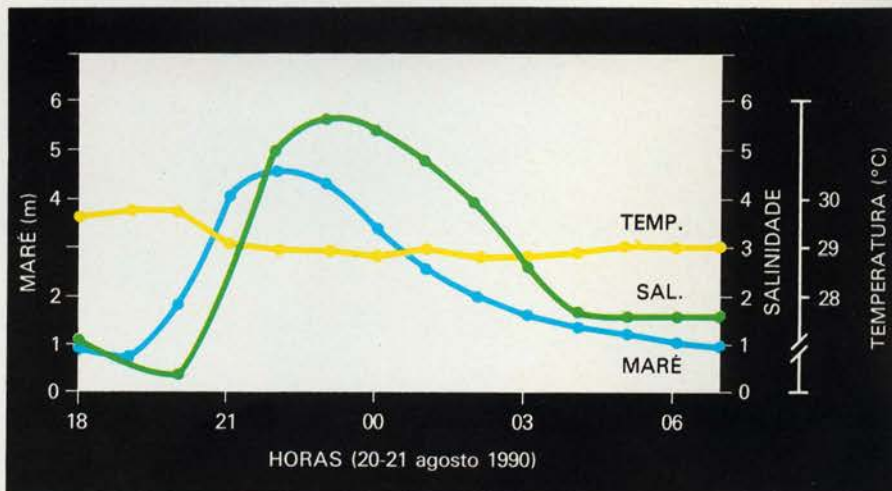


FIGURA 5. Variações do nível da água (maré), salinidade e temperatura observadas em Curral da Igreja, a 30 km de Arari, em 20 de agosto de 1990, durante um ciclo completo de maré.

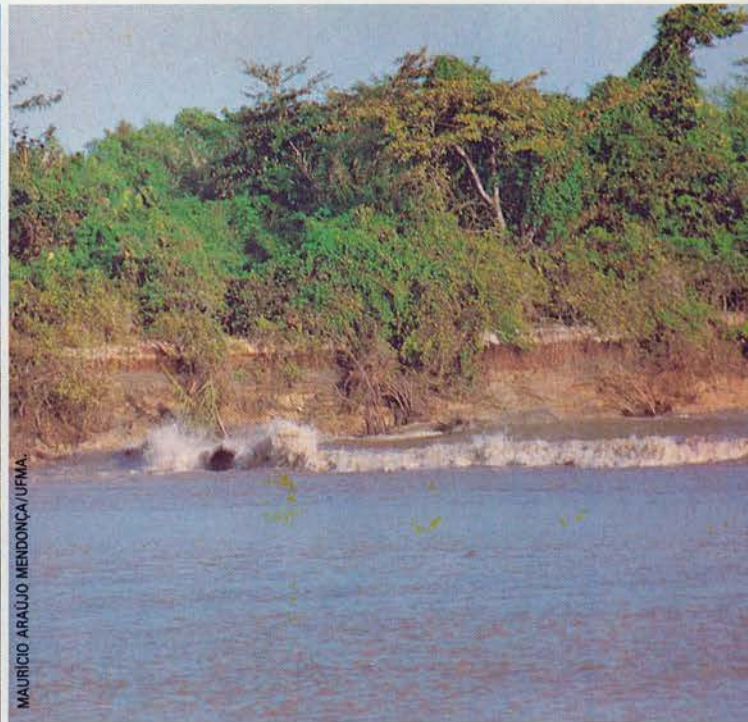
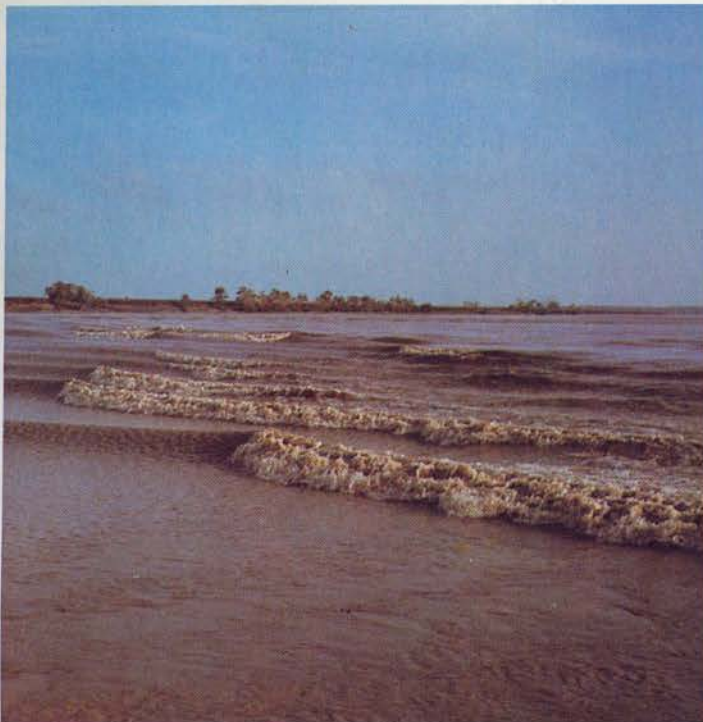
mento. O trabalho foi muito dificultado pelas intensidades elevadas de corrente, que fazem com que os instrumentos só possam ser instalados uma ou duas horas antes da chegada da pororoca ou uma hora, uma hora e meia, antes da preamar.

SURPREENDIDOS PELA POROROCA

Em nosso intenso trabalho de amostragem, que envolveu preparação a bordo, lançamento e içamento de instrumentos, navegação e inúmeras saídas para a localização dos melhores pontos nas margens do rio para registrar o fenômeno, tivemos também um grande momento de aventura e risco. Aconteceu no último dia de campo do segundo período de amostragem quando

partimos para a nossa derradeira tentativa de observação visual da pororoca.

Estávamos fundeados à margem de Curral da Igreja, 30 km a jusante de Arari. Eram oito horas da manhã, céu parcialmente nublado e calmaria. Partimos para mais uma sessão de fotografias e filmagem, rumo ao mesmo ponto onde obtivemos o melhor registro no primeiro período, situado na margem direita do estuário, logo a jusante da foz do rio Pindaré. A pororoca passou às 9h8min, mas não na margem onde estávamos. Confirmando seu caráter efêmero, ela não se repetiu como da outra vez, tendo se formado na margem oposta e com uma altura estimada de, no máximo, 0,60 m, portanto, bem inferior à altura de um metro observada em agosto de 1990 (figura 6). Presenciamos, no entanto, um violento encontro das águas de enchen-



MAURICIO ARAÚJO MENDONÇA/UFGA

FIGURA 6. Vista da propagação da pororoca junto à margem direita do estuário do rio Mearim, pouco abaixo da desembocadura do rio Pindaré.



FOTOS CEDIDAS PELOS AUTORES

FIGURA 7. Visão da pororoca, tomada quando surfávamos sobre a mesma, no rio Mearim, cerca de 3 km a montante da desembocadura do rio Pindaré.

te e vazante sob a forma de um *hydraulic jump*, com grande ondulação e um rápido turvamento da água em consequência da forte turbulência e ressuspensão do sedimento de fundo.

Frustrados por não ver uma onda com a altura esperada, seguimos o fluxo de enchente, na esperança de flagrar, a montante, uma forma de onda mais interessante para registro. Em poucos minutos, avistamos a frente da maré enchente, posicionando-nos poucos metros atrás. Seguindo o seu avanço, notamos a constante transformação do escoamento, ora com ondas

e ora sem, apenas com espuma de arrebentação. Impressionados com o que víamos, ousamos atingir uma posição que nos permitiria uma nova e fascinante tomada: pouco à frente da pororoca. Para isso, teríamos que atravessar as ondas, que naquele instante não apresentavam grande altura (0,30 m em relação ao nível da água), ainda de corrente contrária, de vazante. Não tivemos, porém, sucesso e ainda passamos por um enorme susto. A forte corrente de enchente e a grande turbulência da frente de ondas anularam a ação do motor de popa de 15 HP, fazendo com que a

nossa pequena lancha de 5 m de comprimento girasse, colocando-se paralela às cristas das ondas e sendo arrastada por cerca de 500 m — ou seja, literalmente *surfamos* na pororoca.

Atravessamos momentos de forte tensão no esforço de evitar o emborcamento da lancha, que a todo instante jogava de um lado para o outro violentamente. Acabamos salvos pela perícia do piloto que, aproveitando o fundo raso próximo a um banco de areia, para onde nos dirigíamos, conseguiu saltar da lancha e segurá-la. Apesar de todas as dificuldades, fomos compensados com algo que nos parecia impossível: o registro da propagação da pororoca tendo ela própria como base de foco (figura 7).

SUGESTÕES PARA LEITURA

- ABBOTT M.R., *A theory of the propagation of bores in channels and rivers*. Cambridge Philosophical Society, vol. 52, pp. 344-362, 1956.
- BARTSCH-WINKLER S. & LYNCH D.K., *Catalog of worldwide tidal bore occurrences and characteristics*. U.S. Geological Survey Circular, n° 1.022, 1988.
- GORDON J.H., 'Tidal bores at mouth of Colorado River, december 8 to 10, 1923'. *Monthly Weather Review*, vol. 52, pp. 98-99, 1924.
- LYNCH D.K., 'Tidal bores'. *Scientific American*, vol. 247 (4), pp. 134-143, 1982.
- MAGALHÃES A.A.B., 'Do Rio Amazonas e da pororoca'. *Revista Brasileira de Geografia*, vol. 5 (1), pp. 87-98, 1943.

EDIÇÃO DE TEXTO SHEILA KAPLAN



O HOMEM E A PRESE



Adélia Engrácia de Oliveira
Museu Paraense Emílio Goeldi

São frequentes nos jornais e na televisão as notícias que apontam o ser humano como agente destruidor do meio ambiente. O contrário é bastante raro. Poucas mencionam as comunidades humanas que preservam a natureza, com ela convivendo em harmonia. No entanto, a experiência com índios e caboclos tem demonstrado que essas comunidades humanas, em seus processos de adaptação ao meio ambiente, desenvolvem conhecimentos preciosos para a construção de uma ciência da preservação natural. Isso não significa que índios e caboclos ajam estaticamente, sem interferir na natureza. Interferem, sim, mas em pequena escala, de modo a não interromper o ciclo ecológico da região.

Como observou certa vez o pesquisador Harald Sioli, quando se está dentro de um avião na Amazônia, a visão que se tem das roças indígenas e caboclas assemelha-se a uma picada de alfinete na pele humana, uma picada capaz de cicatrizar rapidamente sem deixar marcas. A devastação que agora ocorre na Amazônia, bem ao contrário, tem a característica das grandes chagas: mesmo que cicatrizem, deixarão marcas indeléveis. Em meio a essa devastação pode também estar se perdendo uma tradição de conhecimentos, de práticas e de estratégias de sobrevivência, passada de pai para filho e acumulada ao longo de milênios pelas comunidades indígenas locais. Esta ciência indígena tem muito a ensinar aos homens brancos.

brio e dependência com o meio ambiente. A palavra serve muito mais para designar certo grupo social do que para apontar descendentes do casamento de índios e brancos. O termo se refere àqueles indivíduos que, vivendo em contato maior com a natureza, dela retiram recursos primários, de modo artesanal, para a sua subsistência. Muitos índios que convivem há muito com a sociedade branca, tendo adquirido seus hábitos e costumes, consideram-se também caboclos.

Certa vez, num grupo localizado no médio Rio Negro, havia índios que se diziam “caboclos puros, de sangue limpo”. Muitos migrantes nordestinos e seus descendentes também se consideram caboclos. São pessoas que resolveram se estabelecer na região, após o período áureo da borracha, e se adaptaram à natureza que os cercava, passando a conviver com ela. Eram em geral pescadores, lavradores, extratores e coletores. Diziam-se caboclos porque essa é a denominação genérica para os indivíduos que vivem na área rural da Amazônia.

Há também exemplos de convivência harmoniosa entre os homens e a natureza nos dados coletados pelas pesquisas arqueológicas e espalhados pelas crônicas dos primeiros viajantes, nos séculos XVI e XVII. Na verdade, a ocupação humana da Amazônia é bem mais antiga do que de início se pensava. O arqueólogo Eurico Miller, trabalhando em Rondônia, descobriu vestígios humanos que datam de até 12.300 anos atrás enquanto que em Carajás Daniel Lopes e sua equipe (todos pesquisadores do Museu Emí-

RVACÃO DA NATUREZA

Na Amazônia, os exemplos de comunidades humanas como agentes de preservação da natureza são muitos. Na região, vivem mais da metade da população indígena brasileira e o maior contingente de caboclos do país. A própria palavra caboclo tem na Amazônia um significado diverso do de outras regiões. Ela identifica aqueles que vivem numa relação de equilí-

lio Goeldi) encontraram evidências da passagem de seres humanos que remontam há 8.140 anos. Esses dados comprovam que a presença humana na Amazônia é milenar e que essas comunidades aprenderam a conviver com o meio ambiente que as cercava sem o destruir. São rastros humanos muito anteriores a qualquer tentativa de colonização europeia na América.

Os vestígios arqueológicos demonstram que a Amazônia foi ocupada em direções diversas e que as aldeias eram construídas nas várzeas, em terras firmes e nos interiores das florestas ou campos. Apesar de ser ainda pequeno o número de pesquisas arqueológicas, seus resultados são significativos pela extensão e diversidade do território que abrangem. Foram encontrados sítios pré-cerâmicos e/ou cerâmicos em Marajó, em Santarém, ao longo da costa atlântica na região do Salgado, no baixo Amazonas, no Amapá, em Rondônia, em Mato Grosso, na Serra dos Carajás, na Baixada Maranhense, na área entre os rios Xingu e Tocantins, e ao longo dos rios Solimões, Negro, Japurá, Purus, Guaporé, Mamoré, Madeira, Juruena, Aripuanã, Uatuma, Jatapu, Urubu e Nhamundá-Trombetas.

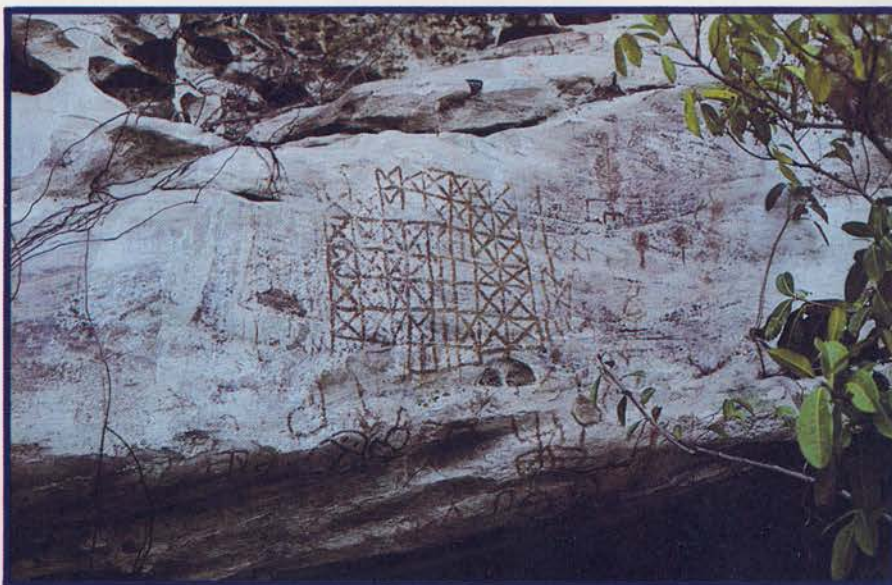
O tamanho desses sítios é variável. Segundo informações de Dirse Kern, pesquisadora do Museu Goeldi, foi encontrada uma densidade bastante significativa de sítios na área de Cachoeira Porteira (no Rio Trombetas, Pará). Em 30 dias de trabalho de campo, a equipe localizou 43 sítios arqueológicos, não muito distantes uns dos outros e de tamanhos diferentes. Um deles possuía aproximadamente 500 metros de comprimento por 300 de largura.

Klaus Hilbert, que pesquisou, entre outros locais, as várzeas do Amazonas e do Trombetas, também aponta alta incidência de sítios nessas áreas. Ele chegou a localizar 45 sítios em 15 dias de trabalho, o que faz a média de três sítios por dia. Com relação ao Xingu, o pesquisador Fernando Marques, do Museu Goeldi, afirma que no seu afluente Iriri foi descoberto um sítio de aproximadamente 130.000 m², com material cerâmico e lítico, em até 80 cm de profundidade. Também os pesquisadores Daniel Lopes, Marcos Magalhães e Maura Silveira informam que na região do Projeto Carajás, nos vales dos rios Itacaiúna e Paraoapeba, os sítios são contínuos, de tamanhos variados e que há locais em que aparecem nas duas margens. As distâncias entre um sítio e outro podem se alternar de 500 m a 5.000 m e seus tamanhos variam entre 40.000 m², 22.000 m² e apenas 300 m².

Em Marajó, a pesquisadora norte-americana Anna Roosevelt calcula que a população da ilha, antes do primeiro contato com os brancos, pode ter chegado a cem mil habitantes. Evidentemente, ainda persistem muitas dúvidas sobre a densidade de sítios arqueológicos em determinadas áreas. Uma delas se refere à existência de qualquer relação entre o número de sítios e a alta densidade demográfica. Muitas vezes uma quantidade maior de sítios pode significar apenas que o mesmo grupo humano habitou locais diferentes em um mesmo espaço de tempo. É preciso considerar também a hipótese de determinados grupos humanos terem utilizado



Vista parcial do sítio arqueológico da gruta do Gavião, em Carajás, no sul do Pará. Os vestígios arqueológicos demonstram que a Amazônia foi ocupada em diversas direções; aldeias eram construídas nas várzeas, nas terras firmes ou nos interiores das florestas ou dos campos.



Pinturas rupestres do sítio arqueológico Pedra do Pilão, em Monte Alegre, no Pará. Outros vestígios deixados pela passagem de grupos humanos pré-históricos pela região amazônica são os sambaquis, as cavernas, as palafitas, os aterros artificiais (*mounds*) e os poços artificiais (*hipogeus*).

mais de um assentamento, mudando de um local para outro de tempos em tempos.

Nossa intenção neste estudo, porém, não é fazer estimativas populacionais ou análises demográficas, ou mesmo discutir questões como a falta de proteína no meio ambiente para sustentar populações mais densas. Mesmo com dados ainda escassos sobre a pré-história de uma região tão vasta quanto a amazônica, é preciso reconhecer o fato de que os grupos humanos que ali viveram ocuparam de diferentes formas o meio ambiente. Entre os vestígios de suas passagens, encontramos materiais conchíferos, líticos, cerâmicas e inscrições rupestres deixados nos sambaquis, nas grutas, nos aterros artificiais (*mounds*), nos poços artificiais (*hipogeus*) e

nos demais tipos de sítios arqueológicos. Eram grupos de origem diversa e possuíam padrões culturais de adaptação ao meio ambiente bem diferenciados.

Além disso, embora tenhamos que ler com cuidado as informações dos primeiros cronistas, como Carvajal (relator da viagem de Orellana) e Acuña (relator da viagem de Pedro Teixeira), por conta de prováveis fantasias e distorções causadas pelo etnocentrismo dos europeus diante dos nativos, é importante verificar que quando os grupos tribais da Amazônia sofreram pela primeira vez o impacto do contato com a cultura europeia alguns pareciam estar vivendo em aldeias grandes e bastante povoadas, sendo que algumas delas possuíam caminhos largos, com



Uma roça dos índios Urubu (a) e uma plantação de milho dos índios Canela (b), ambas no Maranhão. As sociedades indígenas têm modificado o ambiente sem, no entanto, causar nele alterações irreversíveis.

desembocadouros nos rios e onde a fartura de alimentos era constante.

Havia muitas tartarugas, peixes-boi, espécies de peixes, aves, macacos, milho, mandioca, inhame e frutas variadas. Acuña contou mais de 150 nações indígenas, com as línguas mais diversas. Ele chega a narrar a existência de uma aldeia com mais de uma légua de comprimento. Rojas, por seu turno, escreve que o rio “das Amazonas”, as ilhas e as terras “a dentro” eram tão povoados “que se do ar deixassem cair uma agulha, havia de dar em cabeça de índio e não no solo”. Os cronistas falam em aldeias grandes, pequenas e de tamanho médio, com formas diferenciadas.

Apesar do evidente exagero contido em tais afirmações, elas fornecem, ainda que de modo impressionista, uma idéia da densidade do povoamento e do impacto que o tamanho e a continuidade das aldeias causaram nos primeiros viajantes. Se juntarmos a essa impressão os dados factuais das pesquisas arqueológicas mais recentes, vamos verificar que em certas áreas havia uma densidade de sítios, o que significa ocupação por indivíduos que retiravam da natureza o suficiente para sobreviver, sem a depredar ou arruinar, convivendo com ela em harmonia.

Embara o estado atual das pesquisas arqueológicas na Amazônia não permita muitas inferências sobre os padrões de ocupação da época, podemos supor, pela quantidade de sítios encontrados na região e pela qualidade de algumas cerâmicas que neles ocorrem, que o tamanho das aldeias e as formas de organização social e política diferiam, em parte, dos padrões atualmente existentes, o que é corroborado pelos relatos dos primeiros cronistas que passaram pela Amazônia.

Se, por um lado, temos dados históricos e arqueológicos que demonstram que o homem viveu na Amazônia em agrupamentos de tamanhos variados e sempre em equilíbrio com o meio ambiente, por outro lado possuímos resultados de trabalhos realizados com indígenas que atualmente vivem na região e que demonstram que nesse proces-

so adaptativo eles desenvolveram diversas técnicas de manejo. A história mostra que do período colonial até os dias atuais não foram poucas as populações indígenas dizimadas e/ou que perderam sua cultura em decorrência das guerras de extermínio, da ação missionária, de doenças, das políticas de miscigenação e aportuguesamento do marquês de Pombal, do apesamento e da escravidão por conta da escassez de mão-de-obra, da cobiça pela terra e seus produtos, e das políticas desenvolvimentistas recentes. Com essas populações indígenas dizimadas se perderam vários séculos de conhecimento e adaptação ao meio ambiente amazônico.

Exemplos coletados hoje em dia mostram que várias sociedades indígenas têm modificado o ambiente que as cerca, promovendo a diversidade de espécies, sem causar alterações irreversíveis. Os indígenas transformam as terras onde vivem em verdadeiras reservas biológicas. Reunindo dados descritos por diversos pesquisadores, a antropóloga Berta G. Ribeiro escreveu um livro intitulado *O índio na cultura brasileira*, em que explicita a contribuição de diferentes comunidades indígenas em nível ecológico, tecnológico e ideológico. Entre os exemplos citados por Berta G. Ribeiro, estão as roças indígenas (e caboclas), que utilizam a técnica tradicional da derrubada e queima da mata, conservando porém a fertilidade inorgânica do solo, uma vez que essa técnica não acaba com todas as plantas que cobrem a terra. Esta técnica é fundamental em clima tropical.

Outro exemplo é o plantio de árvores frutíferas no segundo ou terceiro ano de uso de uma roça, prática muito comum entre índios e caboclos. Ao serem abandonadas, essas árvores já estão começando a frutificar e servem não só para complementar a alimentação como também impedem parcialmente a invasão de gramíneas e ajudam a dar sombra para os brotos de espécies mais sensíveis da mata. O apodrecimento de galhos e troncos que não chegaram a ser inteiramente queimados devolve ao solo nu-

trientes para alimentar esses brotos. Na verdade, uma roça considerada velha só é abandonada depois de um longo tempo. Quando os índios plantam pupunheiras, como é o caso dos Yanomami, na época que as palmeiras começam a frutificar a roça onde foram plantadas já se encontra inteiramente tomada pela vegetação secundária.

Os índios, porém, não se limitam a uma espécie de plantas frutíferas. Em geral, semeiam espécies diferentes de tamanhos diversificados, o que produz uma redução do impacto da chuva e do sol sobre o solo, dificultando a disseminação de pragas. Como o cultivo é feito em área reduzida e itinerante (havendo portanto uma dispersão dos campos cultivados), a incidência de pragas e insetos daninhos também diminui fortemente, o que permite a preservação de espécies vegetais e animais em verdadeiros ‘corredores nativos’. Os índios Kayapó plantam suas roças, formam pomares em suas aldeias e ainda semeiam ao longo dos caminhos que ligam a aldeia às roças. Semeiam também nos lugares onde uma árvore tombou ou onde outra foi derrubada, para que dela se extraíssem o mel e a cera. Plantam até nas proximidades das rochas. Fazem uso só daquilo que Darrel Posey chamou de “ilhas naturais de recursos” como também criam verdadeiros ‘campos’ nas florestas.

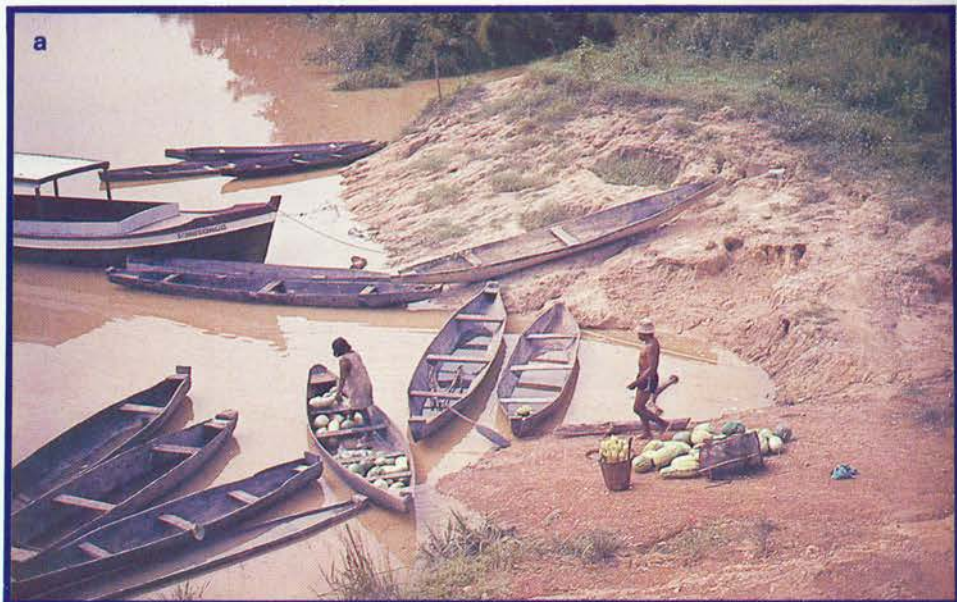
Um cultivo assim itinerante, tal como utilizado pelos grupos tribais e caboclos, é em geral associado a uma baixa concentração demográfica e a uma dispersão dos agrupamentos humanos. Os índios Juruna do Parque do Xingu estavam sendo estudados pela autora deste texto quando ocorreu uma dispersão interna, resultando na criação de nova aldeia. Uma das características marcantes da organização social dos índios Yanomami é a segmentação das aldeias, dando origem a novos grupos locais. Trata-se de um padrão racional de ocupação de um território que difere radicalmente da estrutura fundiária que se implantou no Brasil ‘civilizado’ desde o início de sua colonização pelos portugueses.

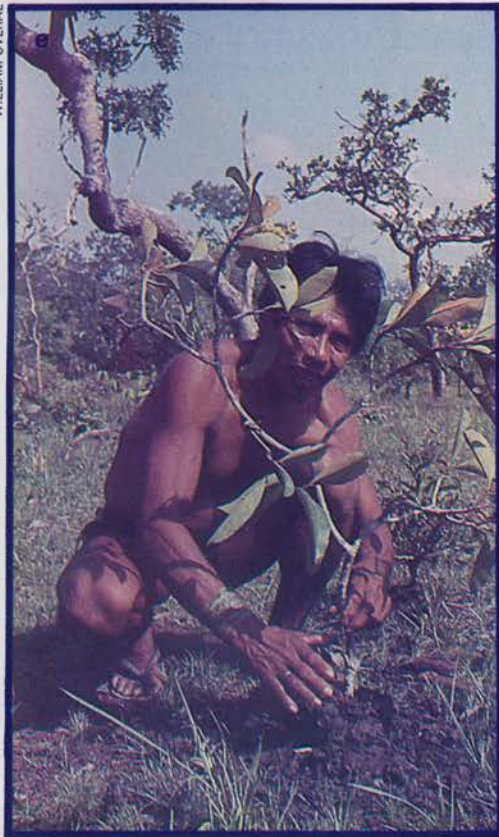
Além disso, os índios conhecem os pormenores das variações sazonais, sabendo lidar com plantas e animais durante os períodos de cheia, seca ou vazante dos rios. Várias comunidades indígenas têm o hábito de fazer transplante de espécies para fins diversos, em especial os Kayapó e os Yanomami. O mesmo se passa com grupos caboclos. Os Bora, do Peru, transplantam espécies silvestres para vários fins — estoques de alimentos, usos medicinais, uso de madeira para construção e para lenha etc.

Os índios realizam também uma seleção genética de plantas, aprimorando as espécies cultivadas. Os pesquisadores Warwick Kerr e Charles Clement fizeram várias observações sobre os hábitos dos índios Tukuna, Desâna, Paumari e Cinta-Larga, principalmente com relação a frutos como o abiu (*Pouteria caimito*), o mapati (*Pourouma cecropiaefolia*), a sapota (*Quararibea cordata*), o abacaxi (*Ananas comosus*) e a pupunha (*Bactris gasipaes*). No que se refere à pupunha, por exemplo, a seleção é feita por número de cachos, tamanho de frutos e eliminação de plantas que produzem frutos com problemas ou que apresentam manchas. Os autores relatam que a variedade selvagem do abiu possui frutos que pesam até 30 gramas. Os Tukuna do Alto Solimões, porém, chegaram a selecionar variedades de abius que alcançavam 180 gramas por fruto.

Tanto índios quanto caboclos fazem um uso amplo de plantas medicinais. Entre os índios Tiriyó, que vivem no rio Paru do Oeste, na serra do Tumucumaque, foram coletadas pelos pesquisadores Paulo Cavalcanti e Protásio Friel 436 espécies de plantas, das quais 328 apresentavam valor medicinal. Outro hábito preservacionista dos índios é o fato de que muitos grupos tribais, à semelhança do que fazem com as reservas de plantas, abandonam uma zona de caça antes que a mesma esteja exaurida.

Os grupos indígenas em geral conhecem os hábitos dos animais que vivem ao seu redor e desenvolveram técnicas de manejo a fim de preservá-los. Muitos grupos, como os Yanomami, fazem dos insetos um complemento à dieta alimentar. No alto Rio Negro, as armadilhas para peixes são colocadas entre as pedras de cachoeira ou às margens dos igarapés, rios e lagos porque seus hábitos alimentares incluem, além dos predatórios, o consumo de organismos que caem na água e ali se decompõem. Os Wana do rio Uaupés mantêm a cobertura vegetal existente nas margens de rios e igarapés porque é a forma encontrada para manter a população pesqueira existente na área. Os índios Kayapó (Mebêngôkre) manejam intencionalmente seis espécies de abelhas e, segundo William Overal e Darrel Posey, possuem um acurado conhecimento do compor-





As roças indígenas e caboclas usam a técnica tradicional da derrubada e da queima da mata, o que conserva a fertilidade inorgânica do solo. Em (a), vemos índios chegando com o produto da roça; em (b), (c) e (d), aspectos de uma lavoura Kayapó. Um índio Mëbêngokre (Kayapó) cultiva uma planta medicinal (e).

tamento dos insetos no controle das pragas de roça. Como afirmam os dois autores no catálogo da exposição 'A ciência dos Mëbêngokre, alternativas contra a destruição' (p. 21): "Há o emprego bem-sucedido das formigas *Azteca* spp pelos índios que, deliberadamente, espalham seus ninhos em áreas infestadas por saúvas (*Atta* spp). Segundo os Mëbêngokre, o gênero *Azteca* possui um odor que repele a espécie de formiga destrutiva. Da mesma forma, plantas com nectários extraflorais são cultivadas, ou permite-se que vicejem na roça porque atraem as formigas benéficas, ajudando na proteção dos plantios contra as pragas. Vespas parasitas preferem fazer seus ninhos em certos tipos de bananeira. Os Mëbêngokre plantam uma cercadura circular com essas bananeiras para proteger seus cultivos."

Outros exemplos ainda de ação preservacionista de índios, relacionados às estratégias de caça e coleta desenvolvidas por alguns povos indígenas, podem ser encontrados no citado livro de Berta G. Ribeiro. É provável também que algumas crenças sobrenaturais tenham a função paralela de manter as ações do grupo em equilíbrio com o meio ambiente. É o caso do Curupira que, para muitos autores, é o gênio protetor das matas e dos animais. Ele castiga os matoiros que derrubam inutilmente as árvores e os caçadores que abatem os animais novos, as fêmeas prenhes ou quando matam sem que haja necessidade de fazê-lo. O Curupira se torna benéfico ou maléfico aos frequentadores da floresta, de acordo com as circunstâncias que se apresentam e com o comportamento dos seres humanos.

Ecológicos como Harald Sioli, Herbert Schubart e Enéas Salati têm demonstrado em relação à Amazônia a existência de um círculo vicioso: a floresta depende da pluviosidade do clima que, por sua vez, depende da vegetação da floresta. A floresta amazônica, porém, tão rica de espécies e de indivíduos, se assenta sobre um solo que, com exceção de algumas poucas áreas, é extremamente pobre. Está entre os mais pobres do mundo. A explicação para tal constatação é que a floresta existente na terra firme, aquela que não sofre a ação das cheias, não se nutre desses solos, mas vive numa reciclagem contínua e bem fechada de nutrientes, que é garantida por uma rede superficial e bastante densa de raízes. Esse sistema radicular age como um filtro que retém e reabsorve os nutrientes liberados pela decomposição de folhas, vegetais e excrementos de animais, levando-os de volta para dentro das plantas.

Além disso, essa massa vegetal é responsável pela manutenção do clima tropical-úmido, porque 50% da água precipitada na bacia amazônica retorna à atmosfera através da evapotranspiração (água que sai das

plantas através das folhas e vai para a atmosfera) de sua floresta, em vez de escoar para os rios, furos e igarapés. Assim, a floresta densa e exuberante é a melhor proteção do solo contra a erosão, uma vez que evita o impacto direto da chuva sobre o solo e faz com que a água penetre na terra, impedindo seu escoamento superficial. Por causa dessas características, a floresta amazônica desenvolveu uma grande diversidade de vida, tanto em espécies quanto em indivíduos de animais e plantas, uma diversidade que corresponde à complexidade do meio ambiente.

Para se ter uma idéia dessa complexidade ambiental, basta dizer que a várzea, que ocupa entre um e dois por cento da área florestal da Amazônia, apresenta condições bastante distintas. Não é a pobreza do solo que exige uma reciclagem constante de nutrientes, como ocorre na terra firme. Ao contrário, seus solos contêm nutrientes trazidos e depositados durante o período das cheias anuais. Muitas vezes, porém, esses barrancos sofrem a ação dos rios que os destrói pela erosão, carregando tudo o que eles contêm para o oceano.

Nesse ambiente ao mesmo tempo frágil e complexo, índios e caboclos aprenderam a conviver com o tênue equilíbrio da natureza. Eles não apenas conhecem as características ecológicas da Amazônia como ainda codificam esse conhecimento de modo a passá-lo para seus descendentes. Os índios fazem classificações que oferecem ensinamentos fundamentais sobre a distribuição, o uso e a diversidade dos recursos naturais. A construção, por exemplo, de 'ilhas florestais' no campo-cerrado pelos índios Kayapó demonstra que esse agrupamento pode fazer manipulações em microambientes para aumentar a diversidade biológica. De acordo com Anthony Anderson e Darrell Posey, no trabalho citado anteriormente, "semelhante engenharia ecológica requer reconhecimentos da fertilidade do solo, propriedades microclimáticas e preferências por variedades de plantas, assim como considerações sobre os inter-relacionamentos que se estabelecem entre os componentes de uma comunidade ecológica criada pelo homem."

Além do conhecimento que os índios demonstram ter sobre as plantas e o meio ambiente, eles também fazem observações relativas aos animais e as transmitem a seus descendentes. Conhecem os hábitos diurnos e noturnos de várias espécies, acumulam informações sobre como se dá o acasalamento, como se alimentam, se abrigam, se relacionam uns com os outros e com as plantas. Possuem um extraordinário conhecimento sobre os fenômenos celestes e a observação dos astros orienta grande parte de suas atividades sociais, econômicas e religiosas.

O modelo de desenvolvimento que tem sido imposto à Amazônia brasileira, sobre-



O ser humano é comumente um agente destruidor do meio ambiente. Em (a), toras de mogno (*Sweitenia macrophylla*) estão empilhadas num pátio de serraria em Rondônia; em (b), vemos área queimada para a implantação de lavoura, na estrada Presidente Médici, ainda em Rondônia. Uma floresta morta numa área alagada pela represa de Curuá-Una, em Santarém, no Pará, é vista em (c). O garimpo, em (d), é mais um resultado do modelo de desenvolvimento imposto à Amazônia, sobretudo a partir da década de 1970.

tudo a partir da década de 1970, não respeitaram as peculiaridades da região que até aqui foram descritas. A construção de grandes estradas com projetos de colonização, exploração madeireira, construção de hidrelétricas, projetos agropecuários e siderúrgicos, além da expansão das áreas de garimpo, não levam em conta o conhecimento ambiental e as condições de vida de populações como caboclos e índios que há séculos convivem com a região. As maneiras próprias de sentir, pensar e agir dessas populações não foram sequer analisadas ou cogitadas por aqueles que pretendem criar na região amazônica um sistema de produção de bens e serviços que está bem mais adequado a regiões ecologicamente muito distintas. Mesmo atualmente, quando vários movimentos pretendem mobilizar a sociedade brasileira na direção da causa ecológica, a sabedoria do homem da região permanece inteiramente alijada do debate, das decisões e do planejamento.

Essas populações locais que tanto conhecimento acumularam ao longo de séculos sobre o meio ambiente da Amazônia precisam ser afinal ouvidas, talvez por meio de conselhos regionais, que podem se tornar foros de debate e planejamento, com especial atenção para os anseios das comunidades locais. É preciso antes de tudo reconhe-

cer que há uma ciência indígena dedicada a estabelecer as normas de convivência com a natureza, a fim de preservar o meio ambiente e permitir a sobrevivência das comunidades humanas. A existência desse conhecimento científico já foi apontada por Darrell Posey na exposição 'A ciência dos Mebêngôkre: alternativas para a destruição', realizada no Museu Goeldi em 1987 e organizada por Denise Hamú.

Alguns princípios básicos dessa ciência indígena se fundamentam a partir de práticas milenares na convivência com a natureza. Entre essas práticas estão o reconhecimento da diversidade local dos ecossistemas, na tentativa de se combinar as qualidades de solo e clima com as plantas e os animais nativos da região; a preservação e o uso extensivo de variedades de plantas úteis, desenvolvidas na região e adaptadas às condições locais; o manejo dos solos, enriquecendo-os com adubos naturais, de maneira a preservar a cobertura protetora a fim de evitar a erosão; controle natural integrado para terrenos agrícolas, evitando a dependência de agrotóxicos; pesquisas sobre as plantas e animais medicinais e suas possibilidades de exploração econômica; preservação de 'corredores naturais' entre as áreas manejadas, de modo a criar reservas biológicas contíguas para preservar as es-

pécies nativas; planejamento a longo prazo para integrar os usos de florestas secundárias, incluindo manejo de caça e extração de produtos úteis; manutenção ou aumento das espécies e da diversidade biológica. Uma lição essencial das práticas indígenas é a importância da participação de toda a sociedade local na preservação da natureza, o que pressupõe controle regional sobre as decisões em torno de projetos que impliquem transformação ambiental. Qualquer projeto de desenvolvimento só poderá de fato beneficiar as populações locais se não vier a prejudicar a diversidade ecológica e a preservação do meio ambiente.

SUGESTÕES PARA LEITURA

- OLIVEIRA A. E., 'Ocupação humana', em *Amazônia: desenvolvimento, integração e ecologia*, São Paulo, Brasiliense/CNPq, 1983.
 RIBEIRO B.G., *O índio na cultura brasileira*, Rio de Janeiro, Unibrade/Unesco, 1987.
 SCHUBART H., 'Política de meio ambiente para a Amazônia', em *A Amazônia brasileira em foco*, n.º 17. Rio de Janeiro, CNDDA, 1988.
 SIOLI H., 'A ecologia paisagista da Amazônia e as perspectivas de uma utilização racional dos recursos', em *A Amazônia brasileira em foco* n.º 17. Rio de Janeiro, CNDDA, 1988.

EDIÇÃO DE TEXTO MARILIA MARTINS

A única revista
de divulgação científica para crianças

Ciência HOJE

das crianças



jogos,
experiências,
ciência,
brincadeiras,
bichos,
contos

UMA PUBLICAÇÃO



A RADIOATIVIDADE ATMOSFÉRICA NATURAL

Enio Bueno Pereira
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Quando se ouve falar em radioatividade, vêm logo à mente imagens terríveis, como as das vítimas do acidente nuclear de Tchernobyl, na antiga União Soviética, em 1986. O que a maioria das pessoas não sabe, porém, é que no dia-a-dia — dentro de casa, ao ar livre e até viajando de avião a grandes altitudes — somos constantemente bombardeados por essas mesmas radiações nucleares, emanadas do espaço exterior, da superfície dos continentes e, principalmente, do ar que respiramos. Embora a radioatividade ambiental evidentemente ofereça menos perigo que um acidente nuclear, seus efeitos sobre os seres vivos e sua importância em variados fenômenos naturais despertam cada vez mais o interesse dos cientistas.

A radioatividade não é uma criação do homem, como grande parte da humanidade imagina. Ao pé da letra, a palavra descreve o fenômeno da emissão de radiações por núcleos atômicos instáveis, que através dessa liberação de energia buscam adquirir uma forma mais estável, mas o fenômeno em si é muito anterior à criação da sua definição.

Nós e todos os outros seres que habitam este planeta convivemos, desde que a vida se estabeleceu, há mais de três bilhões de anos, com as radiações nucleares emitidas por alguns elementos químicos radioativos ou por isótopos também radioativos de elementos que em sua forma estável não têm essa propriedade — os isótopos têm, no núcleo, o mesmo número de prótons que o elemento estável, mas diferente número de nêutrons. Elas vêm de todos os lados e a todo momento, na forma de um bombardeio sem trégua de partículas subatômicas (alfa, beta e outras) e ondas eletromagnéticas.

Mesmo na aparente proteção do interior de nossos lares sofremos constantemente esse ataque, vindo das paredes e do ar que respiramos, carregado de elementos radioativos, como o gás radônio. Até o nosso corpo — por incrível que pareça — emite radiações beta, produzidas pelos núcleos do ^{40}K (isótopo do potássio, presente principalmente na musculatura, identificado pelo número de massa 40, que indica a soma dos prótons e nêutrons de seu núcleo) ou do ^{14}C (isótopo do carbono, presente em todos os tecidos orgânicos).

Se a temida radioatividade é tão onipresente, uma pergunta precisa ser respondida: como pode existir vida no planeta, nessas condições? Talvez, no final das contas, essa palavra, que para muitos provoca calafrios, não seja assim tão medonha.

A RADIOATIVIDADE COSMOGÊNICA

Além de estar presente em todo o planeta, a radioatividade também ocorre fora dele. A Terra recebe continuamente a radiação cósmica originada nos corpos celestes. Para todos os efeitos, essa radiação é isotrópica (vem, na mesma proporção, de todas as direções do espaço) e constituída de, aproximadamente, 91% de prótons, 8% de partículas alfa e o restante de núcleos atômicos com números de massa que variam de quatro a 26. São radiações extremamente energéticas, mas, em sua quase totalidade, não conseguem ultrapassar as camadas mais altas da atmosfera, situadas acima de 25 quilômetros. Em média, somente 0,05% dos prótons primários alcança o nível do mar.

A interação dessas radiações primárias com os núcleos estáveis dos átomos dos variados elementos que compõem a atmosfera desencadeia uma série de reações nucleares. Tais reações também produzem radiações, chamadas radiações secundárias, constituídas principalmente por elétrons, prótons, nêutrons, mésons e ondas eletromagnéticas, e formam, a partir dos núcleos estáveis envolvidos,



uma série de isótopos instáveis (e, portanto, radioativos), conhecidos como isótopos cosmogênicos. Os mais abundantes, entre muitas dezenas de outros, são o ^{10}Be (do berílio), o ^{36}Cl (do cloro) e o ^{26}Al (do alumínio), além do ^{14}C , cujas propriedades lhe valeram um lugar de destaque na ciência moderna (ver 'Um importante aliado').

No nível do mar, tanto as radiações cósmicas primárias quanto as secundárias são menos importantes, do ponto de vista radiobiológico (ou seja, do ponto de vista dos efeitos biológicos da radiação), que as emissões de outras fontes radioativas naturais, encontradas principalmente nos solos, nas rochas e na camada de ar mais próxima da superfície do planeta. Em média, aquelas radiações cósmicas representam apenas cerca de 16% da dose anual de radioatividade (ver 'As uni-

dades da radioatividade') que um homem recebe, em condições normais, no nível do mar (figura 2).

Nos vôos comerciais com rotas de maior latitude, ou que atingem grandes alturas, a quantidade de radiação cósmica recebida pode ser significativamente superior à média a que a maioria de nós está sujeita no cotidiano. Uma pessoa que voe uma vez por mês na rota São Paulo-Miami, por exemplo, estará acrescentando à sua dose anual (apenas de radiação cósmica) uma fração de radiação que corresponde a pouco mais que o dobro da que receberia se nunca voasse. Essa pessoa, portanto, receberá o triplo da radiação cósmica que chega ao solo.

Se a sua rota mensal for Buenos Aires-Sidney, por sobre o pólo, a quantidade recebida durante as viagens será mais uma vez dobrada, e a dose de radiação cósmi-

ca que essa pessoa recebe será cinco vezes maior que a de alguém que permaneça junto ao solo. Somando-se essa radiação à de todas as outras fontes naturais (do solo e da atmosfera), a pessoa que fizer uma vez por mês esta última viagem estará recebendo uma dose total de radiação natural praticamente 50% maior do que a que receberia se nunca viajassem de avião.

Embora esse problema não seja alarmante para o cidadão comum, tornou-se de capital importância com o advento da era espacial, porque os astronautas ficam sujeitos a fluxos de radiação cósmica muito mais elevados durante todo o período de sua missão. A dose de radiação cósmica recebida pelos astronautas russos que permanecem quase um ano em órbita da Terra, na nave *Soyuz*, é mais do que cem vezes superior à dose anual que seus

UM IMPORTANTE ALIADO

O ^{14}C , isótopo do carbono de número de massa 14, constitui uma importante fonte de radioatividade cosmogênica. Ele é formado, a uma taxa constante de $1,8 \text{ átomo/cm}^2/\text{s}$, pelo bombardeio do ^{14}N (isótopo do nitrogênio) atmosférico com nêutrons produzidos por outras reações nucleares provocadas pela radiação cósmica primária na atmosfera rarefeita.

Depois de formado, o ^{14}C se oxida e passa a formar moléculas de dióxido de carbono (CO_2) na atmosfera, do mesmo modo que o isótopo estável do carbono, visto que ambos são quimicamente indistinguíveis na natureza. Como a cadeia alimentar de praticamente todos os seres vivos começa com a fotossíntese das moléculas de dióxido de carbono, toda matéria orgânica viva acaba contendo cerca de $10^{-9}\%$ desse isótopo radioativo.

Os cientistas aproveitaram-se dessa proporção constante entre o ^{12}C e o ^{14}C e criaram um método de datação da matéria orgânica fóssil, para emprego em arqueologia, que constitui atualmente o único processo absoluto de determinação da idade de materiais de origem orgânica que tenham até algumas dezenas de milhares de anos. O método é de impressionante simplicidade na sua parte conceitual, mas de difícil execução, em virtude da longa meia-vida do ^{14}C (5.730 anos), da baixa energia de sua radiação beta e das diminutas quantidades desse radioisótopo que precisam ser medidas.

Em princípio, todo ser vivo — que tem em vida uma proporção constante conhecida entre átomos de carbono de massas 12 e 14 — passa a ter essa proporção alterada quando morre, pelo decaimento do isótopo radioativo do carbono. A cada 5.730 anos a quantidade desse radioisótopo diminui em 50%. Assim, a proporção entre o carbono radioativo e o carbono estável na matéria orgânica morta diminui gradativamente com o tempo, o que torna possível medir o instante dessa morte.

Lamentavelmente, a injeção na at-

mosfera de nêutrons, produzidos pelas explosões nucleares realizadas a partir da década de 1950 (figura 1), e de carbono fóssil, principalmente pela queima de derivados do petróleo que vem ocorrendo desde o início da era industrial, provoca mudanças drásticas na razão isotópica natural entre o carbono estável e o ^{14}C . Essa alteração na proporção dos dois isótopos do carbono vai causar muitas dores de cabeça aos arqueólogos do futuro, ao analisarem as cinzas de nossa civilização, daqui a alguns milênios.

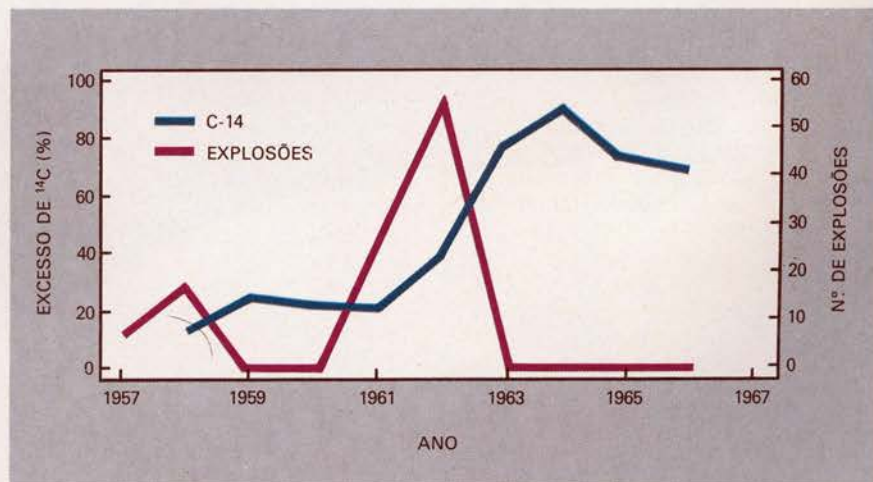


FIGURA 1. Medidas de ^{14}C nos anéis de crescimento de árvores revelam de forma clara o excesso do radioisótopo na atmosfera, causado pelas explosões nucleares a céu aberto ocorridas principalmente nos anos 60. A escala à esquerda e a linha azul indicam a percentagem em excesso do radioisótopo, em relação ao nível anterior a 1945. A escala à direita e a linha vermelha mostram o número de explosões com potência superior a um megaton realizadas a céu aberto em todo o mundo. O excesso de ^{14}C tem decaído — a redução é de cerca de 50% a cada dez anos — desde que cessaram as explosões a céu aberto.

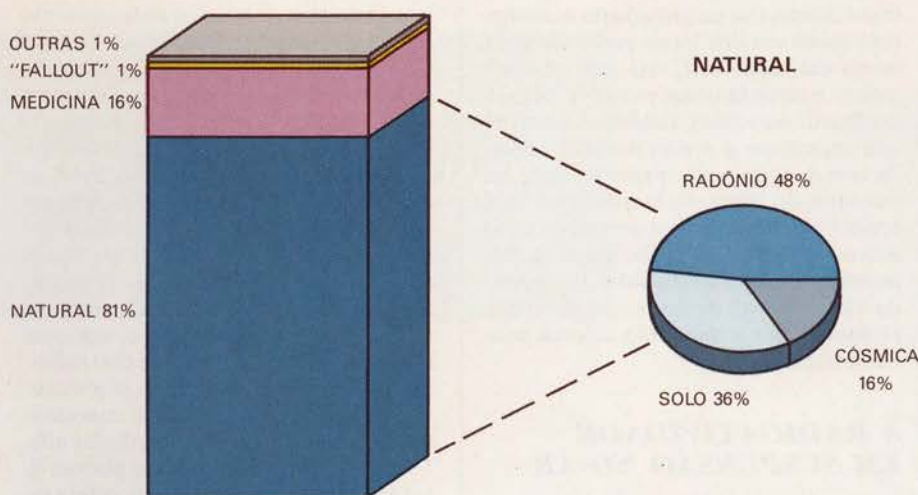


FIGURA 2. Segundo o relatório do comitê científico — patrocinado pela ONU — que avalia anualmente os efeitos das diversas radiações ionizantes nas populações de todo o mundo, essa é a representação das diversas doses relativas a que a maioria de nós está sujeita no dia-a-dia. Os valores são dados em porcentagem da dose efetiva anual total. A fração que se refere à dose natural, por sua vez, está subdividida em três categorias principais, de acordo com a origem: solo, radônio e seus produtos de decaimento e radiação cósmica. A ilustração evidencia que a radiação natural atmosférica é a principal responsável pela radioatividade ambiental. A única radiação em condições de competir com a natural está nos raios X recebidos quando somos radiografados no dentista, no médico, ou simplesmente quando tiramos uma carteira de saúde. A dose de radiação anual média originada nos reatores nucleares é muito baixa e foi incluída na categoria 'outras', que abrange ainda fontes de radiação menos importantes como, por exemplo, as televisões e os mostradores luminosos dos relógios.

'camaradas' controladores de vôo têm na superfície. Os dois maiores projetos espaciais para o final deste milênio, a estação orbital da NASA e a viagem tripulada ao planeta Marte, levam em conta esse significativo fator de risco.

A RADIOATIVIDADE NA SUPERFÍCIE

Os primeiros metros da atmosfera são dominados por radiações gama produzidas diretamente pelos solos e rochas da superfície terrestre. Os principais radioisótopos naturais responsáveis por esse tipo de radiação são o ^{40}K e as 'famílias' radioativas do ^{232}Th (isótopo do tório) e ^{238}U (isótopo do urânio). Tais 'famílias' incluem os núcleos formados com a transformação gradativa do núcleo radioativo original, provocada pela liberação de radiação — esse processo é denominado decaimento radioativo em cadeia.

Os intensos processos de diferenciação magmática que ocorreram no início da formação da Terra — e ainda ocorrem em menor escala em seu interior — concentraram esses elementos principalmente na crosta, a camada mais externa do planeta. Essa concentração torna a superfície da Terra a mais radioativa, em comparação com os demais planetas do sistema solar, de acordo, é claro, com o conhecimento científico atual.

O ^{40}K é um isótopo radioativo do potássio que ocorre na natureza a uma razão constante de 0,0119%. Existente na maioria das rochas que compõem a superfície da Terra, ele entra principalmente

na composição dos calcários e dos granitos, rochas muito abundantes nas camadas superficiais, bem como nos solos derivados dessas rochas. Alguns fertilizantes inorgânicos, adicionados ao solo pelo homem, também contêm potássio natural em quantidades variáveis e, conseqüentemente, o ^{40}K . No próprio corpo humano há uma fração considerável de potássio natural: um homem pesando 65 quilos carrega cerca de 15 miligramas de ^{40}K , disseminado principalmente em seus músculos.

Sua radioatividade, pouco intensa devido à meia-vida muito longa de $1,3 \times 10^9$ anos, decorre de dois processos de decaimento distintos, que o transformam no ^{40}Ca (isótopo do cálcio) ou no ^{40}Ar (isótopo do argônio), ambos estáveis. Quando ocorre o primeiro caso, é emitida radiação gama secundária de 1,46 milhão de elétrons-volt (MeV), que, por seu poder penetrante, é de grande interesse para os estudos sobre a exposição humana à radioatividade.

O ^{40}K é um dos elementos primordiais de nosso planeta, ou seja, já estava presente no material agregado que deu origem ao sistema solar e à Terra, assim como o ^{232}Th e o ^{238}U . Esses dois isótopos, presentes também em quase todas as formações rochosas e solos, ocorrem em abundância nas rochas de composição granítica. Também possuem fraca radioatividade, em função de suas meias-vidas longas ($1,4 \times 10^{10}$ anos para o ^{232}Th e $4,5 \times 10^9$ anos para o ^{238}U), mas, em contraste com o ^{40}K , que tem um decaimento simples, esses dois radioisótopos apresentam complicados processos de decaimen-

AS UNIDADES DA RADIOATIVIDADE

A emissão de radiações por núcleos atômicos instáveis é medida pela *atividade* desses núcleos. A atividade é o produto da multiplicação do número de núcleos radioativos de um dado elemento pela sua constante de decaimento (uma característica imutável). No sistema internacional de medidas MKS, a unidade básica da atividade radioativa é o Bequerel (Bq), igual a uma desintegração por segundo. Normalmente a atividade é especificada por unidade de volume ou de massa, como no caso do limite máximo estabelecido, nos Estados Unidos, para a radiação do gás radônio no interior de residências, que é de 150 Bq por metro cúbico de ar (150 Bq/m³).

Outras unidades usadas para quantificar a radioatividade não são tão óbvias, mas são igualmente importantes, como é o caso da unidade de *dose* de radiação. A dose de radiação é expressa em Gray (Gy), que corresponde à perda de energia de um joule por quilograma de matéria atravessada pela radiação. Como os efeitos das radiações sobre a matéria viva dependem tanto do tipo de radiação como do tecido irradiado, a quantificação da dose, nesses casos, é multiplicada por fatores adimensionais de correção que permitem calcular a *dose efetiva* de radiação recebida. O Sievert (Sv) é a unidade de dose efetiva sobre a matéria viva. O Bequerel, o Gray e o Sievert substituíram, respectivamente, o Curie (Ci), o Rad e o Rem, unidades antigas que, no entanto, ainda são freqüentemente utilizadas.

Outra unidade empregada nos estudos sobre a radioatividade, para medir a energia de uma radiação, é o elétron-volt (eV), que corresponde à energia adquirida por um elétron quando é acelerado por uma diferença de potencial de um volt. Os múltiplos do elétron-volt são o quiloelétron-volt (KeV, ou 1.000 eV), o megaelétron-volt (MeV, ou um milhão de eV) e o gigaelétron-volt (GeV, ou um bilhão de eV).

to radioativo, com longas cadeias que terminam sempre em isótopos de chumbo estáveis. Tanto o ^{232}Th como o ^{238}U são emissores de partículas alfa, a taxas reduzidíssimas. Um pedaço de granito do tamanho de um ovo, por exemplo, emite apenas umas dez partículas alfa a cada segundo, somadas as contribuições dos dois radioisótopos.

Entretanto, no passado longínquo do nosso planeta, a situação deve ter sido bem diferente. Sabe-se que restam hoje na Terra cerca de 10% do ^{40}K , 50% do ^{238}U e 80% do ^{232}Th que ela possuía ao ser formada. Nos seus primórdios, portanto, o planeta em que vivemos certamente era muito mais radioativo do que atualmente. Foi nesse ambiente radioativo que a vida teve sua origem.

As radiações penetrantes beta e gama originárias dos solos e rochas da superfície dominam as primeiras dezenas de metros da atmosfera. Tais radiações são emitidas por alguns dos integrantes das cadeias radioativas do ^{238}U e do ^{232}Th , principalmente o ^{208}Tl (isótopo do tálio), o ^{228}Ac (isótopo do actínio), o ^{214}Bi e o ^{212}Bi (ambos isótopos do bismuto). Somadas à que o ^{40}K emite, elas constituem as principais contribuições à dose de radiação externa que absorvemos no dia-a-dia, em circunstâncias normais e em um ambiente aberto próximo à superfície. O bombardeio radioativo que vem desses isótopos, durante um ano, é mais de cinco vezes superior à dose anual que recebemos através da radiação cósmica primária e secundária.

Raramente estamos livres dessa radiação. Isso acontece com os marinheiros, que ficam praticamente a salvo dela quando embarcados, já que a quantidade desses radioisótopos nos oceanos é muito diminuta. Do mesmo modo, os passageiros de um avião também ficam temporariamente livres dessa radiação por estarem longe do solo, mas em contrapartida recebem uma dose adicional de radiação cósmica.

Certas regiões, onde as condições geológicas e geoquímicas propiciaram o acúmulo excessivo de minerais que contêm esses elementos, podem expor seus habitantes a doses de radiação bem mais elevadas do que a média. Há no Brasil diversos locais com essas características, e alguns deles motivam estudos de cientistas da saúde do país e do exterior.

Na região costeira de Guarapari (Espírito Santo), por exemplo, existe um acúmulo de areias monazíticas, ricas em minerais pesados que contêm tório, um elemento radioativo. A população dessa estância de férias está exposta a uma dose anual de radiação que chega a ser cem vezes superior à que recebemos, em média, nas regiões 'normais' a céu aberto. Outra famosa estância de férias é Poços de Caldas (Minas Gerais). Nas proximidades

dessa cidade, que no passado ficou conhecida como um dos locais preferidos por casais em lua-de-mel, está uma das primeiras e mais famosas minas de urânio do Brasil. As rochas alcalinas intrusivas que constituem a região possuem elevado teor de tório, principalmente no local denominado Morro de Ferro. Essas duas regiões brasileiras e uma área situada no estado de Kerala, na Índia, são mundialmente conhecidas e estudadas em função do elevado nível de exposição natural à radioatividade a que estão sujeitos seus habitantes.

A RADIOATIVIDADE EM SUSPENSÃO NO AR

Embora as radiações gama produzidas pelo ^{40}K e pelos elementos gama-emissores das séries radioativas do ^{232}Th e do ^{238}U sejam predominantes junto ao solo, essa contribuição é atenuada rapidamente à medida que nos elevamos na coluna atmosférica. Acima de cem metros da superfície, toda a radiação gama já foi absorvida pelos átomos e moléculas que constituem a atmosfera. Nesse nível, o predomínio passa a ser das radiações que não vêm diretamente de fontes na superfície, mas de fontes radioativas naturais existentes na atmosfera, carregadas em suspensão em diminutas partículas (chamadas *aerossóis*) ou na forma de gás.

A atmosfera é razoavelmente bem misturada até uma altura que varia de apenas alguns metros a centenas de metros. Nessa região, chamada camada limite planetária pelos profissionais da meteorologia, ocorrem as misturas convectivas (processos de transmissão de calor que geram correntes de ar) capazes de elevar a poeira muito fina do chão, a fumaça das chaminés das fábricas, os gases dos escapamentos dos carros etc.

Ao amanhecer, quando o solo está frio, encontramos a camada limite planetária muito baixa, às vezes bem próxima ao solo. Quando os primeiros raios do Sol incidem sobre a superfície da Terra e a aquecem, essa camada sobe gradualmente, até um máximo que depende de uma série de fatores meteorológicos e topográficos, e volta a baixar durante a noite. Esse movimento cíclico diurno mistura os particulados em suspensão (ou aerossóis) e os gases que exalam do solo até muitas centenas de metros acima da superfície.

Nessa poeira em suspensão encontram-se diversos radioisótopos ressuspendidos do solo, como os próprios ^{232}Th e ^{238}U e seus produtos de decaimento. Mas é entre os gases que se desprendem do solo que se encontra o principal responsável pela radioatividade natural da atmosfera — o radônio (figura 3).

O radioativo radônio é um gás nobre — ou seja, não se liga quimicamente a ou-

tros elementos. É o único radioelemento gasoso nas séries radioativas dos ^{232}Th e ^{238}U . Em parte por isso e em parte pelo retrocesso sofrido pelo núcleo durante o decaimento radioativo que o origina, ele é rapidamente eliminado da rede cristalina das rochas. Nem todos os átomos de radônio produzidos, entretanto, escapam para a atmosfera. A maior parte decai antes disso, emitindo uma partícula alfa, e se transforma novamente em outro elemento metálico. Altamente radioativo em sua forma pura, o radônio ocorre com maior frequência na forma de dois radioisótopos: o ^{222}Rn e o ^{220}Rn , que têm meias-vidas de 3,8 dias e 55 segundos, respectivamente, e são emissores de partículas alfa.

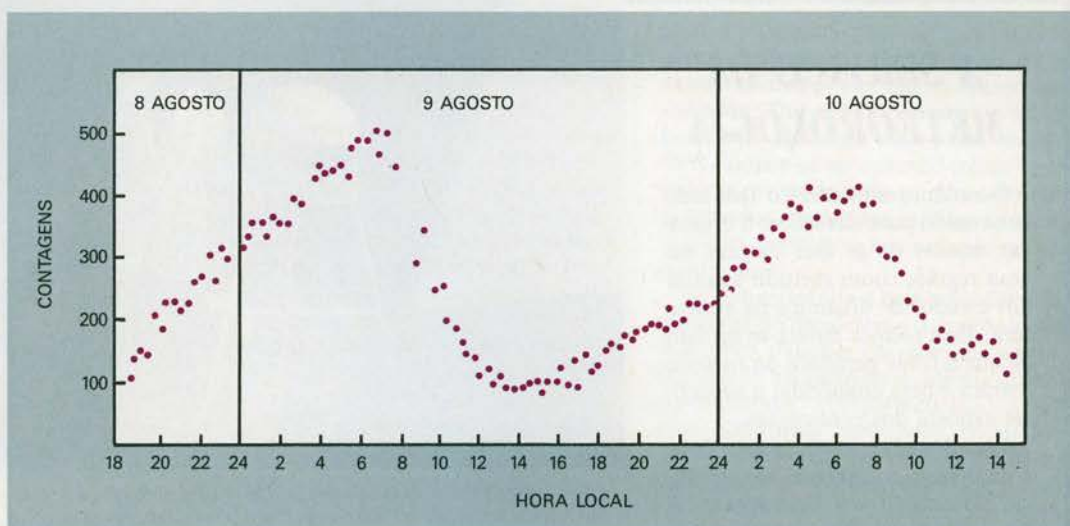
Toda a superfície sólida do planeta libera continuamente para a atmosfera esse gás, uma vez que sempre encontramos o ^{238}U e o ^{232}Th ou seus produtos de decaimento nas rochas e nos solos, ainda que em quantidades diminutas. Embora o fluxo de liberação para a atmosfera seja extremamente pequeno, as constantes de desintegração muito grandes dos isótopos do radônio fazem com que a radioatividade atmosférica resultante seja comparativamente elevada.

Cerca de $1,9 \times 10^{20}$ Bq de radônio são injetados na atmosfera a cada ano. Tanto assim que, em apenas dois dias, a radioatividade gerada somente pelo radônio exalado pela superfície exposta do planeta se iguala à de todo o ^{90}Sr (isótopo do estrôncio) acumulado por todas as explosões nucleares ocorridas desde Hiroshima até hoje. Para que se avalie o que isso representa, basta lembrar que o ^{90}Sr é um dos principais responsáveis pelos efeitos biológicos a longo prazo dos resíduos radioativos acumulados pelas explosões nucleares a céu aberto, conhecidos como *fallout*.

Durante uma fração de segundo após a emissão da partícula alfa, no decaimento do radônio, o núcleo residual de polônio, recém-formado na atmosfera, é um íon positivo que tende a se recombinar rapidamente formando hidratos ou óxidos, que depois se recombina resultando em aglomerados iônicos ou moléculas neutras de polônio (^{218}Po). Mais raramente, em ambientes muito secos, ocorre também a recombinação com os elétrons livres da atmosfera. Os produtos finais mais frequentes dessa recombinação do polônio são complexos iônicos com moléculas de oxigênio (O_2), água (H_2O), nitrogênio (N_2) e com óxidos de nitrogênio, sempre agregados aos aerossóis atmosféricos.

Assim, toda a história subsequente dos descendentes do radônio, ou seja, os produtos de seu decaimento (figura 4), passa a ser controlada pelas propriedades físicas dos aerossóis presentes na atmosfera, e não mais pelas propriedades do gás que os gerou. Tais aerossóis, então, tornam-se radioativos e passam a transportar essa ra-

FIGURA 3. Durante a noite, na ausência da radiação solar, a concentração do radônio que emana do solo aumenta até atingir seu máximo nas primeiras horas da manhã, quando a camada de mistura da atmosfera encontra-se bem próxima ao solo. Com os primeiros raios solares, essa camada se eleva gradualmente, provocando a dispersão do radônio (e de outros poluentes da atmosfera). O gráfico mostra dois dias de variação cíclica da concentração do radônio, medida no campus do INPE, em São José dos Campos, SP.



radioatividade em suspensão até que finalmente se depositem na superfície, fechando o ciclo geoquímico.

No caso do ^{222}Rn e de seus produtos de decaimento, todo o processo ocorre nos primeiros metros da coluna atmosférica, visto que apresentam meias-vidas muito curtas. Simplesmente não há tempo para uma difusão maior do gás e, posteriormente, de seus produtos de decaimento em suspensão nos aerossóis, antes que suas concentrações se tornem inferiores aos limites de detecção dos mais sofisticados métodos de medida. Já o ^{222}Rn , por apresentar meia-vida mais longa (3,8 dias), pode difundir-se tanto horizontalmente, por distâncias continentais, quanto verticalmente, até muitos quilômetros de altura (ver 'A serviço da meteorologia').

É interessante observar que, se todo o radônio que ingressa na atmosfera, a uma taxa média global de 0,72 átomos por segundo em cada centímetro quadrado de superfície, nunca fosse removido, por mecanismos naturais típicos (como a chuva), haveria uma condição de equilíbrio, também conhecida como equilíbrio secular, em que as atividades do radônio e de cada um de seus produtos de decaimento seriam exatamente iguais entre si. Mas isso não acontece. Os descendentes do radônio, por se agregarem à fração mais fina dos aerossóis em suspensão, são mais cedo ou mais tarde removidos da atmosfera.

Assim, calculando-se a razão entre as médias globais das concentrações de alguns dos produtos do decaimento do radônio e a média do próprio gás, é possível obter o tempo médio de permanência dos aerossóis em suspensão na atmosfera (tempo de residência). Cálculos realizados através dessa técnica revelam, em uma estimativa global, que os aerossóis submicroscópicos possuem um tempo de residência na troposfera de cerca de 6,5 dias — a troposfera é a parte da atmosfera que vai da superfície até 10-15 quilômetros de altura.

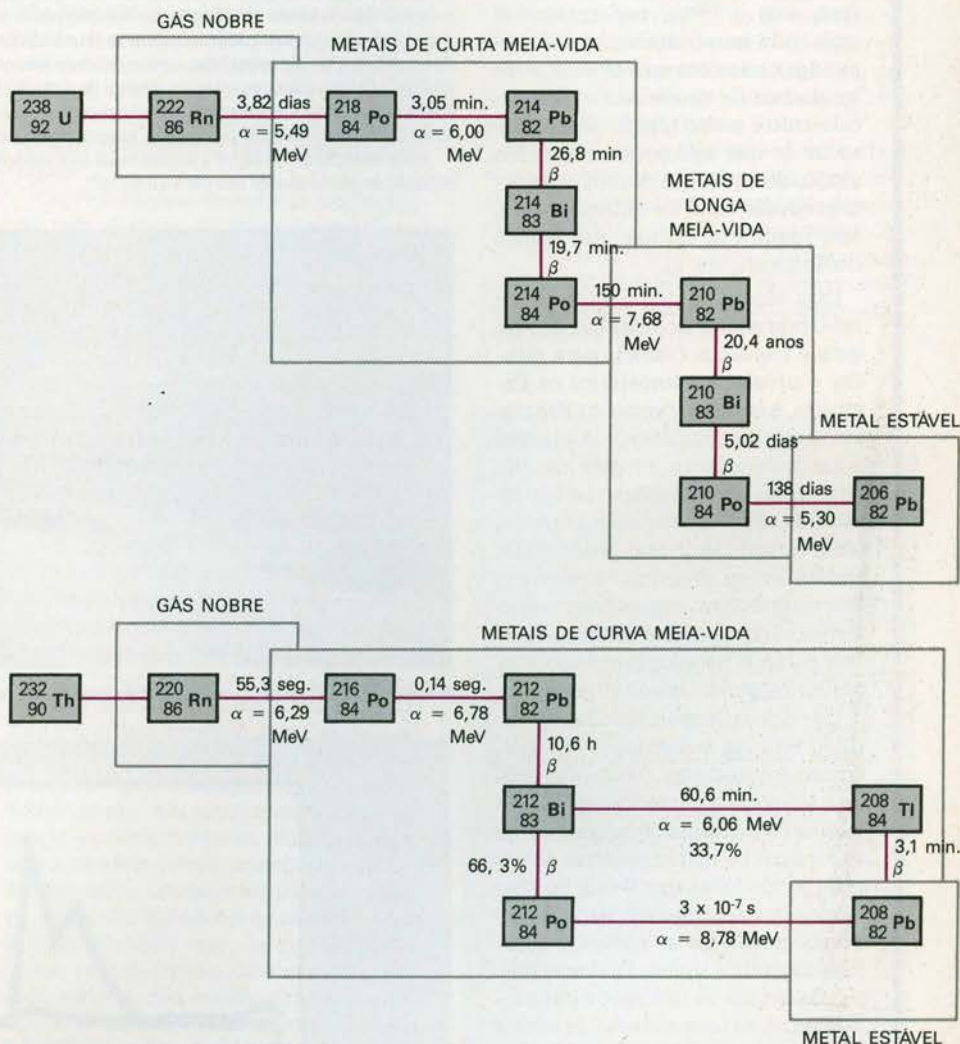


FIGURA 4. Séries radioativas dos isótopos do radônio de números de massa 222 e 220, principais responsáveis pela radioatividade natural em suspensão na atmosfera. Os produtos do decaimento do radônio que apresentam curta meia-vida são rapidamente aglutinados aos aerossóis atmosféricos, que se tornam radioativos. Os números próximos aos símbolos dos elementos indicam o número de massa, a soma dos prótons e nêutrons do núcleo (em cima), e o número atômico (prótons). Os números em azul indicam a meia-vida de cada isótopo (em milissegundos, segundos, minutos, horas, dias e anos) e os símbolos indicam o tipo de radiação envolvida (com a quantidade da energia no caso da radiação alfa). Nos decaimentos alfa, indicados pelas setas horizontais, ocorre a perda de dois prótons e dois nêutrons do núcleo, e nos decaimentos beta, representados pelas setas verticais, ocorre a perda de uma carga negativa do núcleo, com a transformação de um nêutron em um próton e conseqüente aumento unitário do número atômico.

A SERVIÇO DA METEOROLOGIA

O radônio atmosférico tem sido empregado para identificar a origem das massas de ar que chegam em uma região, como método auxiliar nos estudos de dinâmica da atmosfera. Essa técnica baseia-se no fato de que a fonte geradora do radônio é única e bem conhecida: a superfície exposta dos continentes.

Para descobrir se uma massa de ar é de origem continental ou oceânica, basta medir a razão isotópica entre o ^{222}Rn e o ^{220}Rn . Os dois têm comportamento idêntico na atmosfera, mas o ^{220}Rn , por apresentar meia-vida muito mais curta (55 segundos), não consegue se afastar do local onde foi produzido — seu decaimento é muito rápido. Uma massa de ar que apresenta uma razão abaixo do equilíbrio determinado pela produção local do radônio indica, sem sombra de dúvida, sua origem oceânica (figura 5).

Essa técnica é empregada desde 1986, pela equipe do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), para estudar a circulação atmosférica na Península Antártica, dentro do Programa Antártico Brasileiro. A estação antártica brasileira, situada naquela península, possui um laboratório de estudos atmosféricos onde se mede, além do radônio e seus produtos de decaimento na atmosfera, diversos outros componentes minoritários importantes para a química da atmosfera, tais como o ozônio, o metano e os aerossóis atmosféricos (figura 6).

Um dos principais resultados obtidos está na constatação de que, apesar dos mais de 1.500 quilômetros que separam a América do Sul da Península Antártica, freqüentemente se formam na região sistemas de circulação ciclônica que levam ao chamado continente gelado parte do radônio gerado pelas rochas e solos sul-americanos (figura 7). A medição dessas 'ondas de radônio' e das modificações na concentração de outros constituintes minoritários da atmosfera, incluindo os aerossóis atmosféricos, tem como objetivo, entre outros, saber que proporção já atingiu a influência do homem e de sua civilização na última fronteira ainda não explorada do nosso planeta.



FIGURA 5. Sistema detector de radônio em operação no campus do INPE. Por ser um gás nobre, o radônio não é detectado por técnicas de análise química, como a maioria dos gases minoritários da atmosfera, mas apenas por métodos radiométricos. Normalmente, a medida direta de sua radiação alfa elevada — 5,5 MeV — não é eficiente, pois o radônio está muito diluído na atmosfera. O que se faz é pré-concentrar o gás, através da precipitação eletrostática dos seus produtos de decaimento. O método baseia-se no fato de que dois isótopos de polônio (^{214}Po e ^{218}Po) de curta meia-vida produzidos no decaimento do radônio são íons positivos no instante em que são formados, e podem ser coletados usando-se um campo elétrico de magnitude e direção apropriadas, como o criado no interior da câmara de precipitação do sistema (na forma de meio hemisfério). Os íons, coletados sobre um detector de partículas alfa de estado sólido, emitem tais partículas ao sofrer seu decaimento radioativo. Cada átomo de radônio que decai produz sempre dois isótopos de polônio de curta meia-vida, e quanto maior o volume da câmara de precipitação, maior é o fator de concentração dos isótopos em seu interior. O sistema tem um íte de detecção de 10^{-3} Bq/m^3 e permite medir concentrações de radônio mais de mil vezes menores do que a média da radiação do gás no nível do mar (de 4 a 8 Bq/m^3).



FIGURA 6. Vista (no verão) da estação Comandante Ferraz, na Península Antártica.

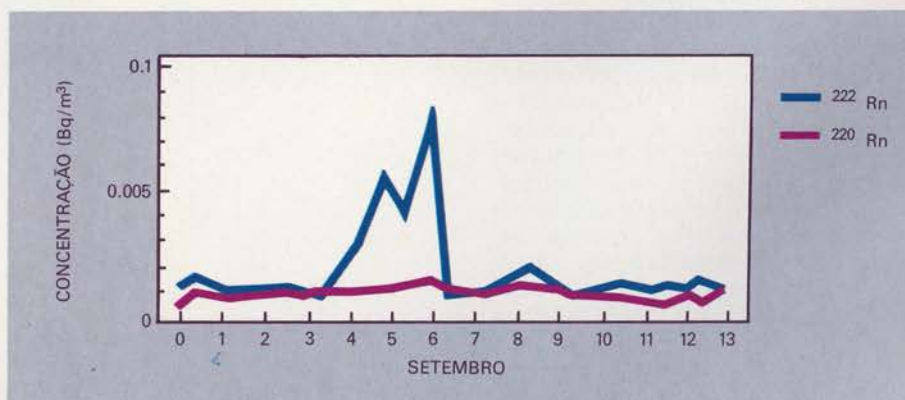


FIGURA 7. A concentração do radônio e de seus produtos de decaimento na atmosfera antártica é extremamente baixa, em função da extensa área coberta de gelo e do oceano que rodeia o continente. Às vezes, porém, como no exemplo do gráfico, a concentração do ^{222}Rn sobe abruptamente, em relação ao ^{220}Rn , de origem exclusivamente local. Essas 'ondas de radônio' duram desde algumas horas até alguns dias, como neste caso.

Cerca de 2% do radônio gasoso que ingressa na atmosfera consegue chegar à estratosfera (a camada acima da troposfera) na forma de seus produtos de decaimento de mais longa meia-vida, o ^{210}Pb (isótopo do chumbo) e o ^{210}Po (isótopo do polônio), também ligados a aerossóis, só que extremamente finos. Uma vez na estratosfera, esses aerossóis têm um tempo de residência muito maior do que na troposfera, devido à barreira natural que existe entre as duas camadas, conhecida como tropopausa. Cálculos realizados também com base nos produtos do decaimento do radônio estimam que em circunstâncias normais apenas cerca de $4,2 \times 9 \times 10^{12}$ kg de ar é trocado por minuto através dessa interface. Para se ter uma idéia, tal vazão é tão diminuta que, se a troposfera fosse um gigantesco balão de gás furado, demoraria mais de mil anos para murchar completamente.

Raros eventos naturais possibilitam a quebra temporária dessa barreira. Entre eles estão as grandes erupções vulcânicas explosivas, como a que ocorreu no vulcão mexicano El Chichón em 1982. Mas as explosões nucleares a céu aberto, de potência superior a um megaton (1 Mt que equivale a um milhão de toneladas de TNT), também possibilitam isso, em função da enorme energia térmica liberada. Felizmente, após mais de duas décadas praticamente sem explosões nucleares a céu aberto, todos os radionuclídeos de curta meia-vida injetados pelas antigas explosões já decaíram na estratosfera, e restam, com alguma significação radiobiológica hoje em dia, apenas o ^{90}Sr e o ^{137}Cs (isótopo do cério), ambos com meias-vidas da ordem de 30 anos.

O ^{137}Cs , usado em equipamentos de radiologia, é bastante conhecido dos brasileiros, lamentavelmente. Um desses aparelhos médicos, aberto inadvertidamente em um ferro-velho de Goiânia, em 1987, foi responsável por um dos mais trágicos acidentes nucleares já ocorridos no mundo: a radiação provocou a morte de quatro pessoas e a contaminação, em maior ou menor grau, de mais de 200, além de tornar necessária a descontaminação de uma extensa área (ver 'Autos de Goiânia, em *Ciência Hoje*, n.º 40).

A maior parte dos produtos de decaimento do ^{222}Rn têm meia-vida que varia de frações de segundo a dezenas de anos. Evidentemente, são os elementos de curta meia-vida os principais responsáveis pelo nível de radioatividade em suspensão que medimos, por exemplo, no ar, no nível do mar. Entretanto, por mais estranho que pareça, são os produtos de longa meia-vida, como o ^{210}Pb e o ^{210}Po , e não os de curta meia-vida, os verdadeiros vilões dessa história, visto que podem se acumular em níveis relativamente altos em nosso organismo, através do processo da respiração.

O PERIGO DOS LOCAIS MAL VENTILADOS

Em atmosferas pouco ventiladas, como as de minas subterrâneas, cavernas, túneis e mesmo habitações fechadas, a concentração do radônio tende a crescer para níveis acima dos normalmente encontrados a céu aberto (em redor de 8 Bq/m³, em média). Em minas subterrâneas, onde os teores são mais elevados, as concentrações podem atingir valores mais de duas mil vezes superiores.

Em residências, as concentrações dependem de muitos fatores, tais como a geologia local, o material de construção empregado e até mesmo o clima, que vai determinar o nível de ventilação da casa. É evidente que uma residência típica de uma cidade equatorial, como por exemplo Manaus, se mantém muito mais ventilada, o ano inteiro, do que uma residência de Curitiba, no inverno. Também é evidente que, quanto maior a ventilação, menor a taxa de acúmulo do radônio e de seus descendentes no interior da habitação.

O nível máximo de radônio recomendado pela Agência de Proteção Ambiental (EPA) dos Estados Unidos é de 150 Bq/m³. A partir deste valor, algumas medidas preventivas devem ser tomadas, segundo essa agência. As concentrações médias em residências na Europa e nos Estados Unidos variam de 20 a 100 Bq/m³ (figura 8). Nesses países o problema do acúmulo do radônio nas residências é agravado durante o longo inverno, quando estas permanecem pouco ventiladas, por medida de economia de energia nos sistemas de calefação.

Não existe, infelizmente, um levantamento sistemático dos níveis de radônio em residências no Brasil. O pouco que se sabe diz respeito a algumas regiões de alta radioatividade natural. Tais medições foram efetuadas por equipes da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e da Pontifícia Universitária Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ), e não são representativas da média do país. Nossas residências são, em geral, mais ventiladas, graças ao clima propício, mas empregam como matéria-prima principalmente cimento, areia, pedras e até mesmo o barro, todos eles geradores de radônio. Não é difícil concluir que, se essa matéria-prima vem de regiões de alta radioatividade natural, essa residência pode ter níveis de concentração do radônio acima do limite máximo aceitável. É o caso, por exemplo, das residências construídas com rejeitos das minerações.

O maior problema dos ambientes pouco ventilados é que facilitam, através da respiração, a ingestão do radônio e o acúmulo de seus produtos de decaimento no organismo. Somente uma parcela do radônio inspirado retorna ao meio ambiente

pela expiração, a cada ciclo da respiração. O restante — os produtos de decaimento sólidos — é retido no interior dos pulmões. Tais produtos radioativos, alguns deles de longa meia-vida, como o ^{210}Pb , alojam-se no delicado tecido epitelial que reveste os brônquios e, como são eliminados a uma taxa inferior à taxa de ingestão, acabam se acumulando ao longo dos anos.

As radiações alfa e beta emitidas pelos produtos do decaimento do radônio alojados nos pulmões parecem ser responsáveis pelo aumento da incidência do câncer pulmonar, competindo lado a lado com vilões mais conhecidos, como o cigarro. Estatísticas apuradas nos Estados Unidos, pela EPA, mostram que o risco de contrair câncer pulmonar, em moradores de residências com níveis de radônio cem vezes superiores à média do meio ambiente, é equivalente ao de indivíduos que fumam um maço e meio de cigarros por dia. Estatisticamente, isso significa de 60 a 210 casos de câncer pulmonar em cada mil indivíduos (figura 9).

Embora essas estatísticas sejam reveladoras, devem ser encaradas com certo cuidado. Os riscos apontados por elas dependem, naturalmente, de quanto tempo o indivíduo passa no interior de uma mina subterrânea ou habita uma residência contaminada e que fração de seu tempo essa pessoa passa ao ar livre.

País	No. de residências monitoradas	^{222}Rn (Bq/m ³)
Alemanha (ocidental)	6000	40
Canadá	9999	13
China	620	30
Bélgica	79	41
Estados Unidos	10000	55
França	1552	50
Holanda	1000	24
Inglaterra	2000	15
Irlanda	1036	58
Japão	251	19
Polônia	200	10
Suécia	500	61

FONTE: U.S. DEPARTMENT OF ENERGY, WASHINGTON, DC, DOR/ER - 0480P, 1990

FIGURA 8. Concentração média de ^{222}Rn em residências de vários países.

Os riscos impostos por exposições contínuas a concentrações de radônio da ordem de 150 Bq/m³ são menores do que aqueles que aceitamos normalmente no dia-a-dia, tais como acidentes de automóvel, queimaduras, quedas e outros. Mas é necessário ressaltar que esses riscos são significativamente maiores do que aqueles associados a alguns outros poluentes atmosféricos para os quais já existem, no país, regulamentos de controle ambiental.

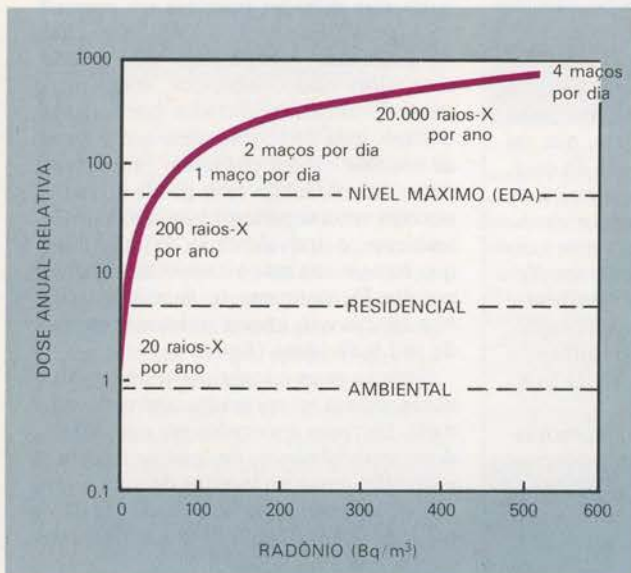


FIGURA 9. O risco estatístico de se adquirir câncer pulmonar em função de exposições prolongadas a níveis elevados de radônio equivale ao apresentado pelos fumantes. Esses riscos não se excluem e acabam sendo somados. Um fumante que reside ou trabalha em local com elevado nível de radônio corre um risco bem maior.

RADIOATIVIDADE E ELETRICIDADE ATMOSFÉRICA

A condutividade elétrica da atmosfera depende principalmente dos íons menores, que são dotados de maior mobilidade. Tais íons são continuamente produzidos em toda a atmosfera, primariamente em função dos efeitos ionizantes da radiação cósmica. No caso dessa radiação, é de se esperar que a produção de íons aumente com a altura, o que de fato acontece, até um limite máximo de cerca de 14 quilômetros. Sobre os continentes, a contribuição das radiações gama e beta emitidas pelo solo é importante até cerca de cem metros de altura.

No primeiro metro acima da superfície, por exemplo, somente as radiações gama e beta emitidas diretamente pelo solo respondem pela formação de mais de 10 pares de íons, em cada centímetro cúbico e em cada segundo (PI/cm³/s), contra cerca de 1,7 PI/cm³/s decorrentes da radiação cósmica. Nesse mesmo intervalo de altura, entretanto, as radiações emitidas

pelo radônio e por seus produtos de decaimento são responsáveis, sobre os continentes, por uma ionização típica da ordem de 20 PI/cm³/s, superando a contribuição das radiações cósmicas e das radiações emanadas do solo. Na realidade, essa predominância se estende até os primeiros quilômetros de altura.

Alguns processos elétricos importantes relacionados com a meteorologia ocorrem já a partir da camada limite planetária,

até o segundo quilômetro de altura, justamente onde a produção de íons provocada pelo radônio e por seus produtos de decaimento é mais acentuada. A formação de tempestades de relâmpagos, por exemplo, depende da eletrificação das nuvens, que pode ocorrer pela acumulação de partículas de água carregadas eletricamente pela captura de íons da região mais positiva junto à superfície e levadas para o topo dessas nuvens por processos convectivos em seu interior.

Outro exemplo ocorre na química da atmosfera. Cientistas dedicados ao estudo da atmosfera mostraram, em laboratório, que a ionização causada

pelo radônio e por seus produtos de decaimento tem o efeito de aumentar o número de núcleos de condensação que, na presença de um oxidante, facilitam a transformação de gases como o SO₂ (dióxido de enxofre) em aerossóis de ácido sulfúrico, um dos principais responsáveis pela poluição urbana. Os núcleos de condensação ocorrem em toda a coluna atmosférica, originados principalmente por reações de fotoquímica que envolvem os elementos químicos gasosos minoritários da atmosfera. Esses núcleos vêm ocupando, cada vez mais, um lugar de destaque nos estudos climatológicos, já que em torno deles pode ocorrer a passagem da água da fase gasosa para a fase líquida, resultando na formação de nuvens.

A ocorrência de distúrbios no estado de equilíbrio iônico da atmosfera, em função das mudanças na produção de íons causadas pela radioatividade presente no ar, é assunto que também vem despertando a atenção de cientistas. O caso da radioatividade de origem artificial, provocada pelo homem, particularmente a emitida pelo ⁸⁵Kr (isótopo do gás criptônio), tem gerado uma série de especulações pessimistas.

Produzido por atividades ligadas ao ciclo de geração de energia elétrica nuclear, o ⁸⁵Kr pode representar uma ameaça ao equilíbrio global existente entre os diversos processos elétricos atmosféricos e as radiações naturais ionizantes. Gás inerte radioativo que se acumula no 'caroço' dos reatores, como subproduto das reações nucleares que ali ocorrem, o ⁸⁵Kr é liberado para a atmosfera durante as operações de manutenção e reabastecimento desses reatores e de reprocessamento do combustível nuclear, e os fenômenos atmosféricos se encarregam de espalhá-lo por todo o mundo.

Como no caso do radônio, que pertence à mesma família de gases nobres da tabela periódica dos elementos, não existem mecanismos naturais de remoção do ⁸⁵Kr da atmosfera, a não ser o seu decaimento radioativo, que se processa com meia-vida de 10,8 anos. Mas enquanto o radônio mantém sua concentração natural de equilíbrio na atmosfera, o ⁸⁵Kr vem se acumulando gradualmente no planeta, a partir de um nível de praticamente zero antes de 1945, em função de sua meia-vida mais longa e do aumento do número de reatores nucleares postos em operação. A concentração média atual do ⁸⁵Kr no nível do mar, medida através de sua atividade, é de 0,7 Bq/m³, menos de um décimo da concentração do radônio, mas continua aumentando.

A partir do ano 2000, de acordo com estimativas baseadas na atual produção desse gás radioativo pelos reatores nucleares em operação em todo o mundo, sua presença na atmosfera poderá estar induzindo uma perturbação de quase 100% no nível de ionização do ar resultante da radioatividade natural, em condições normais. As consequências dessa perturbação ainda são desconhecidas, mas a ampliação do conhecimento atual sobre a radioatividade natural certamente nos ajudará a obter algumas respostas.

SUGESTÕES PARA LEITURA

- U.S. DEPARTMENT OF ENERGY, *Indoor Radon and Decay Products: Concentrations, Causes, and Control Strategies*, Technical Report Series DOE/ER-0480P, 1990.
- LAMBERT G., 'La Radioactivité Atmosphérique', in *La Recherche*, vol. 15, n.º 157, pp. 938-949, 1984.
- 'Natural Radioactivity', *Anais do 4.º Simpósio Internacional sobre a Radiação Ambiental Natural*, Lisboa, dezembro de 1987, in *Radiation Protection Dosimetry*, vol. 24, n.º 1-4, 1988.
- U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, *A Citizen's Guide to Radon*, publicação n.º OAP-86-004, 1986.
- U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, *Radon Reduction Methods*, publicação n.º OAP-87-010, 1987.

*Se você colaborar
elas vão continuar
sempre vivas.*

VISITE A ECOLOJINHA.

Camisetas, botons, bonés e um
variado estoque de artigos com
temas ecológicos, para você
andar na moda mais natural que
existe e ajudar os projetos da
Fundação Biodiversitas.

Ligue (031) 226-5985 e 226-0209
e descubra o quanto você ou sua empresa
podem fazer pela vida,
por todas as formas de vida.

Paepalanthus sp. (Sempre-Viva) - foto: André Assis de Bernardes



**FUNDAÇÃO
BIODIVERSITAS**

RUA MARIA VAZ DE MELO, 71 - BAIRRO DONA CLARA
FONE (031) 443-2119 - FAX (031) 441-7037





Nos últimos 30 anos, diferentes levas de colonizadores têm tentado ganhar o controle das riquezas da Amazônia. Primeiro vieram os agricultores em busca de terra, depois os pecuaristas e, em seguida, os especuladores, rastreando incentivos fiscais e bons investimentos. Mais recentemente, com as rodovias, chegaram os madeireiros. Na Amazônia Oriental, onde a madeira é abundante e barata, os novos colonizadores estão longe de valer-se da floresta de modo racional. Ao contrário, entretanto, como mostra este artigo — cujas conclusões resultam de pesquisas realizadas no município de Paragominas (PA) —, sua exploração sustentada é absolutamente viável sem sacrificar os lucros de seus exploradores.

O desafio da exploração sustentada

Christopher Uhl

*Centro de Pesquisa Agroflorestral da Amazônia Oriental, Embrapa,
Universidade Estadual da Pensilvânia (EUA)*

Adalberto Veríssimo, Paulo Barreto, Marli Mattos, Ricardo Tarifa
Instituto do Homem e o Meio Ambiente da Amazônia

Há poucos lugares no planeta onde a ofensiva do homem contra a biodiversidade é mais direta e danosa do que na Amazônia. Embora a região sempre tenha evocado mistério, riqueza e amplidão, hoje essas visões são frequentemente perturbadas por cenas de desmatamentos, grandes queimadas e conflitos armados pela posse da terra.

A maior parte do desmatamento na Amazônia concentra-se em um arco que se estende do Pará até Rondônia, passando por Mato Grosso. O desmatamento em larga escala dessa área teve início na década de 1960, e seu processo de desenvolvimento — que inclui a ação de agricultores, pecuaristas, mineradores e madeireiros — tem sido francamente desordenado. As avaliações econômicas e ecológicas feitas nos anos 70 sobre essas atividades concluíam serem escassas as possibilidades de um desenvolvimento sustentado para a região. Mas, como o processo de ocupação da Amazônia está em permanente evolução, as análises anteriores referentes ao seu desenvolvimento precisam ser continuamente revistas.

No município de Paragominas, situado ao longo da rodovia Belém—Brasília, a leste do Pará, ocorre um desmatamento particularmente intenso (figura 1). Com uma área de 22.000 km², Paragominas situa-se a 3° ao sul do equador e tem uma pluviosidade anual de aproximadamente 1.700 mm. Seu relevo é suavemente ondulado, coberto por uma floresta úmida perenifolia, cujas árvores, com altura média de 30 metros, crescem sobre latossolos vermelho-amarelos.

De muitas maneiras, a região representa um microcosmo da Amazônia, contendo em seus limites áreas destinadas à pecuária, à exploração madeireira, à agricultura de corte e queima, e à mineração. Em razão de sua localização estratégica, Paragominas funciona como município de referência. Tendências de desenvolvimento, inovações e fracassos ocorrem primeiro em seus limites e só depois atingem áreas de ocupação mais recente. As lições extraídas do modelo Paragominas podem, portanto, influir nos rumos do desenvolvimento da Amazônia Oriental.

Quando a rodovia Belém—Brasília começou a ser construída, no início da década de 1960, cortando o que hoje é o município de Paragominas, a região era esparsamente habitada. Havia povoados indígenas a leste, no Maranhão, e ao longo da margem esquerda do rio Capim, a oeste. Na região correspondente a Paragominas, as ocupações indígenas eram extremamente esparsas. Mas, antes da construção da rodovia, colonos vindos do norte do Pará já haviam começado a ocupar a região. Embora no início usassem as novas terras para a agricultura, poucos anos depois a maioria já tinha vendido seus lotes para os pecuaristas e especuladores de terra que chegavam principalmente de Goiás e Minas Gerais.

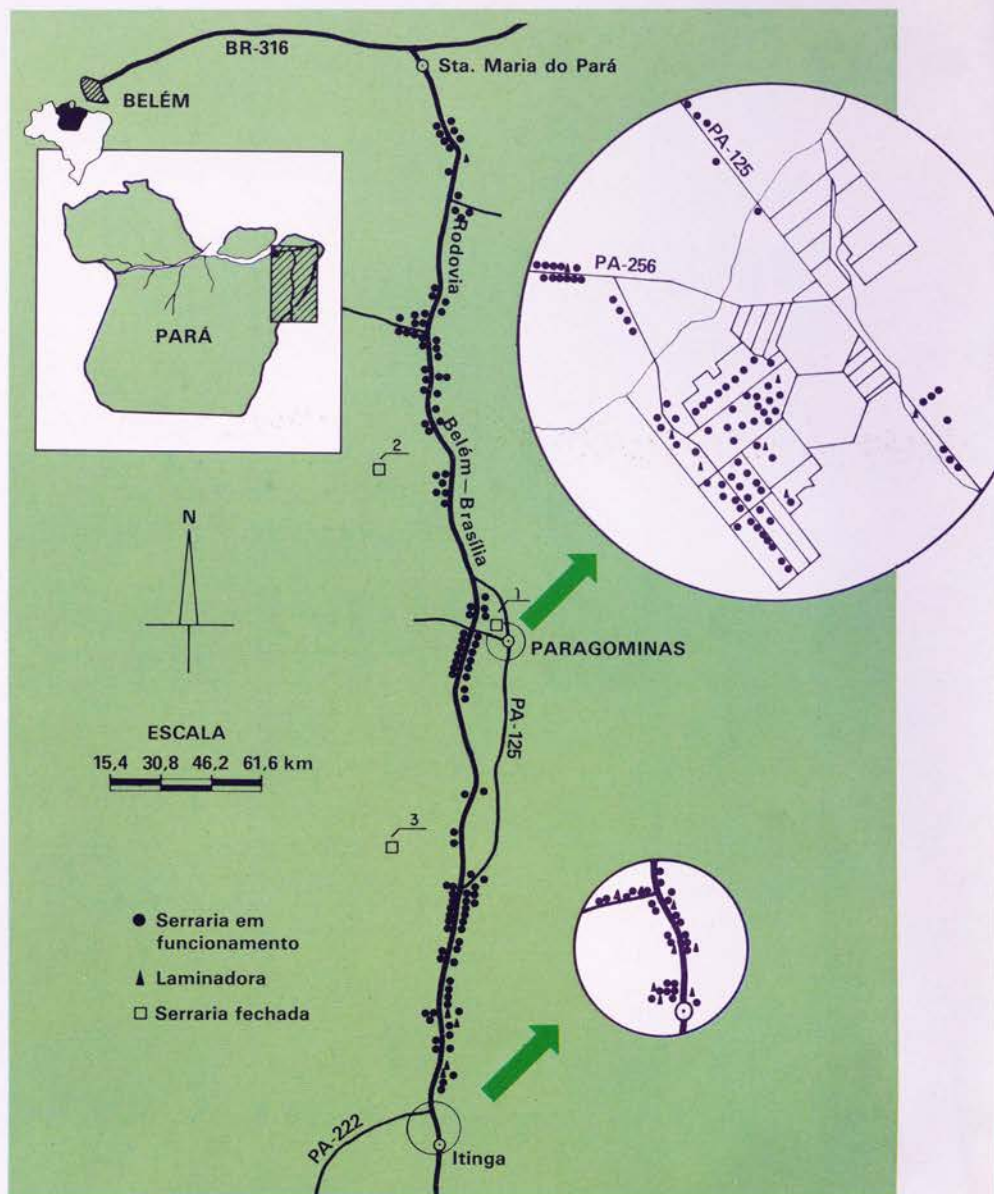


FIGURA 1. Localização das indústrias madeireiras ao longo de 340 km da rodovia Belém—Brasília, entre Santa Maria e Itinga, no Pará.

A pecuária começou no final dos anos 60, com a pavimentação da rodovia Belém—Brasília. O baixo preço da terra e o interesse do governo em atrair investidores do centro-sul do Brasil para a Amazônia propiciou uma ocupação acelerada da região. O governo ofereceu a conversão de impostos, empréstimos a juros baixos e longo prazo de carência para que os investidores ali estabelecessem fazendas de gado. O próprio governo, como se vê, estimulava o desmatamento. Além disso, a lei incentivava a abertura de grandes pastagens. Para obter o título da terra, seus ocupantes eram impedidos ao desmatamento. O Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária, por exemplo, exigia que os ocupantes desmatassem um sexto da área requerida. Nessas condições, milhares de hectares de floresta foram derrubados na região de Paragominas. Como houvesse uma lei obrigando que metade da área de cada proprie-

dade fosse mantida como reserva florestal, formou-se um imenso mosaico de florestas e pastagens.

Em geral, de quatro a seis anos após o estabelecimento das pastagens, as gramíneas (*Panicum maximum* e *Brachiaria* spp) começavam a perder o vigor em decorrência da baixa fertilidade dos solos, do ataque de insetos (os capins do gênero *Brachiaria* são susceptíveis à cigarrinha-das-pastagens) e da infestação dos pastos por ervas daninhas. No final dos anos 70 a criação de gado no Pará, particularmente em Paragominas, passou a enfrentar graves problemas de ordem econômica e biológica. A crise econômica do país fez com que o governo e os bancos reduzissem significativamente o apoio ao setor pecuário, e os pecuaristas reagiram diminuindo a taxa de abertura de novas áreas de floresta. Foi nessa época que a indústria madeireira começou a se instalar na região.



A região de Paragominas (PA), na Amazônia Oriental, antes da construção da rodovia Belém—Brasília, no início da década de 1960.



Menos de 2% da área de Paragominas foram colonizados por pequenos produtores, muitos deles oriundos da região Nordeste.

A chegada da indústria madeireira na Amazônia Oriental alterou radicalmente o modo de avaliar, do ponto de vista econômico, as áreas de floresta da região. Anteriormente, as áreas de floresta — vistas como um obstáculo à abertura de novas fronteiras — tinham um valor inferior às de pastagem, ainda que degradadas. Só nos anos 80 é que as florestas, em função de suas madeiras, começaram a ser valorizadas. Para isso, concorreram dois fatores: a queda no suprimento de madeira do sul do Brasil ao longo daquela década e a melhoria, na Amazônia Oriental, de seu sistema de transporte e comunicações, indispensável ao funcionamento da indústria madeireira.

A Amazônia Oriental adequou-se à rápida expansão da atividade madeireira por dispor, além de uma infra-estrutura implantada, de um expressivo contingente de migrantes, oriundos principalmente da região Nordeste. Com a chegada da indústria madeireira, essa população tinha um amplo leque de oportunidades de trabalho, pois surgia no Pará enorme variedade de novas ocupações: cortar a madeira, transportá-la para as serrarias, transportar o produto serrado até os centros urbanos, fazer carvão com os restos da produção etc. Essas condições possibilitaram que a indústria madeireira se instalasse na região com um investimento relativamente pequeno de capital.

A rapidez do crescimento da indústria madeireira e a liderança do Pará nesse processo merecem destaque. De 1976 a 1989, a produção de madeira em tora na região Sul do Brasil, que era de 15 milhões de m³ (47% da produção total do Brasil), caiu para 6,9 milhões de m³ (10%). No mesmo período, a produção de madeira em tora na região Norte, que era de 6,7 milhões de m³ (21% da produção nacional), subiu para 47,4 milhões de m³ (72%), conforme dados da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

No início dos anos 90, a exploração madeireira era a principal atividade econômi-

ca de Paragominas. De fato, para cada caminhão que deixava o município levando gado, dezenas de outros saíam com madeira serrada. Das 238 madeireiras localizadas ao longo da rodovia Belém—Brasília, no Pará, 79% foram instaladas durante os anos 80. As madeireiras tendem a se concentrar nas cidades da fronteira, onde há principalmente serviços de comunicação e energia. Com 112 indústrias, Paragominas é o maior centro madeireiro do Brasil.

Em sua maioria, as indústrias madeireiras se assemelham quanto ao tamanho e à linha de produção. No levantamento feito nas 238 serrarias, constatamos que 78% dispunham de uma única serra de fita, com uma produção anual média de madeira serrada de 4.300 m³ e 12% tinham mais de uma serra desse tipo. A serraria de maior produção, com seis serras de fita, produzia 30.000 m³ de madeira serrada por ano. Havia também 17 laminadoras e seis fábricas de compensados operando na região.

A maioria dos proprietários de serrarias em Paragominas (97%) vem de outras partes do Brasil, principalmente do Espírito Santo (40%), um grande centro produtor de madeira nas décadas de 1960 e 1970. Cerca de 80% dos madeireiros já haviam trabalhado na exploração e processamento de madeira, a metade dos quais teve serrarias em seus lugares de origem. A maioria das serrarias (73%) produzia apenas pranchas serradas e 27% delas fabricavam, além da madeira serrada, peças mais elaboradas, como portas, tacos e forros.

Os proprietários das madeireiras investem seus lucros principalmente na compra de equipamentos para explorar a floresta e na aquisição de terras. Cerca de dois terços das empresas (63%) tinham equipes que, além de operar na indústria, trabalhavam na exploração florestal e no transporte da madeira em tora. A exploração ocorre geralmente nas terras dos grandes proprietários (pecuaristas), embora 61% dos madeireiros já as tenham adquirido e 39% deles extraíam parte de seu suprimento de madeira em tora de suas propriedades.

Nos anos 80, quando os madeireiros chegaram a Paragominas, a maior parte das terras do município era controlada por pecuaristas e especuladores, que haviam se mudado para a região nas décadas anteriores. No início de 1990, entrevistamos 14 grandes pecuaristas da região, cujas propriedades tinham em média 14 mil hectares. O questionário aplicado dizia respeito à extensão da propriedade, ao percentual de áreas de pastagem (produtiva ou abandonada) e de floresta (virgem ou explorada), ao tamanho do rebanho, as técnicas de manejo, à produtividade e aos custos de operação. Em média, 35% da região eram cobertos por floresta virgem e 25% por floresta explorada. O restante, cerca de 39%, era de pastagens produtivas ou abandonadas.

Se praticada em grandes propriedades, a pecuária é rentável. Numa fazenda típica da região, com área de pastagem de aproximadamente 3.500 hectares, os custos de operação são de 75 mil dólares por ano, empregados em mão-de-obra (39%), cuidado com os animais (36%), manutenção da infra-estrutura (15%), transporte (6%) e impostos (4%). O lucro anual é de aproximadamente 85 mil dólares ou 25 dólares por hectare ao ano.

À medida que vai envelhecendo, a pastagem se esgota e, se não for reformada, lentamente se transforma em campos infestados de ervas daninhas. A reforma da pastagem consiste na limpeza da área com trator de esteira — de que resultam tocos e galhos, que são amontoados e queimados —, aração e adubagem. Além disso, deve-se também proceder ao plantio de *Brachiaria bryzantha*, uma nova e promissora espécie forrageira na região. Cada hectare de pasto reformado custa ao proprietário cerca de 260 dólares, mais da metade destinados à limpeza e à aração, e o restante ao plantio, adubação e infra-estrutura.

O capital para a restauração da pastagem frequentemente vem da floresta, graças à venda de madeira. Os pecuaristas vendem o direito de exploração da madeira de sua propriedade ou eles próprios a exploram.



A pecuária é responsável pelo desmatamento de um quarto das florestas do município de Paragominas entre 1965 e 1990. Na foto, gado do tipo Nelore.



Extensas áreas abertas pela pecuária em Paragominas.

Se vendem o direito de exploração, recebem 70 dólares por hectare; mas a margem de lucro sobe para 200 dólares por hectare quando exploram a floresta. Portanto, a exploração de aproximadamente quatro hectares de floresta é suficiente para restaurar um hectare de pastagem degradada se o pecuarista apenas vende o direito de exploração. Mas se ele próprio a explora, basta fazê-lo em apenas um hectare de floresta para recuperar quase um hectare de pastagem.

Uma vez reformada a pastagem, sua produtividade e rentabilidade aumentam significativamente. Estudos de campo feitos recentemente por M. Mattos e colaboradores revelam que o lucro proveniente da recuperação de pastagens é de aproximadamente 50 dólares por hectare ao ano. A nosso ver, a floresta tem hoje um papel crucial na sustentação da atividade pecuária, e a súbita valorização dos recursos madeiros da Amazônia obriga-nos a dilatar o prazo para a avaliação da eficiência da pecuária na região.

Os pecuaristas que possuem extensas áreas de florestas e estão interessados em explorar madeiras têm agora um novo subsídio. Aliás, esta é a terceira vez que a pecuária está sendo subsidiada na Amazônia: o primeiro subsídio veio com a derrubada inicial da floresta, quando os nutrientes da biomassa se prestaram ao crescimento das pastagens; o segundo veio do governo, na forma de capital para o estabelecimento da infra-estrutura da fazenda; e, assim como o primeiro, o terceiro subsídio — a restauração das pastagens degradadas — vem da natureza.

A madeira tem tido um papel importante na economia atual da fronteira amazônica. Agora, pela primeira vez, os recursos locais estão fornecendo o capital para liderar o desenvolvimento regional. Há nisso algo positivo, pois recursos que antes eram queimados agora se prestam ao desenvolvimento. Mas essa mudança de orientação não garante que o novo modelo de desenvolvimento esteja se realizando de modo sustentado. No modelo clássico, as riquezas obtidas no início da exploração dos re-

ursos naturais são convertidas em favor de uma economia diversificada, centrada na industrialização e na prestação de serviços. Assim, os habitantes da região ganham em serviços de saúde e educação e vêem seu poder aquisitivo aumentar. Mas sabemos que isso nem sempre acontece. Frequentemente os recursos naturais são explorados à exaustão, deixando em seu rastro uma paisagem desolada e trabalhadores que não experimentam qualquer forma de progresso social.

Da forma como é praticada hoje na Amazônia Oriental, a exploração madeireira não se dá de modo racional, tampouco oferece oportunidades de desenvolvimento significativo aos habitantes da região. Isso, no entanto, não precisaria ser assim. É enorme o potencial que têm os recursos madeiros da floresta amazônica de gerar riquezas, e o desenvolvimento sustentado da região é uma opção absolutamente viável.

Estimamos que as 112 indústrias madeireiras da região de Paragominas têm aproximadamente 5.700 empregados, que trabalham no setor industrial, na extração de madeira, no seu transporte e nas carvoarias. Cerca de 56% da população urbana de Paragominas dependem diretamente da indústria madeireira para sua subsistência. Considerando que essas indústrias exploram aproximadamente 32 mil hectares de floresta por ano, cada um de seus empregados depende de cinco hectares de floresta por ano para se sustentar.

Estamos interessados não apenas na quantidade de empregos gerados, mas também na qualidade desses empregos. Foi visando obter dados dessa natureza que ouvimos 112 chefes de família empregados nas serrarias de Paragominas. Os números mostram que, em sua maioria, eles vieram de outros estados (41% do Maranhão), 55% haviam se transferido para a região nos últimos cinco anos e a grande maioria (90%) migrou da zona rural. As madeireiras e os trabalhadores estão estabelecidos no bairro industrial de Paragominas, cujas ruas não são pavimen-

tadas e o ar é frequentemente poluído pela fumaça da queima dos resíduos das madeireiras. As casas em geral são pequenas (cerca de 30 m²) e têm de um a três cômodos. Em um terço das que visitamos não havia móveis, 40% não tinham eletricidade e em mais da metade não havia água encanada. As doenças, principalmente problemas intestinais e respiratórios, eram comuns e, na região, há apenas um médico para cada 1.300 habitantes, taxa muito inferior à recomendada pela Organização Mundial de Saúde.

Os salários eram baixos, girando em torno de 110 dólares mensais. Além disso, em razão da natureza não-especializada do trabalho, não havia relação entre o salário e os anos de trabalho no setor. Três quartos das famílias gastavam mais de 60% de sua renda na aquisição de alimentos, e mais da metade dos entrevistados (54%) eram analfabetos; os restantes eram semi-alfabetizados. Das crianças em idade escolar, apenas 43% iam às aulas.

Estudamos três áreas de exploração de madeira próximas a Paragominas. Em todos os casos a exploração era intensiva e altamente mecanizada: tratores de esteira abriam estradas primárias no meio da floresta para apanhar as árvores abatidas, que eram então armazenadas em grandes clareiras. Em seguida, as toras eram carregadas em caminhões e levadas para serem serradas nas indústrias. O número de árvores extraídas por hectare nessas três áreas variou de 2,9 a 9,3, enquanto a produção extrativa ficou entre 18 e 62 m³/ha. O número de espécies extraídas por área variou de 43 a 57, e o número total de espécies extraídas nas três áreas foi 83. Danos consideráveis ocorreram na abertura das estradas madeireiras e na derrubada e extração das árvores. A exploração madeireira reduziu a cobertura da floresta de 82% para 45%. Para se extrair cerca de seis árvores por hectare, outras 150 com diâmetro (na altura do peito de um indivíduo adulto) maior ou igual a 10 cm foram severamente danificadas. Isso significa que, para cada metro cúbico de madeira retirado



Homem cortando árvores com motosserra. Mais de cem espécies são extraídas atualmente das matas de Paragominas.



São enormes os danos provocados pela extração madeireira. Na derrubada de uma única árvore, cerca de 27 outras morrem ou ficam severamente danificadas. A cobertura do dossel é reduzida em quase 50%.



A exploração da floresta e o transporte das toras dela extraídas movimentam as serrarias de Paragominas.



O preço do metro cúbico destas toras gira em torno de 20 dólares.



Na serraria, as toras viram tábuas.



Uma laminadora, cujas lâminas secam (à direita), produz lâminas que podem ser empregadas na indústria de compensados.



da floresta, quase dois metros cúbicos foram destruídos.

Impactos secundários também estão associados à exploração intensiva. Um dos mais importantes é o fogo. A abertura do dossel da floresta faz aumentar a radiação solar que atinge seu solo, causando a secagem dos resíduos nele acumulados. Na estação seca, cinco ou seis dias sem chuva são suficientes para secar os resíduos nas áreas alteradas. Como o fogo é comumente empregado para controlar pragas de pastagens, há uma ampla fonte de ignição no final da estação seca. A exploração desses ecossistemas cria, portanto, um ambiente altamente susceptível a incêndios, um fato novo e singular na Amazônia. Os recursos da floresta estão, pois, sendo explorados sem muita preocupação com o futuro. Ao que sabemos, não há na Amazônia Oriental qualquer tentativa séria de manejo florestal em escala comercial. Se os métodos aqui expostos continuarem a ser praticados, muito provavelmente a floresta se degradará cada vez mais, perdendo seu potencial de gerar riquezas.

Mas a floresta amazônica poderia ser manejada para produzir madeira de forma sustentada? Os proprietários de serrarias dizem não ver sentido no manejo da floresta. De fato, isso implica custos e, quando os recursos são abundantes e baratos como é o caso da madeira na Amazônia Oriental, parece mais lógico comprar apenas o direito de exploração, utilizar a área o mais rapidamente possível e seguir em frente. O manejo sustentado da floresta, em contrapartida, exige que se desloquem tempo, trabalho e capital das atividades que garantem retorno financeiro imediato para atividades que só a longo prazo levam ao enriquecimento.

Em decorrência dos efeitos deletérios da exploração de madeira em Paragominas, começamos a discutir o manejo levando em conta as condições e o poder potencial de produção de madeiras da floresta já explorada. No final das operações de exploração nas três áreas estudadas, constatamos que, em média, eram extraídas 16 árvores por hectare, com bom formato de tronco e aceitáveis nas serrarias da região. Havia ainda em cada hectare outras 17 árvores com potencial de uso futuro.

A principal medida de manejo para aumentar a produção de madeira em áreas de floresta explorada em Paragominas é o corte de cipós e o anelamento de árvores defeituosas ou de espécies não-econômicas próximas daquelas escolhidas para serem manejadas. Dados preliminares obtidos por P. Barreto e colaboradores indicam que, quando se tomam tais medidas, o diâmetro das árvores ganha anualmente de 0,4 a 0,6 cm. Nas áreas não-exploradas, esses valores ficam entre 0,1 e 0,3 cm/ano.

Com base nos inventários feitos em áreas exploradas e considerando uma taxa anual

de mortalidade de 1% e um crescimento de 0,5 cm, nossas projeções revelam — para um período de rotação de 35 anos, tempo necessário para que uma mesma área volte a ser explorada — que a diferença no volume de madeiras extraíveis entre parcelas manejadas e não-manejadas gira em torno de 18 m³/ha. Adicionando as espécies cuja madeira tem valor de mercado futuro, a diferença no volume extraível sobe para 32 m³/ha.

Combinando os dados sobre lucros da indústria madeireira com os valores de custos e benefícios gerados pelo manejo florestal, podemos analisar a viabilidade econômica dessa forma de utilização racional da floresta. Para isso vamos considerar uma serraria típica de Paragominas, com maquinário para exploração da floresta, caminhões para o transporte de madeira em tora e uma serra de fita. No período de um ano, uma serraria como essa precisa explorar 240 hectares de mata para extrair 9.200 m³ de madeira em tora. A partir desse volume a serraria produz cerca de 4.300 m³ de madeira serrada. O lucro anual obtido é de 216 mil dólares, o que significa que, para cada metro cúbico de madeira extraída, a indústria obtém um lucro de aproximadamente 23 dólares.

Essa serraria precisaria manejar anualmente cerca de 240 hectares de floresta para obter a matéria-prima de que necessita, a um custo total estimado de 43 mil dólares. Considerando que o lucro anual gira em torno de 216 mil dólares, o investimento em manejo reduziria esse lucro para 173 mil dólares. Ainda que o manejo não traga qualquer benefício, a margem de lucro das serrarias seria reduzida em apenas 7%, de 32% para 25%.

A adoção do manejo florestal, no entanto, traz benefícios. O valor médio de incre-

mento do diâmetro de uma árvore em florestas manejadas, por exemplo, é de 0,8 cm ao ano, ao passo que nas áreas não-manejadas é de 0,3 cm ao ano. Além disso, os danos de exploração reduzem-se em 50% e a taxa de mortalidade das árvores cai para aproximadamente 2% nas áreas manejadas. Trabalhos de H. M. Marn e W. B. Jonkers revelaram que cerca de 24 árvores com diâmetro maior ou igual a 10 cm poderiam ser salvas durante uma exploração planejada de um hectare de floresta. A combinação desses dados mostra que a diferença em volume de madeira em tora acumulada — entre as espécies comerciais com diâmetro igual ou superior a 30 cm — será de aproximadamente 32 m³ após um período de 35 anos. As florestas não-manejadas, por sua vez, não teriam qualquer tipo de incremento, em razão da elevada mortalidade e do baixo crescimento das árvores.

Pesquisas florestais conduzidas no Suriname por N. R. DeGraaf e colaboradores confirmam também que a acumulação de madeira por espécies comerciais em florestas não-manejadas é extremamente baixa: 0 a 0,25 m³ por hectare/ano. Neste caso, calcula-se que o ciclo de corte para a exploração madeireira seja de aproximadamente 70 anos.

Não há um mecanismo para se calcular diretamente o retorno dos investimentos na floresta. Este pode ser considerado como o volume excedente de madeira em tora que o manejo proporciona. Atualmente os madeireiros gastam de um a três dólares para retirar um metro cúbico de madeira em tora da floresta. Considerando um custo de manejo de aproximadamente cinco dólares por metro cúbico de madeira acumulada na floresta (US\$ 180/32 m³), um retorno de um a três dólares após 35 anos não é obviamente atrativo. No outro extremo, pode-se con-



Interface entre capoeira (à esquerda), pastagem reformada (à direita) e mata explorada (ao fundo). O lucro obtido na exploração de madeira é frequentemente empregado na reforma de pastagens. Para reformar um hectare de pastagem, um fazendeiro precisa vender o direito de exploração madeireira de aproximadamente 3,5 hectares de suas florestas.

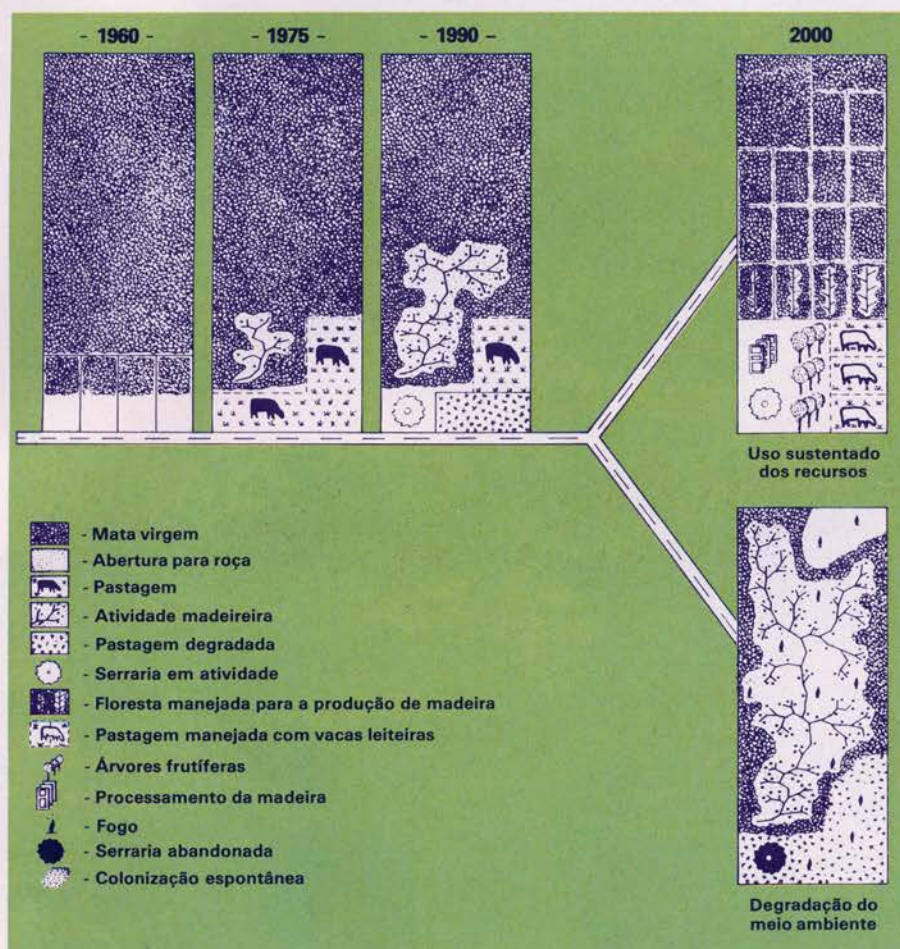


FIGURA 2. Ocupação da terra ao longo da rodovia Belém-Brasília (1960-2000).

siderar o retorno do investimento levando em conta o valor da madeira serrada resultante do manejo. Nesse caso, considerando um lucro líquido de 23 dólares por metro cúbico de tora processada, o valor final do volume excedente de madeira gerado pelo manejo seria de aproximadamente 750 dólares. Considerando o tempo do investimento em manejo, a taxa de retorno seria de apenas 4,9%. Embora nenhuma dessas abordagens seja inteiramente satisfatória, consideramos que técnicas simples de manejo podem produzir um aumento substancial no volume de madeira extraída e que os lucros das indústrias madeireiras são suficientes para cobrir os custos que a operação implica.

Como atualmente os recursos madeiros são abundantes e baratos na Amazônia, não há incentivo para o manejo. Até agora, os madeiros têm extraído, de maneira acelerada, as maiores e melhores árvores. Nessas condições, o manejo não ocorrerá espontaneamente, devendo o governo tomar medidas para fazer com que os recursos madeiros fiquem artificialmente escassos. Deveria, por exemplo, permitir a exploração apenas nas regiões definidas — através de um zoneamento florestal — como áreas de vocação madeira e proibir que as indústrias instaladas em

determinados locais se transfiram para novas regiões. Como estímulo, os madeiros teriam permissão para explorar e manejar uma área própria de floresta capaz de suprir sua indústria indefinidamente.

Há ainda pelo menos três instrumentos econômicos que poderiam ser aplicados para promover o manejo. (1) A princípio, o manejo poderia ser obrigatório por lei. Nesse caso, a margem de lucro das serrarias diminuiria, mas ainda assim se manteria elevada, acima de 20%. (2) Os custos do manejo poderiam ser repassados ao consumidor, através de um aumento de 7% no preço da madeira serrada. (3) O Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços poderia cair de 12% para 5% da venda total da serraria. A economia daí resultante (cerca de 45 mil dólares) seria suficiente para cobrir os custos de manejo. Tais medidas, no entanto, para surtir os efeitos desejados, devem ser acompanhadas de um eficiente sistema de fiscalização da exploração madeira.

A paisagem ao longo da Belém-Brasília poderá evoluir em duas direções distintas nas próximas décadas: suas terras poderão continuar sendo exploradas predatoriamente ou cultivadas com os cuidados necessários ao desenvolvimento de uma economia viável, aí incluída a exploração sustentada

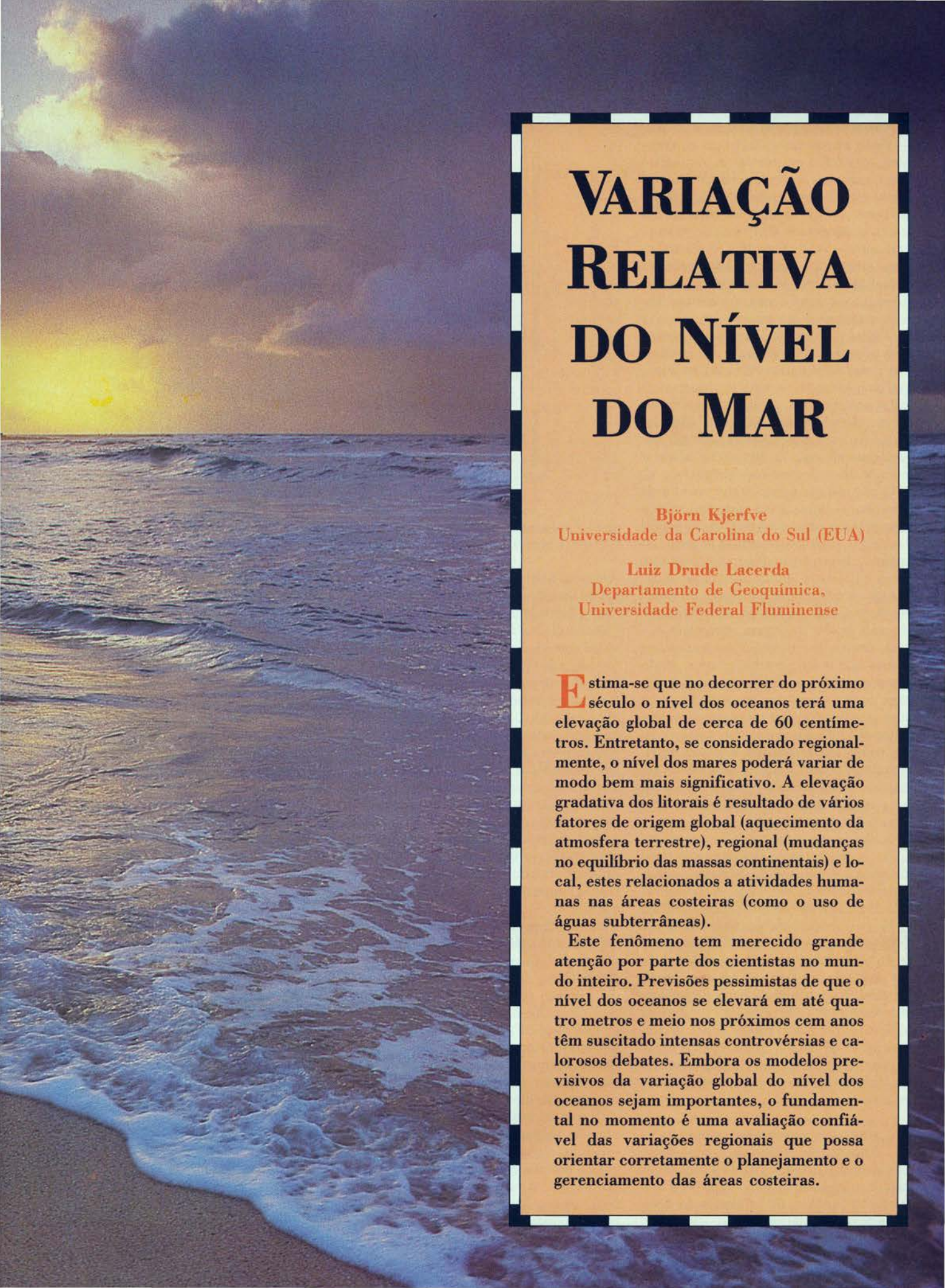
de suas florestas (figura 2). No primeiro caso, as pastagens se degradarão e eventualmente serão abandonadas. Lentamente as florestas poderão se recompor, mas incêndios frequentes acabarão por produzir ecossistemas infestados de arbustos sem valor econômico. As áreas restantes de floresta serão intensivamente exploradas, deixando para trás trechos susceptíveis ao fogo e dominados por cipós. Com a conseqüente diminuição do valor dessa paisagem, as invasões de terra e as ocupações espontâneas visando à agricultura de subsistência aumentarão, reduzindo gradativamente a capacidade produtiva do solo.

Esse cenário sombrio pode, no entanto, ser evitado. Há, em Paragominas, áreas que estão sendo tratadas com o devido cuidado, e os resultados são promissores. Pastagens degradadas podem ser restauradas com a plantação de espécies bem adaptadas e, melhoradas, elas se tornam economicamente viáveis. Várias culturas agrícolas perenes — como o cupuaçu, a manga, o caju e algumas frutas cítricas — crescem bem na região, ainda que plantadas sobre pastagens ou campos abandonados. A qualidade de vida na região poderá melhorar substancialmente apenas se se tornarem produtivos os 6.000 km² já desmatados. Enquanto isso, os 75% do município ainda cobertos por florestas poderão ser manejados visando à produção madeira, sem comprometer a biodiversidade da região.

SUGESTÕES PARA LEITURA

- BARRETO P., UHL C. & YARED J., 'O potencial de produção sustentada de madeira na Amazônia Oriental na região de Paragominas, Pará: considerações econômicas e ecológicas' in *Pará Desenvolvimento*, Belém, Instituto de Desenvolvimento Econômico-Social do Pará (no prelo).
- DEGRAAF N.R., *A silvicultural system for natural regeneration of tropical rain forest in Suriname*, Wageningen (Netherlands), Agricultural University, 1986.
- GOODLAND R.J.A. & IRWIN H.S., *Amazon jungle: green hell to red desert?*, New York, Elsevier Scientific, 1975.
- HECHT S.B., 'Environment, development and politics: capital accumulation and the livestock sector in eastern Amazonia' in *World Development*, vol. 13, 1983.
- MATTOS M., UHL C. & GONÇALVES D., 'Perspectivas econômicas e ecológicas sobre a pecuária na Amazônia Oriental na década de 90' in *Pará Desenvolvimento*, Belém, Instituto de Desenvolvimento Econômico-Social do Pará (no prelo).
- VERÍSSIMO A., BARRETO P., TARIFA M. & UHL C., 'Logging impacts and prospects for sustainable forest management in an old Amazonian frontier: the case of Paragominas' in *Forest Ecology and Management*, Amsterdã, Elsevier Science Publishers (no prelo).





VARIAÇÃO RELATIVA DO NÍVEL DO MAR

Björn Kjerfve

Universidade da Carolina do Sul (EUA)

Luiz Drude Lacerda

Departamento de Geoquímica,
Universidade Federal Fluminense

Estima-se que no decorrer do próximo século o nível dos oceanos terá uma elevação global de cerca de 60 centímetros. Entretanto, se considerado regionalmente, o nível dos mares poderá variar de modo bem mais significativo. A elevação gradativa dos litorais é resultado de vários fatores de origem global (aquecimento da atmosfera terrestre), regional (mudanças no equilíbrio das massas continentais) e local, estes relacionados a atividades humanas nas áreas costeiras (como o uso de águas subterrâneas).

Este fenômeno tem merecido grande atenção por parte dos cientistas no mundo inteiro. Previsões pessimistas de que o nível dos oceanos se elevará em até quatro metros e meio nos próximos cem anos têm suscitado intensas controvérsias e calorosos debates. Embora os modelos previsivos da variação global do nível dos oceanos sejam importantes, o fundamental no momento é uma avaliação confiável das variações regionais que possa orientar corretamente o planejamento e o gerenciamento das áreas costeiras.

As causas mais prováveis do aumento global da temperatura — fator fundamental para a elevação do nível do mar — estão associadas a mudanças na composição química da atmosfera, particularmente dos gases conhecidos como 'gases de efeito estufa', que incluem o dióxido de carbono (CO_2), óxidos de nitrogênio (NO_x), o gás metano (CH_4) e os clorofluorcarbonos (CFCs). Esses gases absorvem uma fração da radiação infravermelha emanada da Terra antes que ela se dissipe no espaço, e desta forma armazenam calor e aquecem o planeta.

O dióxido de carbono lançado na atmosfera origina-se da respiração dos seres vivos e de fontes antropogênicas, em especial da queima de combustíveis fósseis (veículos automotores, geração termoelétrica de energia) e biomassa. Cerca de 11 bilhões de toneladas de dióxido de carbono são lançadas anualmente na atmosfera, sendo a metade de origem antropogênica.

O gás metano emana naturalmente de pântanos e outras áreas alagadas, principalmente das plantações de arroz no sudeste asiático, da criação intensiva de gado flutuante, da produção de combustíveis fósseis e de aterros sanitários. Aproximadamente 900 milhões de toneladas de metano são lançadas por ano na atmosfera, sendo mais de 40% de origem antropogênica.

Os óxidos de nitrogênio têm as mesmas fontes que o dióxido de carbono, sendo lançados na atmosfera a taxas anuais da ordem de 50 a 80 milhões de toneladas, com uma contribuição antropogênica que varia entre 40 e 50%. Os clorofluorcarbonos, finalmente, têm origem em aerossóis, refrigeradores e na fabricação de diversas espumas, sendo lançados para a atmosfera a taxas que alcançam aproximadamente dois milhões de toneladas anuais.

Como resultado das emissões antropogênicas, a concentração desses quatro tipos de gases tem aumentado de modo avassalador nos últimos cem anos. A concentração de dióxido de carbono elevou-se em até 25%, passando de 290 para 350 partes por milhão (um grama por metro cúbico de ar). A de gás metano praticamente dobrou de 0,9 para 1,7 parte por milhão, enquanto a de clorofluorcarbonos passou de praticamente zero para três partes por bilhão (um miligrama por metro cúbico de ar). A concentração de óxidos de nitrogênio segue provavelmente o mesmo padrão; entretanto, dados sobre sua variação são pouco disponíveis.

Bolhas de ar encerradas em geleiras na Antártica há 160 mil anos permitiram aos cientistas descobrir como a concentração de dióxido de carbono aumentou desde então. Análises da concentração desse gás e de isótopos de hidrogênio — cuja con-

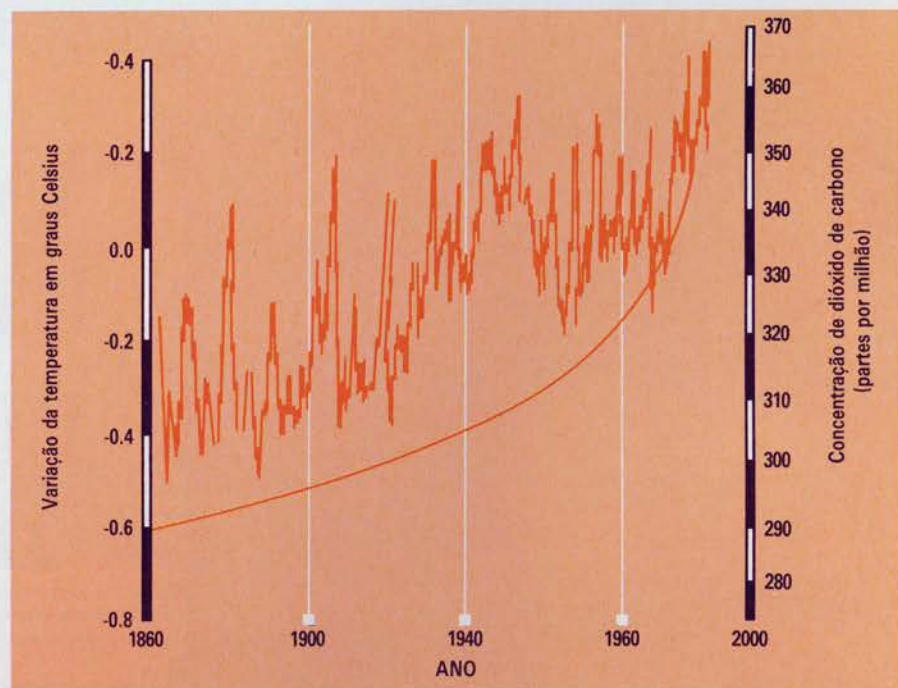


FIGURA 1. O pequeno aumento na temperatura do planeta nos últimos 150 anos parece correlacionar-se com o aumento na concentração de dióxido de carbono da atmosfera, embora um caloroso debate ainda envolva o assunto.

centração é dependente da temperatura — nas bolhas levaram à reconstrução da variação desses dois parâmetros (figura 1).

Os resultados das análises mostram uma nítida correlação entre a variação da concentração do dióxido de carbono na atmosfera e a temperatura. Portanto, é de se esperar que aumentos futuros da concentração de dióxido de carbono e demais gases de efeito estufa determinarão aumentos progressivos da temperatura da Terra. Algumas estimativas recentes prevêem que, se a utilização de combustíveis fósseis continuar no nível atual, a concentração de dióxido de carbono aumentará mais ainda e poderá elevar a temperatura do planeta em até 1,5°C no próximo século. E, se a concentração dos outros gases aumentar também, a temperatura poderá subir entre 3°C e 9°C.

Com a elevação da temperatura média do planeta, dois efeitos são previsíveis a nível global: a deglaciação continental (degelo das geleiras e da placa polar da Groenlândia e demais regiões árticas) e o aumento de volume dos oceanos (o chamado 'efeito termostérico'), devido ao aumento da temperatura da água. Entretanto, a relação entre aquecimento do clima do planeta e elevação do nível dos oceanos não é uma relação direta.

Outros fatores climáticos também serão afetados pelo aquecimento do planeta. Por exemplo, o aquecimento da atmosfera levará a um aumento da precipitação, que por sua vez reduzirá o nível dos oceanos ao acelerar a formação de neve e gelo nas calotas polares, cujo crescimento será as-

sim estimulado. Maiores taxas de evaporação vão produzir uma cobertura maior de nuvens, aumentando a retenção pela atmosfera da radiação infravermelha reirradiada, o que levará a um aumento ainda maior da temperatura e, conseqüentemente, do degelo. As águas provenientes do degelo e as águas continentais diminuirão a temperatura dos mares, diminuindo seu volume. Entretanto, todos esses mecanismos são não-lineares, pouco conhecidos e desta forma sujeitos a especulação. Não se pode prever qual será o efeito dominante a nível global.

O clima global está atualmente próximo de um período interglacial, caracterizado por temperaturas relativamente quentes e alto nível dos oceanos. Durante a maior parte do período glacial mais recente, há 16 mil anos, a temperatura do planeta era 3-4°C mais fria, o nível dos mares era 130 metros mais baixo e a linha de costa localizava-se perto do talude da plataforma continental atual. Estágios interglaciares anteriores, ao longo das últimas centenas de milhares de anos, caracterizaram-se por temperaturas cerca de 3°C mais altas e nível dos mares mais elevado. De fato, durante a maior parte do Quaternário, o clima global tem se tornado mais frio, com a conseqüente diminuição do nível dos oceanos.

Partindo da expectativa de uma duplicação da concentração dos gases de efeito estufa de origem antropogênica durante o século XXI, modelos numéricos indicam que a temperatura global da atmosfera poderá subir entre 1,5°C e 4,5°C. Entretanto, embora o aumento da concentração desses ga-

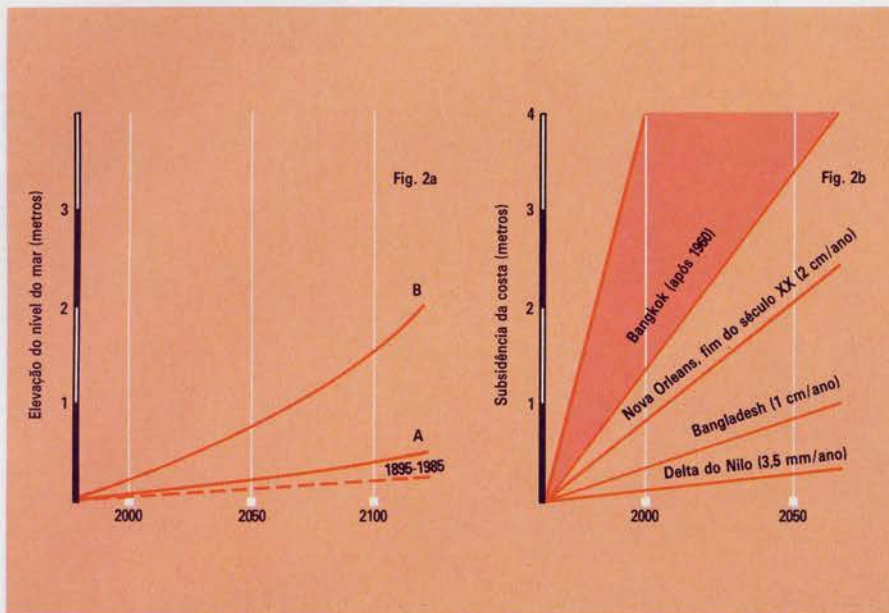


FIGURA 2a. As estimativas mais recentes sobre a elevação do nível do mar estão compreendidas entre os melhores cenários (linha A) e os piores (linha B). De qualquer forma, são bem superiores à elevação estimada do nível do mar entre 1895 e 1985.

FIGURA 2b. Taxas de subsidência (afundamento) do litoral de deltas e estuários em várias partes do mundo. Note-se a intensa aceleração do afundamento do litoral de Bangkok, causado pela retirada de água subterrânea nos últimos 30 anos.

ses inevitavelmente determine um aumento da temperatura global, a relação de causa-efeito com degelo polar, elevação de volume, nível e temperatura dos oceanos não é direta: outros fatores, como declínio do crescimento populacional, mudanças na economia global e uso de fontes de energia não poluentes podem atenuar esse quadro.

Durante o século passado, o nível dos mares elevou-se em média 15 centímetros. Em muitos locais, entretanto, o nível relativo dos mares aumentou, ou até mesmo diminuiu, em taxas bem variáveis, dependendo de inúmeros fatores regionais. Na Escandinávia, por exemplo, verificou-se uma elevação do continente e, por conseguinte, uma diminuição relativa do nível do mar de até um metro e meio por século, como resultado do equilíbrio isostático decorrente da retirada do peso da cobertura glacial nos últimos dez mil anos. Por outro lado, em Bangkok (Tailândia), o litoral vem 'afundando', ou seja, o nível do mar está subindo, a uma taxa de até quatro metros e meio por século, sobretudo em virtude da retirada de água subterrânea da região litorânea nas últimas décadas, para abastecimento doméstico (figura 2). Tais exemplos, embora extremos, ilustram a importância dos processos locais e regionais na determinação do nível dos mares.

Entre as consequências do aquecimento do planeta, a elevação do nível dos oceanos é a mais provável, a mais globalmente uniforme e, seguramente, a mais trágica, uma vez que 70% da população da Terra e as principais atividades econômicas estão

concentradas em litorais ou ao nível do mar. Embora esses efeitos diretos sobre o homem e suas atividades, do ponto de vista global ou regional, já tenham sido exaustivamente discutidos, pouco se tem tratado dos efeitos sobre os ecossistemas costeiros de um modo geral. Embora mais difíceis de detectar, suas consequências são bastante graves.

Dentre os principais ecossistemas costeiros potencialmente ameaçados por mudanças do nível do mar estão os recifes de coral, com sua impressionante diversidade biológica, os estuários, manguezais, marismas e campos de fanerógamas submersos, que possuem taxas de produtividade biológica similares às das florestas tropicais, as lagoas costeiras e as restingas, tão importantes para a pesca e o turismo. Todos estes ecossistemas reunidos, embora só ocupem cerca de 1% da área total dos oceanos, representam a maior parte da diversidade biológica marinha e contribuem com aproximadamente 10% do total da pesca mundial. E, se considerarmos que as zonas de ressurgência do planeta ocorrem, em sua maior parte, perto do litoral, teremos até 90% da produção pesqueira global nas regiões costeiras. [Áreas de ressurgência são áreas marinhas onde as águas profundas, ricas em nutrientes, afloram à superfície.]

Modificações induzidas pela elevação do nível dos oceanos poderão resultar em alterações significativas do equilíbrio dos ecossistemas costeiros, levando a uma mudança no ciclo geoquímico de nutrientes, carbono e poluentes. Como se sabe, as áreas costeiras são os principais depósitos

de nutrientes e carbono dos oceanos. Aproximadamente 90% do carbono terrestre que chega aos oceanos através dos rios (em torno de 150 milhões de toneladas anuais) ficam 'enterrados' em sedimentos marinhos deltaicos e de plataforma continental.

Além disso, com o intenso desenvolvimento industrial das regiões costeiras, vem se acumulando uma quantidade surpreendente de poluentes — metais pesados, organoclorados e derivados da indústria petroquímica — nas baías, lagoas e estuários. Atualmente, esses poluentes encontram-se relativamente imóveis no sedimento destas áreas. Alterações no ciclo geoquímico destas substâncias poderão resultar em aumento ou diminuição bruscos da produção pesqueira local e, no caso de poluentes, em processos de contaminação ambiental localizada e de eutrofização.

As principais modificações induzidas pela elevação do nível do mar com repercussão direta sobre o equilíbrio das áreas costeiras são as inundações, as variações na concentração e na distribuição espacial da salinidade, a erosão e a ressuspensão dos sedimentos, e a alteração na distribuição regional dos nutrientes e poluentes.

O aumento relativo do nível do mar dificilmente será um fenômeno óbvio. Tendo em vista que as variações esperadas são de poucos centímetros, seus efeitos serão observados principalmente durante eventos naturais de alterações do nível do mar. Por exemplo, durante as tempestades e as marés de sizígia (marés altas), certas áreas antes não afetadas poderão ser rapidamente inundadas. São características destas áreas particularmente vulneráveis os solos não consolidados, remaneáveis sem dificuldade pela água do mar, e uma vegetação incompatível com as variações de salinidade, que será danificada pela salinização do lençol freático. Em função da frequência daqueles eventos, uma nova conformação costeira poderá surgir, com a substituição de férteis planícies costeiras e culturas agrícolas por uma vegetação tipicamente marinha, como manguezais e marismas.

Outro efeito provável da elevação relativa do nível do mar será a aceleração da destruição costeira, em vista do aumento da ação erosiva de ondas sobre dunas, praias e planícies de sedimentação. Na região do delta do rio Paraíba do Sul, em Atafona, litoral norte do estado do Rio de Janeiro, os efeitos da erosão costeira ocasionada pelo aumento relativo local do nível do mar concretizam-se em danos e devastações irreparáveis para a população da área (figura 3).

Além das consequências óbvias sobre a morfologia da costa e estruturas não resistentes ao impacto das ondas, outros efei-



FIGURA 3. Aspectos de erosão costeira na região de Atafona, no estuário do rio Paraíba do Sul (RJ). É notável o avanço da 'berma de tempestade' (terraço de areia sobre a linha da praia, formado durante tempestades) sobre a região urbanizada. Um complexo fenômeno, que envolve elevação relativa do nível do mar, retrabalhamento de sedimentos deltaicos e da praia, é responsável por esta situação.

tos não tão visíveis poderão ser esperados. A frequência e intensidade de furacões e tempestades tropicais podem se tornar mais fortes, em virtude do aumento da temperatura global, com prejuízos para áreas que hoje não são atingidas por esses fenômenos, como o litoral brasileiro. O furacão *Hugo*, cujo impacto atingiu a costa sudeste dos Estados Unidos em setembro de 1989, é o melhor exemplo dessa 'nova geração de furacões' (figura 4). Os prejuízos que causou, destruindo casas, prédios e florestas, excederam seis bilhões de dólares, muito mais do que qualquer outra tempestade jamais ocorrida.

O transporte de sedimentos oriundos da erosão e sua deposição ao longo do litoral poderão ter efeitos drásticos sobre ecossistemas costeiros naturalmente sensíveis. Como vários desses ecossistemas desempenham importante papel no controle da erosão das áreas costeiras, sua destruição poderá retroalimentar os processos erosivos causados pelo aumento relativo do nível do mar.





FIGURA 4. McLellauville, na Carolina do Sul (EUA). Em 28 de setembro de 1989, o furacão *Hugo* passou pela costa desse estado norte-americano, com velocidade de vento de cerca de 172 km/hora. O nível do mar subiu aproximadamente quatro metros em curto período de tempo. A destruição generalizada causou prejuízos de seis bilhões de dólares. Vários barcos foram lançados terra adentro sobre alagados costeiros. Florestas de pinheiros distantes 40 quilômetros do litoral também foram afetadas pelo furacão.

FOTOS CEDIDAS PELOS AUTORES

Os recifes de corais, abundantes nos litorais tropicais, estão entre esses ecossistemas particularmente sensíveis. Eles constituem uma das maiores reservas de diversidade biológica do planeta, cuja importância somente agora começa a ser compreendida. O aumento de sedimentos em suspensão na água do mar, resultante dos processos erosivos costeiros, obstrui a penetração de luz e provoca o aterro das formações coralinas, diminuindo a produtividade dos corais e suas algas simbióticas e levando finalmente à desintegração do sistema.

As florestas de manguezais são outro ecossistema bastante sensível à sedimentação acelerada, pois dependem de suas raízes aéreas para respirar. Responsáveis por processos importantes para os litorais tropicais, como a acumulação e exportação de carbono, estes sistemas servem de base a cadeias alimentares costeiras, de proteção para várias espécies marinhas durante os períodos de reprodução e crescimento, e

são verdadeiros 'santuários' para diversas espécies ameaçadas de extinção.

A complexidade dos processos naturais e antropogênicos relacionados à variação do nível dos mares impede, no momento, a confecção de modelos capazes de prever a evolução do fenômeno a curto prazo, a nível global. Entretanto, a variação relativa do nível do mar é um fenômeno mensurável, a nível regional, em diferentes áreas costeiras, e deverá se acelerar caso prossigam as tendências para o aquecimento do planeta.

Os efeitos dessas variações relativas regionais, antes de atingirem o *status* de catástrofes naturais, terão um impacto significativo sobre os ecossistemas costeiros, em particular nos trópicos, onde tais ecossistemas atingem alto grau de complexidade biológica. E neste caso provocarão impactos ambientais violentos e, em muitos casos, irreversíveis.

É possível, entretanto, estudar e moni-

torar os efeitos da variação relativa do nível do mar sobre os diferentes ecossistemas, de forma não só a minimizar os impactos regionais, com o desenvolvimento de tecnologias apropriadas, como também a gerar subsídios que permitam equacionar os problemas advindos de um aumento global do nível dos oceanos.

SUGESTÕES PARA LEITURA

SCHNEIDER S.H., *Global warning: are we entering the greenhouse century?*, Sierra Club Books, Ramdon House, USA, 1989.

SCIENTIFIC AMERICAN SPECIAL ISSUE, *Managing Planet Earth*, vol. 261, n° 3, setembro de 1989.

STEWART R.W., KJERFVE B., MILLIMAN J. & DWIVEDI S.N., 'Relative sealevel change: a critical evaluation', UNESCO Reports in *Marine Science*, n° 54, Paris, 1990.

EDIÇÃO DE TEXTO MARIA IGNEZ DUQUE ESTRADA



TR

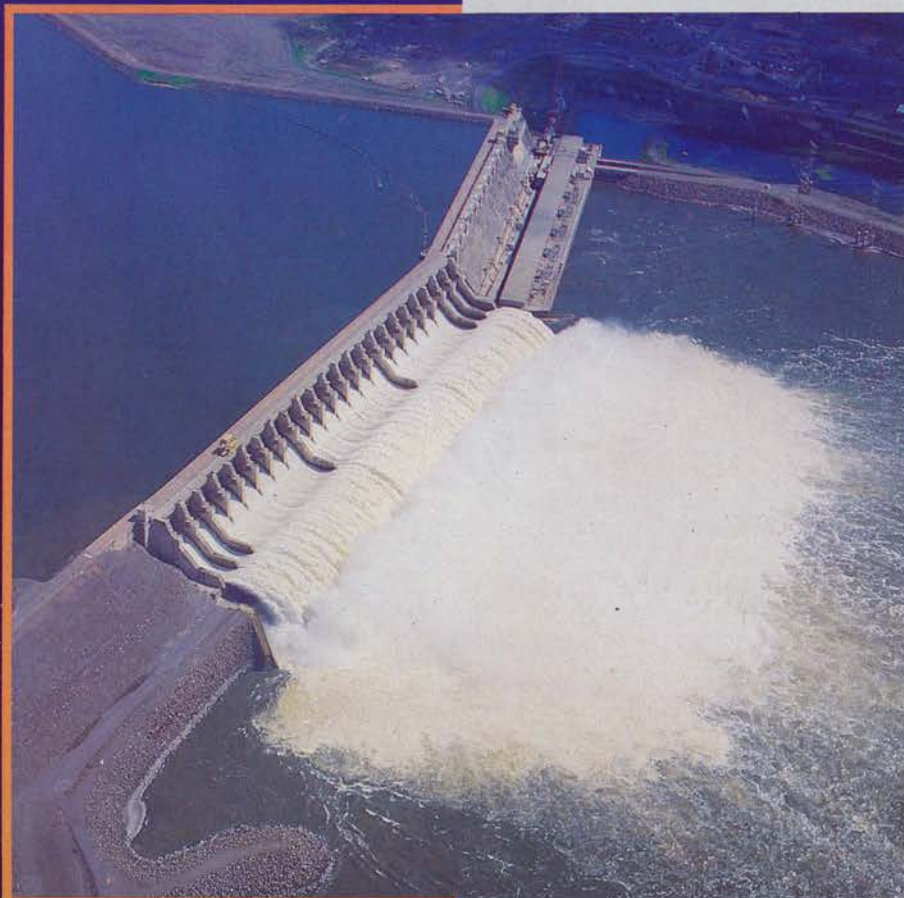
TERREMOTOS INDUZIDOS PELO HOMEM

Além das forças naturais, algumas ações do homem podem ocasionar terremotos. Esse efeito é conhecido como sismicidade induzida. É comum o surgimento desse problema em decorrência da formação de grandes lagos artificiais. No Brasil existem muitas barragens de grande porte que originaram extensos reservatórios. Em alguns deles foram detectados tremores de terra.

José Alberto Vivas Veloso
*Observatório Sismológico,
Universidade de Brasília*

A camada mais superficial da Terra — a litosfera — é quebrada em partes menores, chamadas placas tectônicas, que se movimentam lentamente, ocasionando um processo contínuo de esforço e deformação nas grandes massas de rochas. Quando o esforço supera o limite de resistência da rocha, esta se rompe, originando a falha. Ocorre então um terremoto. A quase totalidade dos cerca de um milhão de eventos sísmicos que em média acontecem anualmente na Terra tem essa causa. Entretanto, certas atividades desenvolvidas pelo homem também podem originar terremotos localizados. A formação de lagos artificiais, com o propósito de gerar energia, é um fenômeno deste tipo, conhecido como sismicidade induzida por reservatórios (SIR).

Embora seja um fenômeno raro, a SIR é considerada um perigo potencial, pois grandes barragens existem em todos os países do mundo. Há alguns anos acreditava-se que os lagos artificiais só podiam sofrer sismos de pequena magnitude, associados exclusivamente ao peso da água neles contida. Constatou-se depois que não se pode descartar a hipótese de uma relação entre terremotos catastróficos e enchimento de reservatórios. Por isso, o estudo da SIR tornou-se área de vital importância para as pesquisas sismológicas.



BARRAGENS DE BALBINA (FOTO MAIOR) E TUCURUÍ (FOTO MENOR). CEDIDAS PELA ELETRONORTE

No Brasil, o Observatório de Sismologia da Universidade de Brasília vem desenvolvendo desde os anos 70 um amplo programa de monitoramento sismográfico em vários reservatórios, em colaboração com as principais empresas energéticas do país (figura 1). Outras instituições, como o IAG-USP e o IPT, também realizaram estudos sobre o tema nos reservatórios de Capivara (PR), Igaratá (SP) e Sobradinho (BA).

Normalmente mais fracos, potencialmente menos destrutivos que os sismos naturais, os sismos induzidos podem, entretanto, causar os mesmos efeitos catastróficos. O caso mais grave ocorreu na Índia, na década de 1960, no reservatório de Koina, com 103 metros de altura, em região sismicamente estável e geologicamente muito antiga. O sismo atingiu a magnitude de 6.3 na escala Richter, deixou 200 mortos e 1.500 feridos, além de causar danos estruturais à barragem e outros estragos consideráveis em localidades vizinhas (ver 'Intensidade e magnitude').

Um fato curioso que se passou nos Estados Unidos ajudou os sismólogos a compreender melhor o mecanismo disparador dos terremotos induzidos. De abril de 1962 a setembro de 1963, registraram-se mais de 700 eventos sísmicos, com magnitudes entre 1.0 e 4.3, nas proximidades de Denver (Colorado), região bastante estável, com rara incidência histórica de terremotos. Os epicentros localizavam-se perto de um arsenal militar que produzia líquidos de natureza tóxica. Para evitar problemas ambientais e de segurança, os fluidos eram bombeados para o interior de poços profundos, até que se observou uma correlação direta entre os bombeamentos e a ocorrência de tremores de terra. Isso porque o incremento da pressão da água, através dos poros e microfaturas das rochas em profundidade, reduzia o esforço tectônico preexistente no local; além disso, a água agia como um lubrificante, facilitando o deslocamento de eventuais blocos falhados (figura 2).

Munidos dessas observações, os cientistas do Serviço Geológico Americano decidiram pôr em prática um teste especial, num campo de petróleo desativado, em Rangely, também no Colorado. A água foi alternadamente injetada e bombeada, enquanto as mudanças no nível da sismicidade eram registradas por meio de um sistema sismográfico local. Ao alcançar determinado nível, a pressão do fluido desencadeava tremores de terra, que cessavam quando a pressão era retirada (figura 3).

Em outro experimento realizado em 1970, em Matsushiro, Japão, a tese de que os terremotos podem ser induzidos pela pressão da água nos poros das rochas também foi comprovada. Neste caso, o fluido foi injetado sob alta pressão num poço de

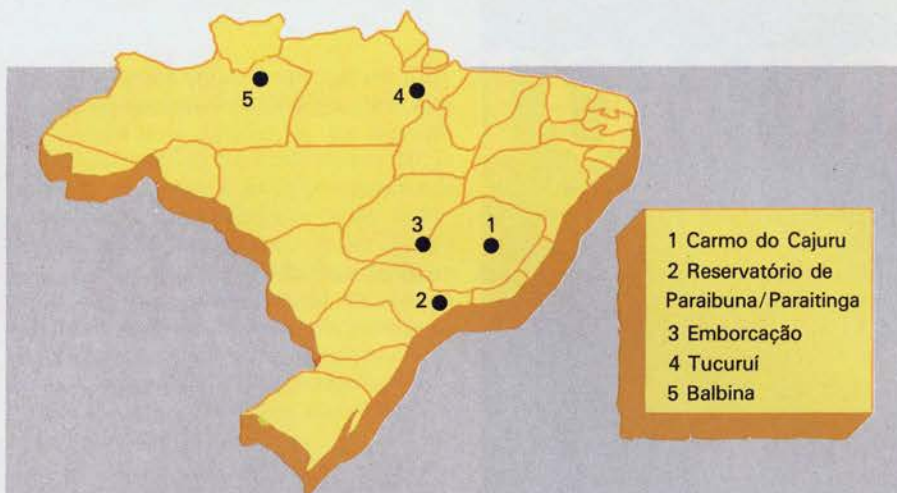


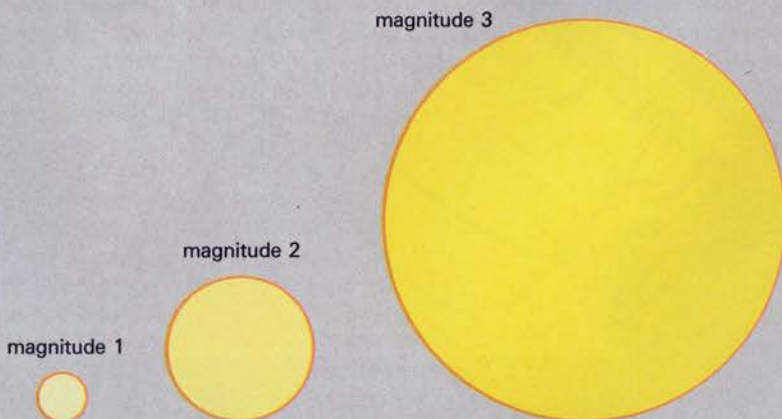
FIGURA 1. O mapa mostra reservatórios onde a UnB detectou e estudou atividade sísmica induzida.

INTENSIDADE E MAGNITUDE

Ao se noticiar a ocorrência de um terremoto, é muito comum a confusão no emprego dos termos 'intensidade' e 'magnitude'. Ambos descrevem a severidade do fenômeno, mas de forma distinta. A intensidade não usa dados instrumentais: é uma medida subjetiva que está vinculada às condições do terreno e das estruturas de uma certa área e que depende também da distância do epicentro do terremoto. A magnitude, por sua vez, independe do local de observação: é uma medida instrumental que representa a energia liberada no foco do sismo. Assim, um evento com magnitude elevada pode não causar danos, ou seja, pode possuir intensidade baixa. De modo inverso, um tremor de magnitude baixa poderá resultar em danos consideráveis e, portanto, possuir intensidade relativamente elevada.

A intensidade é apresentada na forma de uma escala. A mais conhecida é a Es-

cala de Mercalli, que varia de I a XII graus em níveis crescentes de severidade correlacionados a uma lista dos possíveis efeitos que um terremoto produzirá sobre construções, objetos e pessoas. Na escala de magnitude — a mais comum é a de Richter —, o terremoto é classificado em números inteiros ou fracionários e varia em função logarítmica com a amplitude da onda registrada no sismograma. Cada acréscimo de um grau na escala representa um aumento de dez vezes na medida da amplitude de onda e um incremento aproximado de 27 vezes no total da energia liberada. Teoricamente a escala de magnitude não possui limites, mas na prática podem-se registrar microtremores tão pequenos que seus valores ficam abaixo de zero, enquanto os superterremotos podem alcançar magnitudes em torno de 9.0, como em Valparaíso (Chile), em 1906, com magnitude 8.6.



Relação entre magnitude e energia de um terremoto. O volume das esferas é proporcional ao total da energia liberada para as magnitudes 1, 2 e 3. Nessa mesma escala, o maior terremoto já registrado no Brasil (em 31/01/1955, magnitude 6.6) deveria ser representado por uma esfera com raio aproximadamente igual a 2,8 m.

1.800 metros de profundidade. Alguns dias depois teve início uma série de microtremores num raio de dois a quatro quilômetros. Além da correlação espacial, observou-se uma clara migração dos focos sísmicos, inicialmente rasos, para pontos mais profundos do solo, à medida que a água penetrava nos interstícios e fraturas das rochas situadas em regiões mais profundas.

Esses acontecimentos demonstraram a importância da água como mecanismo disparador de sismicidade e indicaram que é possível pensar no controle de pequenos terremotos.

O que acontece com a água num grande reservatório? A construção da barragem cria um novo lago, que irá alterar as condições estáticas das formações rochosas do ponto de vista da mecânica (em virtude do próprio peso da massa d'água) e do ponto de vista da hidráulica (em consequência da infiltração do fluido na sub-superfície, que causa pressões internas nas camadas rochosas profundas). A combina-

ção das duas ações pode desencadear distúrbios tectônicos e, eventualmente, gerar sismos, caso as condições locais sejam propícias.

Mesmo que o peso da água em reservatórios com mais de cem metros de profundidade seja insuficiente para fraturar as rochas da base, a coluna d'água exercerá uma pressão hidrostática, empurrando o líquido através dos poros das rochas e de fraturas preexistentes.

Esse incremento de pressão pode levar meses ou mesmo anos para avançar distâncias não muito longas, dependendo da permeabilidade do solo e das condições do fraturamento das rochas. No entanto, quando a pressão alcança zonas mais fraturadas, a água é forçada para dentro das rochas, reduzindo o esforço tectônico e facilitando o deslocamento de blocos falhados. Este processo é incrementado pela ação lubrificante da água, que reduz a fricção ao longo dos planos das fraturas e falhas. A água tem ainda o papel de agente químico: ao hidratar certas moléculas, ela enfra-

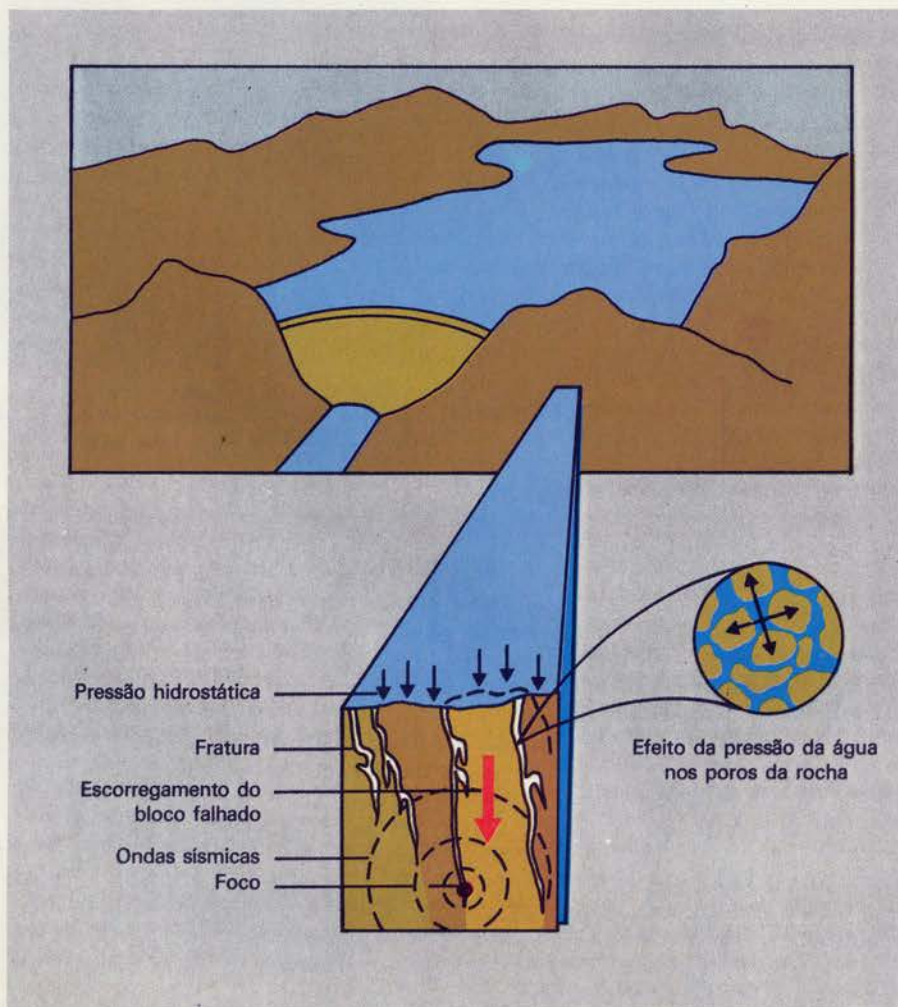


FIGURA 2. Elementos participantes do processo disparador da atividade sísmica. A água pressionada para baixo preenche os poros das rochas ou infiltra-se lentamente pelas fraturas existentes na região abaixo do reservatório, produzindo com isso um desordenamento no balanço das forças geológicas preexistentes. A figura mostra também o papel lubrificante da água para movimentação da falha que ocasionou o terremoto.

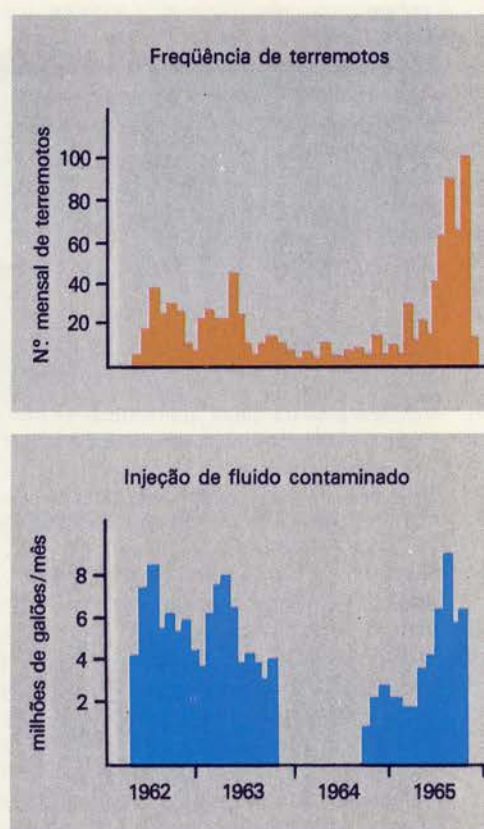


FIGURA 3. Correlação entre atividade sísmica e a injeção de fluido através de poços profundos, Colorado (EUA).

quece o material e favorece a formação de novas fissuras, que levam o líquido a penetrar ainda mais profundamente no interior do maciço rochoso.

A SIR é, portanto, um fenômeno dinâmico resultante da interação complexa das novas forças induzidas pelo lago, que passam a interferir sobre o regime de forças naturais previamente existentes. Não se sabe ao certo se o reservatório apenas antecipa a ocorrência de terremotos que viriam a ocorrer de qualquer maneira, ou se pode também alterar a magnitude dos sismos.

No Brasil, a preocupação com os efeitos sísmicos das barragens se manifestou pela primeira vez na usina hidrelétrica de Peti, a 50 km de Belo Horizonte. Em 10 de novembro de 1948, um tremor de terra com intensidade IV na escala Mercalli Modificada (MM) atingiu a região do reservatório, e a Companhia Força e Luz de Minas Gerais procedeu a um levantamento macro sísmico, colhendo informações sobre seus efeitos. Além disso, nenhuma investigação foi feita sobre as origens do sismo.

Existem outros relatos de ocorrências de tremores em locais próximos a reservatórios, como em Furnas-MG (novembro de 1966), Três Marias-MG (1969), Capivari-Cachoeira-PR (fevereiro de 1971), mas nenhuma dessas informações foi acompanhada de registro instrumental, pois não se dispunha na época de equipamentos apropri-

O CASO DE BALBINA E OUTROS EXEMPLOS

Por sua localização e extensão, o reservatório de Balbina, que cobre uma área de 2.675 km² da floresta amazônica, recebeu uma atenção especial da Eletronorte quando o projeto ainda estava no papel. A barragem, situada 150 km a nordeste de Manaus, com 40 m de altura e 2,9 km de extensão, foi erguida na zona de contato do Escudo Guiano com as rochas sedimentares da bacia amazônica. O monitoramento começou aproximadamente oito anos antes do enchimento do lago e revelou uma área com baixo nível de atividade sísmica local. No entanto, micro-tremores surgiram logo após o enchimento do lago, formado no rio Uatumã, e cerca de dois anos depois, em 1990, foram detectados eventos com magnitude entre 3.0 e 3.4 na escala Richter, que tinham seu epicentro na margem esquerda do reservatório, a 17 km da barragem. Os focos estão a uma profundidade média de 1.500 m, em terrenos sedimentares.

Embora muito extenso, o lago de Balbina é pouco profundo, com um volume de 17,5 milhões de m³. Talvez essa característica explique as peculiaridades do caso: tremores que levaram mais tempo para se manifestar e epicentros fora da área do lago. É possível que, em virtude do pequeno peso do reservatório em relação à sua extensão, a água tenha se escoado em subsuperfície, muito lentamente, percorrendo distâncias muito grandes até encontrar zonas fraturadas, propícias ao alívio das tensões, e então provocar os sismos.

Caso diferente foi o de Tucuruí. Essa barragem de 100 m de altura corta o rio Tocantins a 300 km ao sul de Belém e forma um volumoso lago, com 45,8 bilhões de m³ de água, que começou a ser enchido em setembro de 1984. O monitoramento prévio durou seis anos e não acusou epicentros a menos de 120 km. Entretanto, sete meses após a criação do lago, começaram a ser registrados os primeiros abalos. Em agosto-setembro de 1985, dezenas de microtremores com magnitude de 3.4 foram detectados 10 km a montante da barragem, voltando a se manifestar de fevereiro de 1986 a abril de 1987. Situados em sua maioria na área coberta pelo lago, os epicentros alinhavam-se perpendicularmente aos grandes falhamentos regionais, na direção nordeste-sudoeste; após 1985, os sismos passaram a ocorrer nas proximidades e no interior do braço esquerdo e menor do reservatório. Até agora os dados são insuficientes para explicar sua origem, mas há grandes

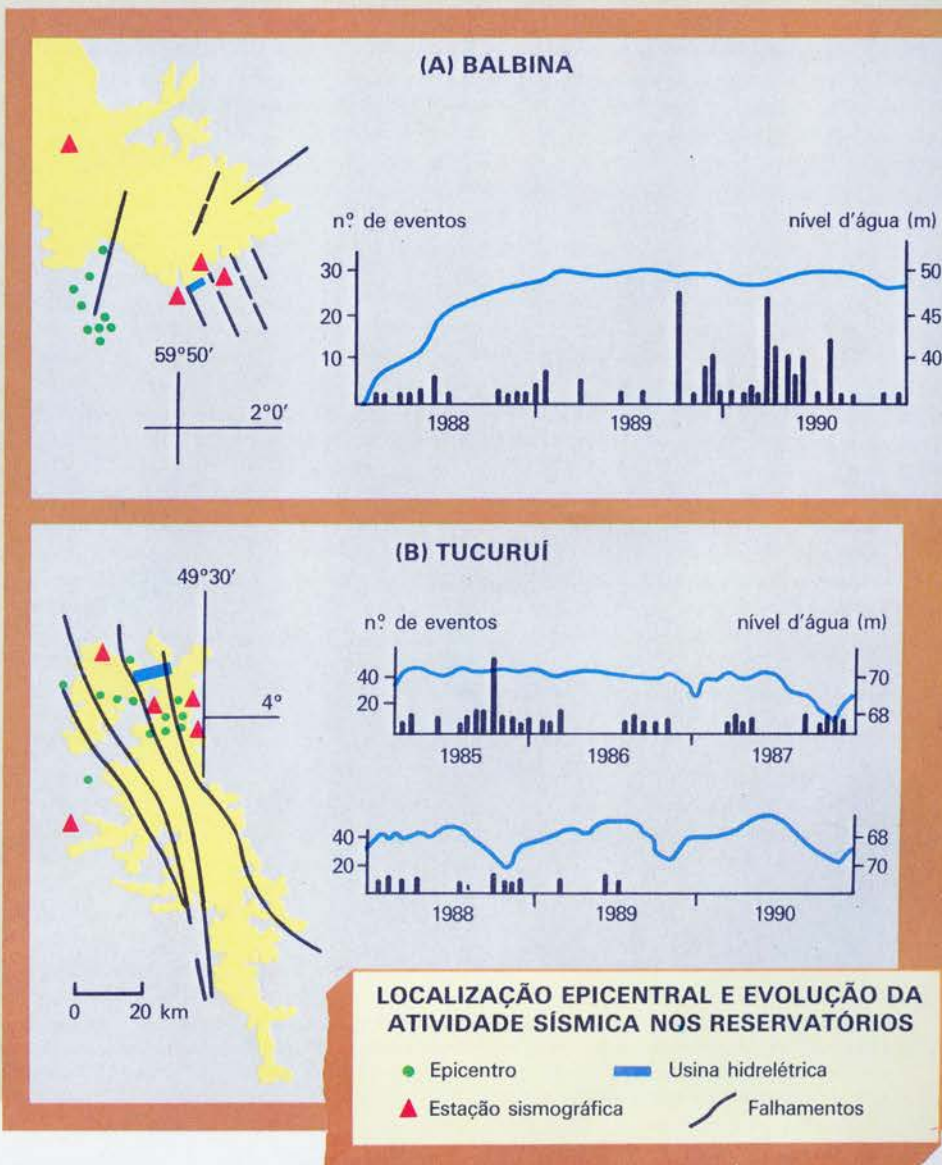
probabilidades de que se trate de SIR.

Duas barragens em Minas Gerais mobilizaram também a atenção do Observatório Sismológico da UnB: Carmo do Cajuru, a 100 km de Belo Horizonte, e Emborcação, a 30 km de Araguari, a primeira com volume de 19,3 milhões de m³ e altura máxima de apenas 20 m, a segunda com 17,5 bilhões de m³ e 158 m, ambas erguidas sobre rochas gnáissicas-graníticas.

Cajuru, no rio Pará, foi a primeira represa do Brasil a receber, em julho de 1975, instrumentação sismográfica, hoje ainda em operação, e por isso tem a mais extensa documentação sismológica. Como Balbina, também apresentou duas características que fogem ao padrão mais comum nos casos de SIR: epicentros em geral fora da área do lago e demora no

surgimento da sismicidade, que levou 16 anos para se manifestar, tornando-se mais intensa no final de 1976 (magnitude de 3.7) e depois decresceu, mantendo-se em nível bastante modesto, com eventuais reativações de curta duração e baixas magnitudes. As investigações mostraram que a atividade resulta de falhamento inverso e que, sendo as rochas de natureza compacta, a água poderia despendar 16 anos para infiltrar-se até atingir a região das falhas causadoras dos sismos.

O monitoramento de Emborcação, sobre o rio Paranaíba, começou dois anos antes do início da obra. Embora nenhum evento sísmico tenha sido detectado, em março de 1982, sete meses após o enchimento registrou-se o primeiro de uma série de tremores, mais agudos nos três primeiros anos, com a maioria dos epicentros na área do lago e magnitude nunca superior a 2.0. A atividade parece relacionar-se à falha de Emborcação, que corta o lago no sentido noroeste-sudeste.



Mesmo não sendo necessariamente a responsável direta pelas ocorrências, a falha pode facilitar a penetração da água até pontos mais profundos do maciço rochoso abaixo do lago.

No estado de São Paulo, as barragens de Paraibuna-Paraitinga, com 96 e 105 m de altura, foram erguidas sobre os rios homônimos, 100 km a nordeste da capital. Predominam na área rochas do Arqueano e, em áreas restritas, sedimentos do Terciário e Quaternário. O sistema Cubatão-Paraibuna, principal feição tectônica, apresenta uma falha logo abaixo da barragem e da cidade de Paraibuna. Em novembro de 1977, sete meses após o enchimento do lago, os habitantes sentiram os primeiros tremores, o principal com 3.4 de magnitude. Um sismógrafo foi instalado pela UnB que, através de estudos concluídos em 1979, definiu as características da atividade sísmica, circunscrita sobretudo à área do lago, com focos a menos de 1 km de

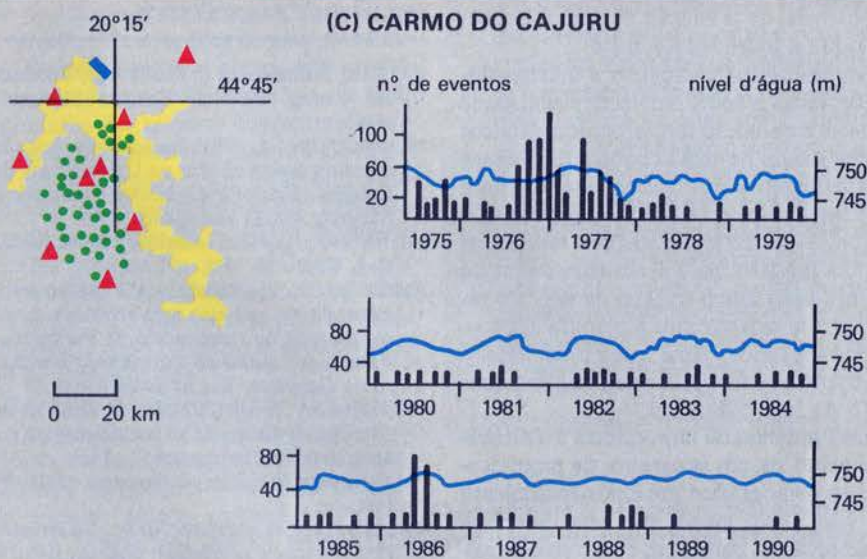
profundidade. Os estudos tranqüilizaram as autoridades, demonstrando que os tremores tinham origem em fraturas secundárias, com direção contrária aos grandes falhamentos da região, sem perigo, portanto, de deslocamentos que pusessem em risco a vida dos habitantes e as obras da barragem.

Em Itaipu, finalmente, desde a época do fechamento do lago até o presente — o que totaliza nove anos de monitoramento sismográfico —, nenhuma atividade sísmica local foi registrada. Pelo fato de ser a maior hidrelétrica do mundo (armazena 29 bilhões de m³ de água num lago com 191 m de profundidade máxima, formado por uma barragem de 196 m de altura e 7,7 km de extensão), e por localizar-se na fronteira de três países (Brasil, Argentina e Paraguai), Itaipu conta com moderna e eficiente rede sismográfica, implantada desde 1978, ainda na fase de construção. Um mês antes do enchimento total do lago entraram em operação ois

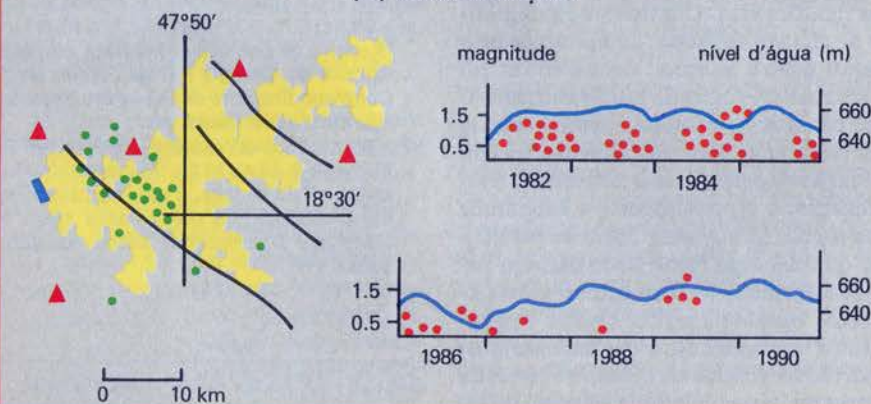
to estações remotas, que enviam dados por telemetria até uma central localizada junto à barragem.

Durante e após a construção da barragem, a possibilidade de que o lago viesse a induzir terremotos foi levantada. Foi assim que, em maio de 1983, moradores de Terra Roxa, cidade vizinha ao lago, preocuparam-se com rachaduras em suas casas e com tremores, atribuindo-os ao reservatório. No entanto, o equipamento instalado demonstrou não se tratar de sismo. Estudos posteriores concluíram que ali ocorreu um fenômeno geológico conhecido como solifluxão, movimentação do solo facilitada pela saturação dos poros da rocha por excesso de água. Ao que parece, a obra gigantesca tem um comportamento assísmico. Talvez a geologia local, formada por rochas sedimentares intercaladas por derrames basálticos, tenha contribuído para absorver as tensões produzidas pelo peso do reservatório e anular seus efeitos.

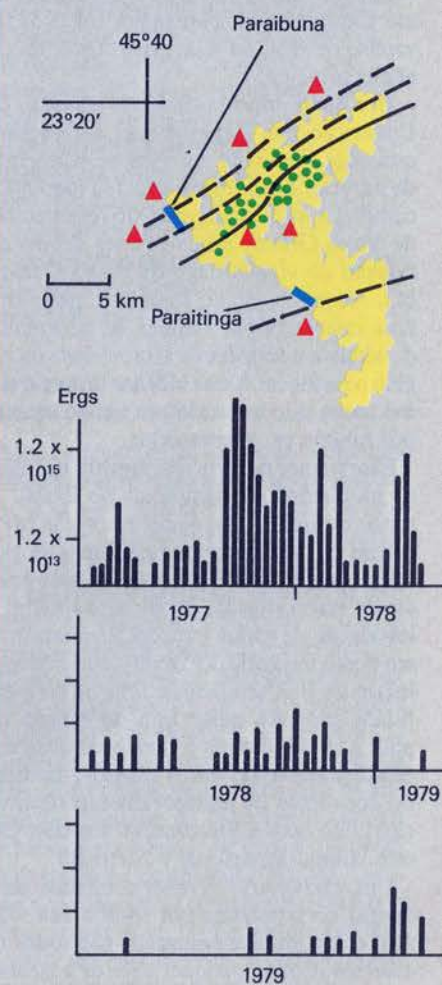
(C) CARMO DO CAJURU



(D) EMBORCAÇÃO



(E) PARAIBUNA/PARAÍTINGA



dos para detectar essa atividade sísmica. Tal situação perdurou até meados da década de 1970, pois não havia em nosso país qualquer preocupação com problemas de SIR e muito menos com terremotos.

Na madrugada de fevereiro de 1974, porém, a cidade de Conceição das Alagoas, 500 km a oeste de Belo Horizonte, foi surpreendida por um tremor de terra que assustou pessoas e animais, fez vibrar telhados e janelas, sacudiu os móveis e derrubou objetos pendurados nas paredes. O sismo foi sentido mais fortemente na zona rural, onde chegou a trincar paredes de casas bem construídas, e, nas mais simples, quebrou vidros, rachou ou derrubou paredes e arrancou telhas. Sua magnitude alcançou 4.2 Richter.

Com base no levantamento macrossísmico realizado pela Cemig, o abalo foi sentido num raio de 50 km e a aceleração do terreno na sua área epicentral pode ter atingido 15 cm/seg². Seu epicentro estaria situado aproximadamente a 20 km ao sul de Conceição das Alagoas, às margens do reservatório de Porto Colômbia, sobre o rio Grande. Moradores da zona rural relatam a percepção de sismos precursores desde novembro de 1973, um incremento de atividade no mês de janeiro e a ocorrência de um sismo relativamente maior em 15 de fevereiro de 1974, ou seja, nove dias antes do abalo principal.

Um dado importante é que a região de Conceição das Alagoas não apresentara qualquer evidência anterior de sismicidade natural: o fenômeno ocorreu logo após completar-se o enchimento do reservatório de Volta Grande e nove meses depois da criação do vizinho lago de Porto Colômbia. A localização do epicentro, perto dos dois reservatórios, a época de ocorrência do abalo e a história de estabilidade da região constituem fortes indícios de que o sismo tenha sido induzido por um ou mesmo por ambos os reservatórios.

Esse tremor de terra representou um marco na história da sismologia no Brasil. A partir de então, as grandes empresas energéticas do país iniciaram programas de monitoramento sísmico nas áreas de seus principais reservatórios, propiciando assim a instalação de várias estações sismográficas em nosso território. O Observatório Sismológico da Universidade de Brasília foi a entidade pioneira nesse tipo de estudo no país, e hoje coordena o funcionamento das estações existentes em 11 estados, mantendo convênios de assessoramento técnico-científico com a Eletronorte, Furnas, Cemig, Itaipu-Binacional e Eletrosul.

Um reservatório deve ser projetado para operar corretamente por toda a sua vida útil, e isso implica segurança sob todos os aspectos. Como qualquer obra de engenharia civil, uma barragem pode vir a ser atin-

gida por um terremoto e, se não for construída de forma a suportar determinados níveis de aceleração de terreno, sofrerá danos estruturais. A escolha do fator ideal de segurança a ser introduzido num projeto civil de grande porte — o que implica maior ou menor custo financeiro — é uma questão a ser cuidadosamente considerada. Não importa se os eventuais sismos tenham origem induzida ou natural: o que importa é estimar a intensidade máxima de vibração que a estrutura poderá suportar.

Um procedimento comum para avaliação de risco sísmico — o número de terremotos de determinada magnitude que poderiam ocorrer num período de tempo dentro de uma área específica — é tomar como base um confiável registro histórico da região estudada. Assume-se, portanto, que as condições que geraram atividade sísmica no passado continuarão a governar futuros terremotos. No entanto, as mudanças no regime de esforços ocasionadas pela presença de um novo reservatório podem agravar severamente as condições preexistentes e invalidar a suposição inicial. Desta forma, será necessário avaliar também o potencial de produção de sismos induzidos que a localidade oferece.

Mapeamentos geológicos e hidrogeológicos, estudos sobre o nível de sismicidade natural e definição dos esforços tectônicos preexistentes na região constituem alguns dos parâmetros que deveriam ser conhecidos nessa etapa do estudo. Programas adicionais — como levantamentos repetitivos de alta precisão, para determinar o grau de deformação que o terreno na área do reservatório sofrerá com o peso da água — são necessários, para que se conheça o comportamento elástico das rochas na região do lago planejado.

De fundamental importância é o estabelecimento de um programa de monitoramento sismográfico pré e pós-enchimento do lago. Pelo menos três anos antes da construção da barragem, é conveniente instalar sismógrafos na área do reservatório, para auscultar o nível da atividade sísmica natural e identificar eventuais fontes sísmicas significativas. Um sistema sismográfico de alta sensibilidade, composto de pelo menos quatro estações, deverá entrar em funcionamento antes da fase de enchimento e lá permanecer operando continuamente por vários anos. Essa rede sismográfica terá a função de determinar a frequência, a localização, a profundidade e a magnitude dos sismos locais, bem como de identificar o mecanismo focal, dado decisivo para conhecimento do regime de esforços tectônicos vigente na região. Outros equipamentos sismográficos, como acelerógrafos, poderão ser fixados em diferentes partes da barragem, para observar a resposta da es-

trutura sob determinados níveis de aceleração gerados por eventuais terremotos.

O Brasil se encontra em um ambiente sísmológico no qual os sismos induzidos podem exceder o próprio nível da sismicidade natural. Até hoje nenhum evento de origem induzida ocasionou qualquer tipo de dano material às obras civis das barragens ou aos respectivos equipamentos eletromecânicos. É possível que a atividade sísmica hoje atuante em vários reservatórios ainda se prolongue por algum tempo. O fato de que os exemplos de sismicidade induzida apresentem um nível modesto não é argumento suficiente para minimizar por completo esse tipo de perigo. Pelo contrário. Um país com pouco conhecimento sísmológico e que ainda necessita implantar grandes projetos de infra-estrutura — o que inclui a construção de novas barragens de grande e médio portes — não pode ficar alheio ao problema representado pela SIR.

SUGESTÕES PARA LEITURA

- BATH M., *Introduction to Seismology*, Birkhäuser Verlag, Basileia/ Boston/ Stuttgart, 1979.
- MENDIGUREN J.A., 'Estudos sobre sismicidade induzida desenvolvidos na Universidade de Brasília', *Simpósio Sismicidade Induzida e Natural*, ANGE, São Paulo, 1979.
- MILNE W.G., 'Induced seismicity', *Special Issue Eng. Geol.*, 10, 1976.
- RIBOTTA L.C., 'Magnitude local e análise preliminar do risco sísmico para atividade sísmica induzida no reservatório de Paraibuna-Paraitinga', *Anais do I Congresso Brasileiro de Geofísica*, Rio de Janeiro, 1989.
- VELOSO J.A.V. & ASSUMPÇÃO M., 'Estudo da sismicidade associada ao enchimento do reservatório de Emborcação', *Anais do 34º Congresso Brasileiro de Geologia*, Goiânia, 1986.
- VELOSO J.A.V. & ASSUMPÇÃO M., 'Reservatórios sísmicos e assísmicos: uma experiência no estudo de SIR no Brasil', *Anais do 1º Congresso Brasileiro de Geofísica*, Rio de Janeiro, 1989.
- VELOSO J.A.V., ASSUMPÇÃO M., DUARTE V.M., MOTA C.G.B., GONÇALVES E.P. & REIS J.C., 'Registro de sismicidade induzida em reservatórios da Cemig e Furnas', *Anais do 5º Congresso Brasileiro de Geologia e Engenharia*, ABGE, São Paulo, 1987.
- VELOSO J.A.V., CARVALHO J., FERNANDES E., BLUM M. & ARAUJO D., 'Microearthquakes and the Balbina lake, a possible case of induced seismicity in the Amazon area', *2º Congresso Internacional SBGF*, Salvador, Bahia, 1991.

CARRAGENANAS

ALGAS POLIVALENTES

**Eurico C. de Oliveira,
Mariana C. de Oliveira**
Instituto de Biociências,
Universidade de São Paulo

**Rosa M. Saito,
Gracinda M. C. Garófalo**
Instituto de Pesquisas
Tecnológicas



O que o sorvete, as tintas, as ceras e a pasta de dentes podem ter em comum? A maioria das pessoas provavelmente não sabe, mas esses produtos, apesar das evidentes diferenças, devem sua consistência 'cremosa' e sua uniformidade a um mesmo grupo de substâncias químicas, dotadas de propriedades especiais, extraídas — o que também pode ser surpreendente — de algas que crescem no mar. Para compreender de modo mais fácil a utilidade dessas substâncias, basta lembrar que suas propriedades — como a geleificação e o aumento da viscosidade — são responsáveis pela consistência tanto da gelatina como do gel para os cabelos, como já indicam os nomes de ambos os produtos.

De uso corriqueiro e cada vez mais frequente no mundo moderno, em função da ampla aplicação industrial, particularmente nas indústrias alimentícias, tais substâncias são identificadas como hidrocolóides, ou colóides solúveis na água. Ao reagir com outras moléculas também presentes na solução, elas formam sistemas coloidais, isto é, sistemas físico-químicos em que uma das fases é extremamente subdividida (dispersa) e imersa na outra (dispersora), como acontece no gel, nas emulsões, na suspensão de líquidos não miscíveis e nas suspensões de sólidos em líquidos e de gás em líquidos (espuma).

Alguns colóides são extraídos de outros vegetais, mas os derivados das algas — os ficocolóides (*fico*, em grego, significa alga) — são os mais importantes, representando uma parcela significativa dos hidrocolóides consumidos atualmente no mundo inteiro. Portanto, além da importância biológica fundamental que têm nos ecossistemas aquáticos, como produtores primários (sintetizam matéria orgânica a partir da energia solar), as algas apresentam considerável valor econômico, especialmente como fonte de alimentos e de hidrocolóides. Entre essas substâncias destacam-se, pelo maior uso e pela importância econômica, as alginas, as agaranas e as carragenanas (figura 1).

Embora esses produtos sejam largamente utilizados na indústria alimentícia, não servem como alimentos, uma vez que o organismo humano não dispõe de enzimas capazes de hidrolisar suas macromoléculas e isso impede sua assimilação. Assim, o conteúdo energético dos colóides de algas não é aproveitado pelo homem. Eles são empregados, como agentes suspensores, emulsificantes ou geleificantes, basicamente para melhorar a textura e a aparência dos alimentos.

As alginas compreendem o ácido alginico e seus sais, os alginatos. São formadas por polímeros de ácidos urônicos, onde se alternam moléculas de ácido gulurônico e manurônico, formando longas cadeias de alta massa molecular. Tais colóides são extraídos de algas pardas (divisão Phaeophyta), em especial das espécies pertencentes às ordens Laminariales e Fuca-

les (figura 2). Têm múltiplas aplicações, salientando-se seu consumo em grande escala nas indústrias de sorvetes, cervejas, tecidos e tintas.

As agaranas, mais conhecidas popularmente com os nomes de agar, ágar ou ágar-ágar, são polímeros de galactose (um tipo de açúcar) com baixo grau de enxofre em suas moléculas. Na maioria dos casos apresentam elevado teor de 3,6-anidro-L-galactose, um açúcar que não era conhecido na natureza até ser encontrado em algas. As agaranas são utilizadas especialmente na preparação de gelatinas, algumas de alta rigidez, podendo resistir a uma pressão de mais de 1.000 gramas por cm^2 .

Uma de suas principais vantagens, em relação a outras substâncias que geleificam, é seu alto poder de histerese (a capacidade de geleificar muda conforme a concentração utilizada) e sua resistência ao ataque de microrganismos. Tais características permitem seu emprego na preparação de meios de cultura para ampla gama de microrganismos, o que torna as agaranas fundamentais para os estudos de microbiologia e para a cultura de tecidos e de células. São extraídas de várias algas vermelhas (divisão Rhodophyta), em especial de representantes das famílias Gelidiaceae e Gracilariaceae (figura 3).

Semelhantes às agaranas, já que também são polímeros de galactanas, as carragenanas distinguem-se daquelas por serem altamente sulfatadas (podem conter até 50% de sais de enxofre) e fortemente aniônicas, ou seja, têm excesso de carga elétrica negativa. São conhecidas em todo o mundo pelos nomes comerciais de *Carragheen*,

pois foi nessa cidade da Irlanda que começaram a ser produzidas, ou *Irish moss* (musgo da Irlanda), embora obviamente não se trate de musgos e sejam extraídas hoje de matérias-primas coletadas principalmente nas Filipinas e no Canadá. O termo *Irish moss* é aplicado tanto ao produto quanto à matéria-prima, que tecnicamente corresponde, no caso do Canadá, à espécie *Chondrus crispus*. A carragenana obtida com algas das Filipinas é extraída de espécies do gênero *Eucheuma*.

As várias carragenanas conhecidas podem ser subdivididas em três grupos básicos: *kappa* (κ), *beta* (β) e *lambda* (λ). As primeiras geleificam em presença de substâncias condutoras de eletricidade (eletrólitos), podendo formar géis resistentes como as agaranas, enquanto as do tipo *lambda* produzem soluções de alta viscosidade. Assim, seus usos variam de acordo com o tipo de carragenana utilizado. Assim como o ágar-ágar, são produzidas a partir de espécies de algas vermelhas, principalmente as pertencentes às famílias Gigartinaceae e Solieriaceae.

Atualmente, o Brasil produz ágar-ágar em duas indústrias, uma situada em Taubaté da Serra (SP) e outra em João Pessoa (PB). Junto com o ágar-ágar, é produzida uma quantidade variável de 'hipneana', carragenana extraída da alga vermelha *Hypnea musciformis* (figura 4).

Em decorrência de suas propriedades de geleificar, aumentar a viscosidade de soluções e dispersar sólidos em suspensões, ou de sua alta reatividade com proteínas, as carragenanas possuem inúmeras aplicações. A larga utilização dessas substâncias

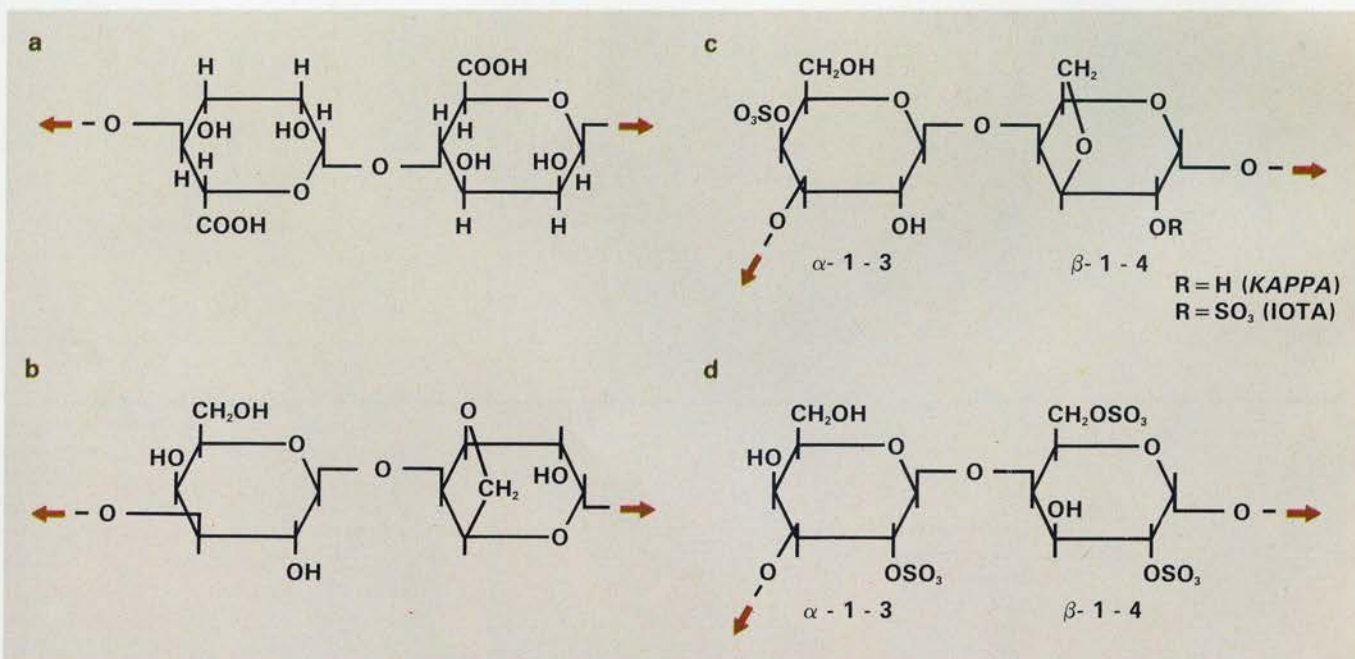


FIGURA 1. Moléculas presentes nas longas cadeias que compõem os colóides de algas: (a) ácido alginico (alginas); (b) galactana (ágar-ágar); (c) galactana (carragenana *kappa* ou *iota*, dependendo do radical R); (d) galactana (carragenana *lambda*). As setas indicam repetição da molécula básica para formar a macromolécula.



FIGURA 2. Algas *Laminaria abissalis* (a) e *Sargassum* sp (b), ambas pertencentes à divisão Phaeophyta, da qual são extraídas as alginas.



FIGURA 3. Alga *Gracilaria* sp (divisão Rhodophyta), matéria-prima para extração das agaranas.



FIGURA 4. Alga *Hypnea musciformis* (divisão Rhodophyta), uma das espécies que produzem carragenanas.

ANO	US\$ 1.000	T (SECAS)
1984	1.599,1	153,6
1985	1.546,8	142,6
1986	2.267,8	230,5
1987	2.180,0	216,0
1988	1.364,0	119,6

FONTE: CACEX/BANCO DO BRASIL

FIGURA 5. Importações brasileiras de carragenanas *Irish moss*.

na indústria de laticínios, por exemplo, baseia-se em sua forte reação com uma proteína do leite, a caseína. Usadas com derivados de leite, mesmo em concentrações mínimas, podem espessar consideravelmente o produto. Em doses mais elevadas, formam geléias e flans, de textura controlável através da variação da concentração da carragenana. Além do múltiplo aproveitamento em indústrias alimentícias, são ainda usadas em estamparias, em cosméticos, para dar consistência à pasta de dentes e como suspensoras de produtos abrasivos em líquidos e ceras.

O Brasil importou 170 toneladas anuais de carragenanas, em média, entre 1984 e 1988, a um custo também médio de cerca de 1,8 milhão de dólares em cada exercício (figura 5). Isso mostra que as pesquisas sobre as carragenanas brasileiras, além de sua importância científica, revestem-se de grande valor prático.

Embora as espécies de algas marinhas brasileiras possam ser consideradas como razoavelmente bem conhecidas, pois esta é uma linha de pesquisa com bastante tradição no país, o mesmo não pode ser dito a respeito de seus componentes químicos, em especial quanto aos colóides de maior valor comercial. Essa foi a motivação do projeto de *screening* químico das supostas espécies de carragenófitas do litoral brasileiro, que desenvolvemos através de cooperação entre o Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo (IB-USP) e o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) do estado de São Paulo, com financiamento da Organização dos Estados Americanos (OEA) e da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), órgão federal.

O objetivo do projeto era determinar que tipo de carragenanas as algas brasileiras produzem e em que quantidade, o que permitiria identificar as fontes mais promissoras dessas substâncias e orientar a seleção de espécies candidatas aos programas de maricultura em desenvolvimento no país.

As algas foram coletadas (através de mergulhos em vários pontos da costa brasileira), selecionadas, identificadas ao nível de espécie, separadas quanto à fase reprodutiva, congeladas e levadas ao laboratório para a análise. Após a extração e purifica-

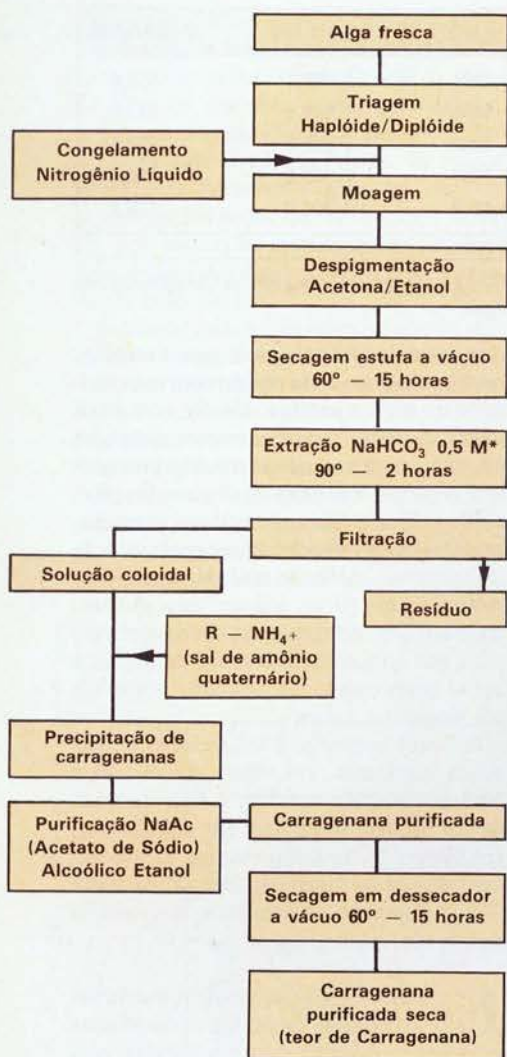


FIGURA 6. Fluxograma de extração e purificação. *M significa solução molar, indica que a solução contém dissolvida em 1.000 ml a molécula-grama da substância (no caso, o NaHCO_3 — bicarbonato de sódio). Do mesmo modo, seus múltiplos e submúltiplos são expressos por números inteiros ou frações ordinárias ou decimais, como por exemplo, 2 M, 0,1 M etc.

ção das carragenanas (figura 6), determinou-se seu rendimento em porcentagem de peso seco de alga, os teores de 3,6-anidrogactose e de sulfato, e os tipos prováveis de carragenanas (figura 7).

Além do que o processo de análise química tradicional revela, informações importantes sobre as carragenanas podem ser obtidas através da análise de espectros de infravermelho (IV) e da análise pelo processo de ressonância magnética nuclear, com uso do ^{13}C (isótopo do carbono). Em nossa pesquisa obtivemos apenas os espectros de IV das carragenanas extraídas (figura 8).

Com exceção de *Cryptonemia crenulata*, as outras espécies estudadas apresentaram teores de carragenanas interessantes do ponto de vista econômico. De todas as espécies estudadas, a que apresentou o maior rendimento foi *Gigartina teedii*, na biomass-

ESPÉCIE	CÓDIGO	ORIGEM	CARR	AG	NaSO_3	TIPO
<i>Cryptonemia crenulata</i>	CRY	J. Pessoa, PB	4,8	14,5	25,6	iota
<i>Euclima sp 1</i>	EUC/1	J. Pessoa, PB	59,6	20,3	30,0	iota
<i>Euclima sp 2</i>	EUC/2	Itamaracá, PE	57,4	17,7	25,5	iota
<i>Gigartina teedii</i>						
• cistocárpica	GIG/1	Itanhaém, SP	70,7	24,5	29,3	kappa/iota
• tetraspórica (cultivada)	GIG/2	Itanhaém, SP	57,1	zero	29,5	lambda
<i>Gymnogongrus griffithsiae</i>	GYM	Ubatuba, SP	49,6	19,8	27,8	iota
<i>Hypnea musciformis</i>						
	HYP/1	Itamaracá, PE	53,9	30,2	20,1	kappa
	HYP/2	J. Pessoa, PB	46,6	31,4	17,6	kappa
	HYP/3	Recife, PE	50,0	25,2	19,5	kappa
	HYP/4	S. Cruz, ES	46,4	28,6	18,3	kappa
• cultivada	HYP/5	S. Cruz, ES	36,3	27,2	19,4	kappa
	HYP/6	Ubatuba, SP	46,7	27,8	19,8	kappa
<i>Meristiella sp</i>						
	MTL/1	Piúma, ES	54,8	19,1	29,9	iota
	MTL/2	Piúma, ES	50,1	19,0	26,0	iota
	MTL/3	J. Pessoa, PB	44,0	18,2	25,8	iota
	MTL/4	J. Pessoa, PB	55,7	20,2	27,3	iota
<i>Meristiella echinocarpa A</i>						
• cistocárpica	MEC/A1	Itapemirim, ES	61,6	21,8	26,6	iota
• tetraspórica	MEC/A2	Itapemirim, ES	59,1	21,9	27,0	iota
<i>Meristiella echinocarpa B</i>						
• cistocárpica	MEC/B1	Itapemirim, ES	63,0	22,8	27,4	iota
• tetraspórica	MEC/B2	Itapemirim, ES	60,8	21,8	25,6	iota
• vegetativa	MEC/B3	Itapemirim, ES	56,8	22,0	27,6	iota
<i>Meristotheca gigartinoides</i>						
• cistocárpica	MTC/1	Itaoca, ES	58,0	21,3	31,4	iota
• tetraspórica	MTC/2	Itaoca, ES	59,3	21,7	29,8	iota
<i>Solieria filiformis</i>						
	SOL/1	J. Pessoa, PB	47,9	21,3	30,1	iota
	SOL/2	S. Cruz, ES	50,8	21,7	25,0	iota

FIGURA 7. Porcentagem de carragenanas (CARR) em relação ao peso seco das algas, porcentagens de 3,6-anidrogactose (AG) e NaSO_3 em relação à carragenana total e tipo provável de carragenana encontrado através do espectro de infravermelho.

sa proveniente das populações naturais. Os tipos de carragenanas encontrados nas carragenófitas brasileiras foram predominantemente kappa e iota. As espécies pertencentes às famílias Solieriaceae e Phyllophoraceae produziram carragenana tipo iota, enquanto a alga *Hypnea musciformis* apresentou a forma kappa.

A literatura científica registra que outras espécies da família Gigartinaceae, à qual pertence *G. teedii*, existentes em diferentes regiões do mundo, apresentam um comportamento atípico em relação às demais carragenófitas conhecidas. Nos representantes já estudados desta família, a fase gametofítica (em que há plantas masculinas e femininas, ambas haplóides, isto é, cada uma com apenas um dos cromossomos de cada par) produz carragenanas do tipo kappa, enquanto a fase tetrassporofítica (em que a planta, idêntica às da outra fase, contém todos os cromossomos da espécie, sendo portanto diplóide) apresenta carragenanas do tipo lambda.

Esse último tipo de carragenana não apareceu no screening químico da alga *G. teedii*. Esta espécie, procedente de Itanhaém

(SP), produziu carragenanas do tipo kappa e iota, como ficou evidenciado pelas análises químicas e pelo espectro de IV, indicando que o material coletado provavelmente incluía apenas plantas haplóides. Na realidade, nas populações de *G. teedii* estudadas, verificou-se uma frequência muito grande de exemplares inférteis e de gametófitos femininos, confirmando observações ecológicas obtidas na mesma região por Rosário de Almeida Braga, em 1985.

Na impossibilidade de encontrar plantas diplóides de *G. teedii* na natureza em quantidade suficiente para as análises químicas, o projeto procurou obter essas plantas em laboratório, através do cultivo de esporos produzidos por plantas femininas fecundadas, isto é, com cistocarpos.

O ciclo de vida da espécie compreende três fases distintas: uma fase haplóide, com sexos separados, formada por plantas masculinas e femininas de igual morfologia, e duas fases diplóides. A primeira dessas fases diplóides é microscópica e se desenvolve como parasita da planta feminina. Tal

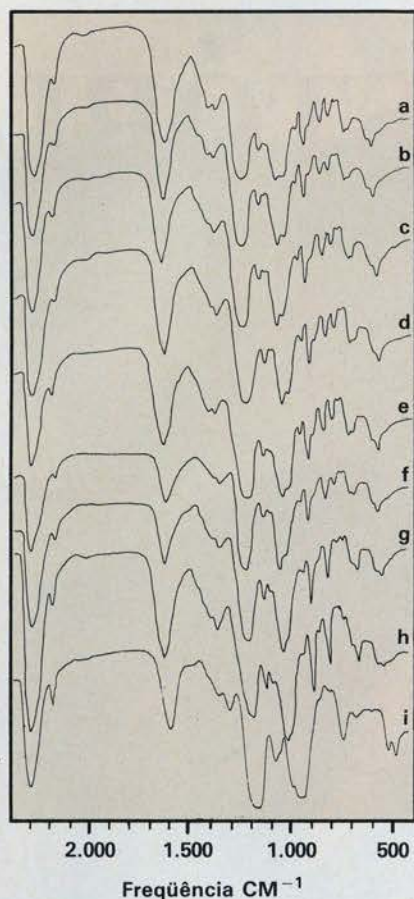


FIGURA 8. Espectrogramas no infravermelho de carragenanas de (a) *Cryptonemia crenulata*; (b) *Eucheuma* sp.; (c) *Meristiella* sp.; (d) *Meristotheca gigartinoides*; (e) *Solieria filiformis*; (f) *Gymnogongrus griffithsiae*; (g) *Gigartina teedii* (gametofítica); (h) *Hypnea musciformis*; (i) *Gigartina teedii* (tetrasporofítica).

fase parasita (que produzirá esporos diplóides) é protegida por um tecido estéril (haplóide) proveniente da planta-mãe, do mesmo modo que a casca de uma fruta. O conjunto — a fase microscópica e a 'casca' — é denominado de cistocarpio.

Ao serem liberados no mar, esses esporos fixam-se sobre um substrato rochoso e dão origem a uma planta diplóide, com vida independente e morfologia idêntica à das plantas sexuadas. Esta fase diplóide, chamada tetrasporófito, produz esporos haplóides através de meiose (divisão celular em que os pares de cromossomos se separam). Ao germinarem, tais esporos desenvolvem-se em plantas masculinas e femininas haplóides (figura 9).

Coletados no litoral de Itanhaém (SP), exemplares femininos com cistocarpos desenvolvidos foram levados para o laboratório e colocados em frascos com água do mar esterilizada e enriquecida com nutrientes. Os frascos foram mantidos a 22° C ($\pm 2^\circ$ C), com luz fluorescente em fotoperíodo de 12 horas e fluxo fotônico controlado. Os esporos foram liberados e germinaram, dando origem a plântulas que, após

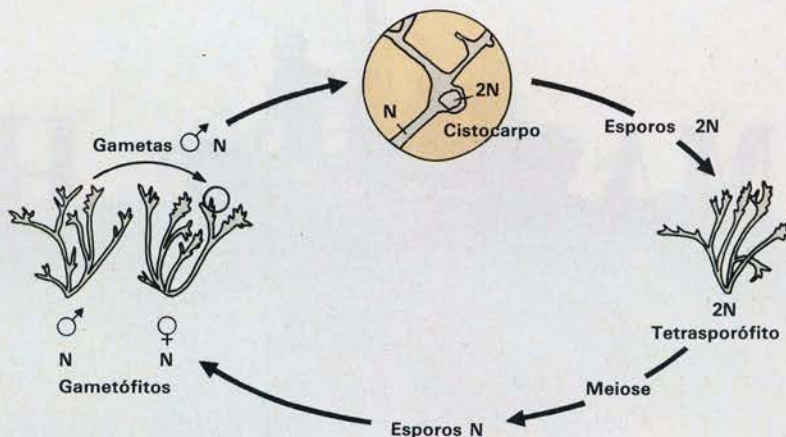


FIGURA 9. Ciclo de vida de *Gigartina teedii*.

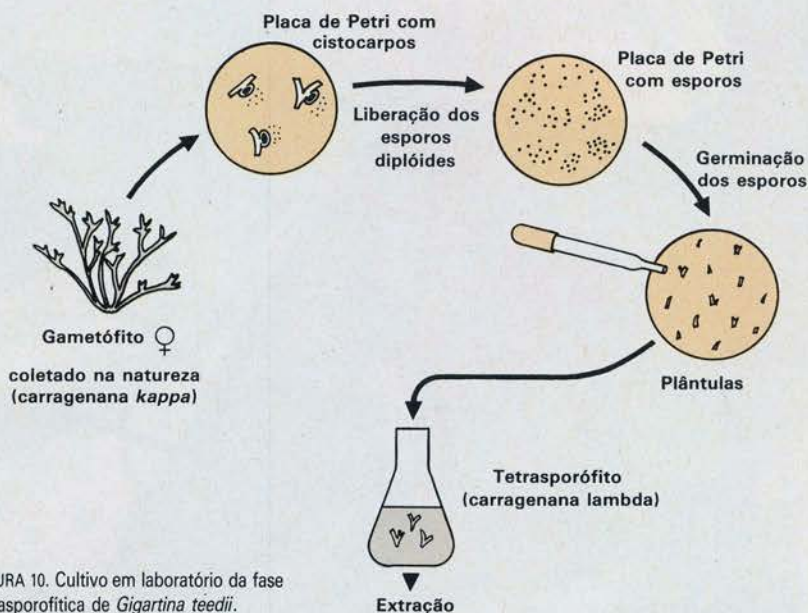


FIGURA 10. Cultivo em laboratório da fase tetrasporofítica de *Gigartina teedii*.

90 dias, atingiram uma biomassa suficiente para a realização das análises químicas (figura 10).

Tais análises mostraram que a fase diplóide de *G. Teedii* produz carragenana lambda (só encontrada nesse material), confirmando essa característica como um fator unificador na família Gigartinaceae. Essa descoberta tem grande aplicação prática no que se refere à produção comercial da carragenana através de técnicas de maricultura, pois permite que se cultive apenas a fase desejada, através de propagação vegetativa, de modo a se obter a forma de carragenana que seja de maior interesse econômico.

A identificação dos tipos de carragenanas produzidos pelas algas do litoral brasileiro e a determinação de suas características principais e de seu rendimento — resultados dessa pesquisa coordenada entre biólogos e químicos — são fundamentais para orientar a seleção das espécies de maior potencial econômico para exploração direta (extrativa) ou para programas de maricultura. No primeiro caso, os resulta-

dos obtidos devem ser complementados por estudos ecológicos que assegurem uma exploração sustentada do recurso.

Na área química, uma seqüência natural do projeto seria o aumento da escala do processo de extração e purificação da fase de laboratório para a de piloto industrial, além da otimização do rendimento desse processo, em função dos custos. Uma etapa posterior incluiria a análise econômica do projeto industrial, incluindo a avaliação da competitividade do processamento local em relação aos custos do material importado.

SUGESTÕES DE LEITURA

- CRAIGIE, J.S. & LEIGH, C., 'Carrageenans and agars', in HELLEBUST, J.A. & CRAIGIE, J.S. (eds.), *Handbook of Phycological Methods — Physiological and Biochemical Methods*, pp. 109-132.
- OLIVEIRA, E.C., 'A exploração de algas marinhas no Brasil: situação atual e perspectivas futuras', *Phycologia Latinoamericana*, 1, pp. 5-18.

UMA

HISTÓRIA



Liliane Lodi

Fundação de Estudos do Mar,
Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza



No hemisfério Sul, antigos relatos de viagem dão conta de uma população de baleias-jubartes — *Megaptera novaeangliae* — da ordem de cem mil indivíduos. Estimativas recentes calculam que esse número tenha sido reduzido para apenas três mil exemplares. A queda brutal da população dessas baleias levou a International Whaling Commission (IWC) a protegê-las internacionalmente da caça desde 1966. Mesmo assim, a espécie continua incluída em todas as listas oficiais de animais raros ou ameaçados de extinção.

Talvez por força do alarme internacional, ela finalmente começa a dar sinais de recuperação populacional, se considerarmos o aumento do número de encalhes e avistagens de baleias-jubartes, a partir de 1980, na costa

brasileira, sobretudo na região do banco dos Abrolhos, na Bahia. À medida que esses sinais benfazejos de recuperação se multiplicam, começa também a vir à tona a longa história da caça à baleia nas proximidades do porto de Caravelas, sul da Bahia, que resultou nesta séria ameaça de extinção da espécie.

A caça às baleias foi introduzida no Brasil pelos biscoitos, em 1602, no Recôncavo Baiano. Isso aconteceu depois que Felipe III, rei de Espanha e Portugal, concedeu por alvará ao capitão Pero de Orega e a seu sócio, João Miguel, na Biscaia — a mais setentrional das antigas províncias vascongadas ou bascas —, o privilégio de caçar baleias nas costas do Brasil. Segundo relatos históricos, as baleias eram muito numerosas nas baías e enseadas do litoral brasilei-

ro, durante suas migrações sazonais, em áreas de baixas altitudes. Os primeiros estabelecimentos para exploração comercial da caça à baleia — denominados 'casas da armação' — surgiram na ilha de Itaparica, devido à sua localização geográfica privilegiada, bem na entrada da baía de Todos os Santos.

As baleias eram arpoadas perto da costa e transportadas para as armações, onde eram processadas, efetuando-se a apuração do óleo, considerado de grande valia para a iluminação e de ampla demanda no mercado europeu. No decorrer dos séculos XVII e XVIII multiplicaram-se os portos baleeiros no litoral baiano, como os de Pituba, Rio Vermelho, Pedra Furada, Caravelas, Mangueiros, Porto Santo, Gamboa, Barra do Gil e Itapoã. Foi a partir da Bahia que as ar-

DA CAÇA À BALEIA



ILUSTRAÇÃO LUIZ BALTAR

mações se expandiram até o litoral de Santa Catarina. Entre os principais portos baleeiros baianos, o de Caravelas é dos mais antigos. Registros históricos e relatos de antigos naturalistas mencionam a caça às baleias em Caravelas, iniciada no século XVIII. É a partir desses relatos que se começa a reconstituir a memória perdida de uma atividade hoje extinta na região.

Em 1990, realizou-se um primeiro levantamento, com a preocupação de reunir informações do que ainda restava do período baleeiro. Existiam em Caravelas seis armações, das quais cinco localizadas na praia da Barra, a cerca de 10 km da cidade, e a última na ilha da Cassumba, no Pontal do Sul. Cada marcante (denominação dada ao dono da armação) possuía uma embarcação a

vela ou lancha e dois botes a remo. Apenas um deles ia rebocado para o mar, ficando o outro em terra como reserva. Durante a época de caça — julho a novembro — eram formadas duas equipes de trabalho. Uma se deslocava em direção ao arquipélago de Abrolhos, distante 70 km da costa, para capturar baleias. A outra, responsável pelo processamento do óleo, ficava em terra.

As baleias-jubartes eram encontradas em águas claras, a partir do parcel das Paredes. Elas preferiam os locais de maior profundidade do banco, como os canais dos Abrolhos, do Sueste e de Fora. O nome dado a cada baleia-jubarte variava de acordo com o sexo e a classe de idade (filhote, juvenil, adulto). A fêmea acompanhada de filhote era chamada madrijo. O filhote nascido du-

rante a temporada de caça (ou 'período de safra', como se dizia) era o baleato, e aqueles oriundos da safra anterior ganhavam o apelido de seguilhotes. O macho, que se tornava mais agressivo quando arpoado, era o caxaréu. Nas áreas de reprodução de baleias-jubartes, os machos frequentemente emitem sons para atrair e cortejar as fêmeas, e por isso se tornaram também conhecidos pelo apelido de gemedores.

Fazia-se a caça às baleias em Caravelas com embarcações primitivas. As lanchas, com cerca de 15 metros de comprimento e três de largura, eram construídas em pinho, cedro, goiticica ou jaqueira, sendo as velas de lona. Algumas dessas lanchas ganharam fama na região, como a *Gaivota*, a *Primeiro de Janeiro*, a *Poliana* e a *Condor* (esta

As baleias-jubartes eram encontradas em águas claras, a partir do parcel das Paredes. Elas preferiam os locais de maior profundidade do banco, como os canais dos Abrolhos, do Sueste e de Fora.

EXTRAÍDO DE ABROLHOS — PARQUE NACIONAL MARINHO, DE CARLOS SECCIN E ZELINDA MARGARIDA LEÃO, RIO DE JANEIRO, EDITORA CORAÇÃO, 1987.

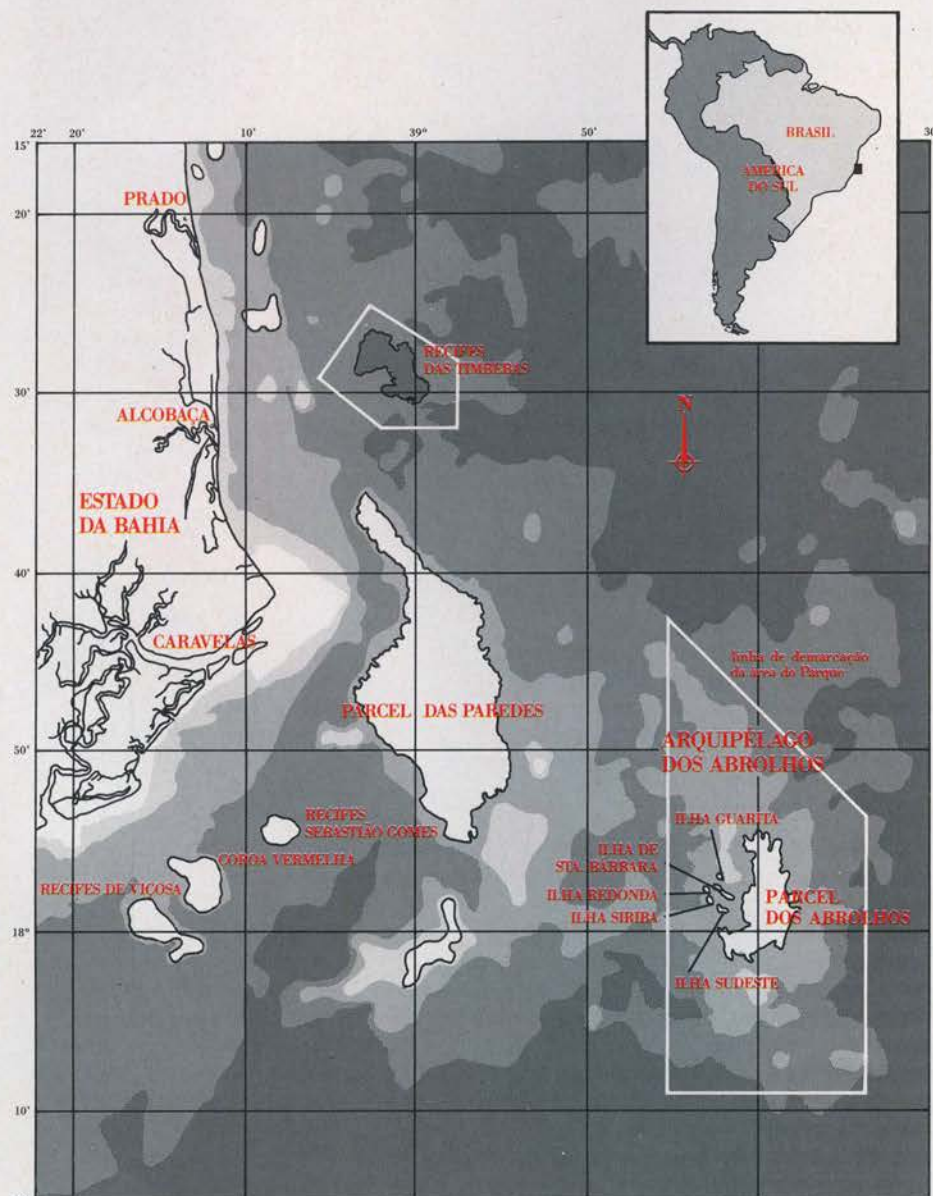


FIGURA 1. Mapa de localização do banco dos Abrolhos, na Bahia.

com os botes *Gago Coutinho* e *Sacadura Cabral*). Para os botes, as madeiras eram o genipapo, o cedro ou o louro, por serem maleáveis, leves e fortes, proporcionando resistência e velocidade. Mediam entre quatro e seis metros de comprimento, com remos em forma de pá. Tanto as lanchas quanto os botes eram construídos em Caravelas.

Cada expedição contava geralmente com 16 homens. A metade da tripulação responsável pela caça era dividida de acordo com sua especialidade. O arpoador ficava na

proa, encarregado de arpoar diversas vezes, até matar a baleia. O timoneiro — mestre da embarcação — se encarregava de conduzir o bote até a baleia arpoada, atrelando a caça à lancha. O moço de armas fazia parte do corpo de remadores e cuidava da limpeza dos instrumentos de caça, passando-os para o arpoador, quando solicitado. Havia também o sucrista, profissional que, além de remar, se encarregava do controle da corda do arpão, que ficava enrolada em um tipo de pilão denominado frade ou tina, lo-

calizado na popa do bote.

Os homens que participavam da caça eram considerados pela comunidade verdadeiros heróis. Embora a caça fosse feita com técnicas rudimentares, dificilmente as embarcações voltavam ao porto sem exibir sua presa, ainda que eventualmente pudessem levar até cinco dias para encontrar e matar uma baleia. A localização da presa era feita por meio do suspiro (o borrifo da baleia no mar, um jorro d'água de cerca de três metros de altura que se percebe ao longe). Tão logo era avistado, os tripulantes gritavam o chamado ao trabalho: "Tumbalêlé!". Iniciavam-se então os preparativos para a caça, como o timoneiro conduzindo o bote na perseguição à baleia. Os remadores tinham que ser extremamente hábeis e cuidadosos, para não deixarem que os remos batessem no bote, evitando fazer barulho para não assustar o animal.

Deixava-se a baleia "dar três surgidas" na superfície, ou seja, intervalos de tempo entre a respiração e os mergulhos. O local de emergência do animal, após cada "surgida", era calculado pelo arpoador, que dava ordem para orientar o timoneiro na direção prevista para a próxima subida à tona. Podia acontecer que a baleia fizesse mergulhos mais profundos, mudando o rumo do deslocamento abaixo da superfície da água, tornando mais difícil a previsão do local escolhido para vir à tona respirar. Nesses casos, ao submergir, a baleia mostrava sua nadadeira caudal na superfície (comportamento típico da espécie, que antecede um mergulho fundo).

Assim que a baleia completasse a quarta "surgida" era imediatamente arpoada. O arpão de caça à baleia-jubarte dispunha de uma haste de ferro munida com uma ou duas farpas, encaixado em outra haste de madeira. As duas eram ligadas por um cabo, a vinhoneira, que passava pelo centro da primeira haste e por uma alça fixa no centro da segunda, e era atada a outro cabo mais grosso, a ostaxa, que prendia o arpão ao bote.

Com a penetração do arpão, o animal não conseguia mais mergulhar fundo, devido à dor e à pouca quantidade de ar nos pulmões. Locais como o orifício respiratório e a porção lateral do corpo eram considerados ideais para feri-la. A porção lateral do corpo da baleia era conhecida pelo nome de bojo. O arpão deveria sempre ser lançado entre a cabeça e a nadadeira dorsal, também chamada de galha, caso contrário se quebrava.

A primeira arpoada servia apenas para ferir e cansar o animal. A lança que feria o animal era também conhecida pelo nome de sangradouro. O arpoador, com um fechar de mão, avisava ao sucrista para controlar a corda do arpão, de aproximadamente 200 braças (uma braça = 2,20 m) de comprimento e uma polegada (uma polegada = 2,75 cm) de largura. No momento que a corda do arpão se encontrava totalmente esticada, co-

A lança que feria o animal era também conhecida pelo nome de sangradouro.

FOTO BIA HETZEL

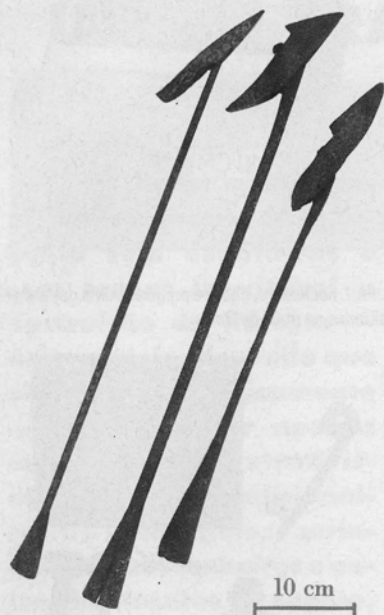


FIGURA 2. Modelo de arpão que servia para a caça às baleias-jubartes na região de Caravelas, sul da Bahia.

meçava a correria, com a baleia puxando o bote. À medida que o animal se extenuava, os remadores recolhiam a corda. A esta operação se dava o nome de cobrar.

Erguia-se então uma bandeira na proa do bote para avisar à equipe da lancha que a baleia havia sido arpoada com sucesso. Com o bote já bastante próximo da baleia, vários golpes de lança eram desfechados no corpo do animal, além de ferimentos a facas, facões e machados (todos fabricados por ferreiros de Caravelas), até finalmente se atingir a arpoada fatal, acima da nadadeira peitoral. Após esta última arpoada, começava a agonia da baleia, que podia durar até três horas.

Outra tática de caça bastante usada nessa época era a de arpoar primeiro o filhote, a fim de capturar a fêmea mais facilmente, uma vez que esta nunca o abandonava ferido. Nessa hora, os remadores tinham que ser cautelosos para impedir que o bote se interpusesse entre a baleia e seu filhote, pois a fêmea tornava-se então extremamente perigosa, golpeando várias vezes a nadadeira caudal na superfície da água. Se o madrijo estivesse acompanhado do caxarêu, a fêmea era arpoada após o filhote, já que o macho costumava permanecer junto à fêmea ferida. Por vezes o caxarêu se tornava agressivo e tentava arrancar o arpão do corpo da fêmea.

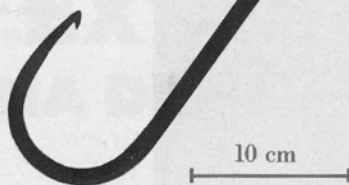


FIGURA 3. O 'catueiro', grande anzol utilizado pelos 'aproveitadores' que rondavam as lanchas baleeiras, quando estas chegavam em terra, para pescar tubarões.

Mesmo sendo considerados verdadeiros heróis pela comunidade, os membros da equipe que participava da caça tinham remuneração bastante modesta, sobretudo levando-se em conta os riscos da atividade.

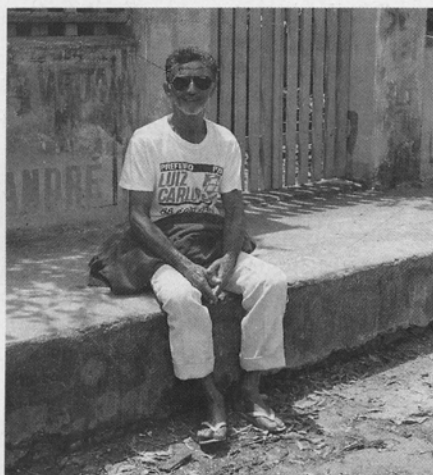


FIGURA 4. Valmores Falcão, de 80 anos, um dos antigos trabalhadores nas operações de retalhamento das baleias-jubartes, em Caravelas, na década de 1920.

Na caça, os baleatos eram dispensados, em função de sua estreita camada de gordura. Há notícias de ocasiões em que o filhote seguia a lancha com a fêmea arpoada horas seguidas.

Depois de morta a baleia, se iniciava a operação de transporte. O moço de armas se en-

carregava de fazer uma perfuração na mandíbula da baleia, com um cabo chamado serro-boca. A seguir, uma corda era amarrada em torno da boca, evitando-se a entrada de água, para não torná-la mais pesada. Esta era uma etapa bastante perigosa, pois o mar costumava ficar repleto de tubarões, atraídos pelo sangue derramado. Transpassava-se um arpão pelo orifício respiratório (também chamado de bufador) e outro pela nadadeira dorsal, amarrando-se assim a baleia na lateral da lancha com a cabeça voltada para a proa.

A viagem de volta levava, em média, de dez a 12 horas até a costa. Há casos em que o retorno durou mais de um dia. Os ventos norte e nordeste eram os mais favoráveis para o transporte das baleias arpoadas. O vento sul, conhecido como papa-bote, tinha a fama oposta. Próximo à costa, as lanchas hasteavam uma bandeira como aviso de estarem trazendo baleia. Cada armação possuía sua própria bandeira, a fim de que os de terra pudessem distinguir, ao longe, o local para onde se dirigia a lancha com caça tão valiosa. Invariavelmente, a lancha era seguida por tubarões. Valendo-se disto, os "aproveitadores" se espalhavam pela praia para capturá-los, utilizando pedaços de carne de baleia como iscas no catueiro, um grande anzol amarrado a um gancho e a uma corda de piaçaba. O fígado dos tubarões pescados também servia para a obtenção de óleo.

A baleia era trazida para a praia com a maré cheia, mas se retalhava o animal somente durante a maré vazia. Na época de caça, vinham para Caravelas trabalhadores de Mucuri, Nova Viçosa, Helvécia e Alcobaça, a fim de se empregarem no retalhamento das baleias e na obtenção de óleo. O mestre do facão era quem iniciava os trabalhos de retalhamento, subindo em uma escada para indicar os locais onde deveriam ser efetuados os cortes, sempre de baixo para cima. Somente para o retalhe de baleias-jubartes adultas como o madrijo e o caxarêu havia necessidade do uso de escadas. Quase tudo na baleia era aproveitado. Nisso se incluía até mesmo o papo, ou seja, a língua, que servia de isca para a pesca do bagre.

Após o corte, começava a carnagem, operação que separava os talhos de gordura da carne. Quanto mais avançado o estado de decomposição em que a baleia se encontrava, de melhor qualidade era o óleo proveniente do processamento da gordura. As tiras de gordura extraídas da baleia eram chamadas talhões. A carne da baleia raramente era consumida pela população local. Suas carcaças, carregadas pela maré, atraíam diferentes tipos de peixes à praia e os ossos serviam de abrigo a diversas formas de vida marinha.

Durante o processo de carnagem, as tiras de gordura eram postas em um tanque raso,



FIGURA 5. As tiras de gordura extraídas das baleias eram derretidas em grandes tachos de ferro, que com o fim da caça se tornaram peças decorativas.

Calcula-se que de 40 a 50 baleias-jubartes, em média, foram mortas, por ano, durante as últimas temporadas de caça em Caravelas.

Há registros de que, num único dia, foram vistas 12 baleias mortas, na praia da Barra.

para apodrecerem, e, em seguida, eram transportadas para os tachos de ferro com um pouco de água, também chamados de tachas. Vindos de Portugal, os tachos se encaixavam nas fornalhas, cada uma com 12 lugares. Usava-se madeira vermelha ou siriba, retirada dos mangues. Os homens responsáveis pelo abastecimento de lenha eram chamados foguistas e os que cuidavam da fabricação de óleo eram os azeiteiros.

Para indicar se o óleo se encontrava em seu ponto ideal, ou seja, apurado, colocava-se um pedaço de madeira no tacho para incendiar. Caso tal não ocorresse — se a madeira chiasse —, já se sabia que o tacho ainda continha água e que seria preciso muito mais tempo na fornalha. Terminado o processo, o óleo era repassado por meio de cocos secos para um tanque a fim de resfriar e, em seguida, ser depositado em barris de madeira chamados cartolas. Para o transporte, eram usados “banguês”, nome dado à maca que servia para carregar os barris de óleo até a praia. As cartolas podiam armazenar até 600 litros de óleo e eram, então, transportadas para a praia. Por isso, nessa época, era comum o plantio de amendoeirais para que sob a sombra dessas árvores fossem dispostas as cartolas, que seguiriam viagem, por grandes navios, até Salvador, Rio de Janeiro e São

Paulo. De acordo com depoimentos de habitantes locais, o cheiro da gordura se derretendo era muito forte, insuportável, atraindo grande número de moscas e urubus durante a safra, que vinham se alimentar dos restos de baleias deixados na praia.

Mesmo sendo considerados verdadeiros heróis pela comunidade, os caçadores tinham remuneração bastante modesta, sobretudo levando-se em conta os riscos da atividade de caça à baleia (uma baleia-jubarte adulta pode atingir 16 m de comprimento e pesar cerca de 30 t). O marcante fornecia à tripulação um rancho composto de farinha, carne, quatro barris de água e pequena quantia em dinheiro, a título de adiantamento. O rancho fornecido à equipe de caça era conhecido pelo apelido de socorro. Quando retornavam da caça, efetuava-se então o restante do pagamento em dinheiro, que variava de acordo com a quantidade de óleo apurado da baleia abatida. Uma baleia era considerada de grande porte quando media quatro braças do orifício respiratório à nadadeira dorsal. O número de braças servia como parâmetro para o pagamento.

O marcante fornecia o rancho para um período de dez a 12 dias. Se, por acaso, neste prazo, nenhuma baleia fosse arpoada, a equipe arcava com as despesas do próximo

FIGURA 6. Lampião abastecido com óleo de baleia, que iluminou as ruas de Caravelas até 1929.

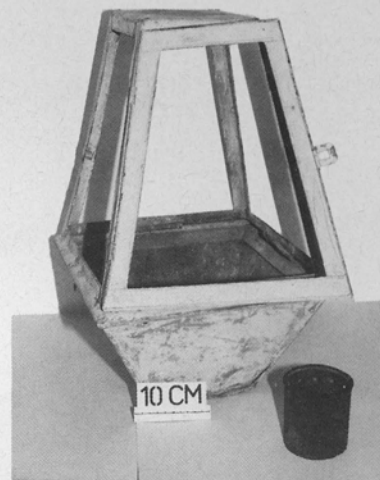


FOTO BIA HEITZEL

FIGURA 7. Fechadura, chave e pregos de uma das armações localizadas na praia da Barra.

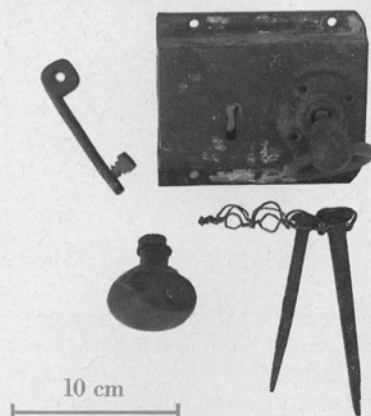


FOTO BIA HEITZEL

rancho. Caso ficassem devendo, teriam que retornar na próxima temporada de caça para trabalhar de graça até quitar a dívida com o marcante. Terminada a época de caça, as lanchas e botes eram recolhidos às garagens de madeira com cobertura de palha, a fim de serem examinados e submetidos aos reparos necessários, protegendo-se contra as intempéries até a safra seguinte.

O óleo produzido era empregado na iluminação, lubrificação e fabricação de argamasas. O pequeno instrumento de ferro que servia para abastecer os lâmpios à base de óleo de baleia era conhecido pelo nome de “canjeirão”. A igreja de Caravelas, alguns sobrados e casas existentes até hoje foram construídos à base de óleo de baleia. Acredita-se que o óleo também tenha sido empregado nas construções da instalação do farol da Ilha de Santa Bárbara, arquipélago de Abrolhos, em 1861. Há notícias de que os habitantes extraíam a gordura contida nas mandíbulas das baleias para fabricação de medicamentos, pois acreditavam que era excelente para fortalecer o organismo. Até meados de 1929, as ruas de Caravelas eram iluminadas por lâmpios à base de óleo de baleia e queirosene. Em abril daquele ano, o engenheiro alemão Hans Patersen implantou o sistema de iluminação elétrica na cidade.



FIGURA 8. Casa construída em Caravelas, em 1898, à base de óleo de baleia.

O término da caça às baleias-jubartes em Caravelas foi consequência de uma conjunção de fatores, sendo o principal de ordem econômica. Os proprietários das armações não puderam dispor, na época devida, do capital necessário para implantar na região uma indústria baleeira moderna. Outro fator relevante foi o êxodo rural, que retirou da região boa parte da mão-de-obra jovem masculina, entre a qual se recrutavam para o mar os mais corajosos.

Em 1929 foi abatida a última baleia em Caravelas. Foi uma caça que ficou marcada na memória dos moradores da região. Era a baleia tão grande que seu peso, aliado ao vento sul, deslocou a lancha, obrigando a mudança da rota para Nova Viçosa. Como o tempo não apresentasse sinais de melhoria, a equipe decidiu transportar a baleia a reboque pelo rio Caravelas. A caça terminou com uma longa tradição. Calcula-se que de 40 a 50 baleias-jubartes, em média, foram mortas, por ano, nas últimas temporadas de caça em Caravelas. Há registros de que, num único dia, foram vistas 12 baleias mortas, na praia da Barra.

O capitão-tenente Colantino Marques de Souza, em artigo publicado no *Jornal do Commercio* de 24 de dezembro de 1894, menciona a caça em Caravelas: “Já vimos, em oito dias de permanência na Barra de Caravelas, passarem pelo nosso navio 48 baleias a reboque das baleeiras, que as arpoavam por fora das paredes ou ao mar das ilhas, e a bordo de um iate norte-americano, que pescava baleias nas nossas águas territoriais, vimos também grande número de pipas do



FIGURA 9. Um sinal promissor de recuperação da espécie: uma baleia-jubarte passeia com seu filhote nas proximidades do arquipélago dos Abrolhos, hoje área privilegiada de reprodução e cria de baleias-jubartes na costa brasileira.

precioso azeite, tão alvo como água, ali mesmo fabricado”. Em 1935, Charles Haskins Townsend (*Sci. Contr. New York Zool. Soc.*, vol. XIX, nº 1: 2-50) publicou um trabalho baseado em registros de bordo de navios baleeiros norte-americanos, constatando a captura de uma baleia-jubarte nas proximidades do arquipélago de Abrolhos. Isto evidencia que não apenas brasileiros se dedicavam à caça da baleia-jubarte na região.

Até o início da década de 1960, era possível observar, ao longo da praia da Barra, grande quantidade de ossos parcialmente soterrados e ruínas de uma das armações.

Atualmente, inúmeros ossos e tachos de ferro, alguns em bom estado de conservação, podem ser vistos em restaurantes, bares, hotéis e residências de Caravelas, como lembrança dos tempos de caça à baleia.

A população de baleias-jubartes no Atlântico Sul foi severamente reduzida após um longo período de exploração comercial em águas brasileiras e antárticas. Levando-se em conta que o banco dos Abrolhos, localizado sobre um alargamento da plataforma continental brasileira, é importante área de concentração, reprodução e cria de baleias-jubartes, durante os meses do inverno e da primavera (como comprovam os dados obtidos pelo Projeto Baleia-Jubarte, no período de 1988 a 1991), pode-se dizer que a caça à baleia-jubarte em Caravelas, ainda que feita de forma artesanal, teve importante contribuição para a drástica redução do número de indivíduos da espécie, afetando a quantidade de animais que migra anualmente para a costa brasileira em busca de águas quentes, calmas e rasas. Evidencia-se, assim, a importância da manutenção do hábitat relativamente inalterado do banco, bem como

o monitoramento dessa população e a implementação de medidas efetivas de proteção, a fim de garantir a recuperação dessa espécie na costa ocidental do Atlântico Sul.

SUGESTÕES PARA LEITURA

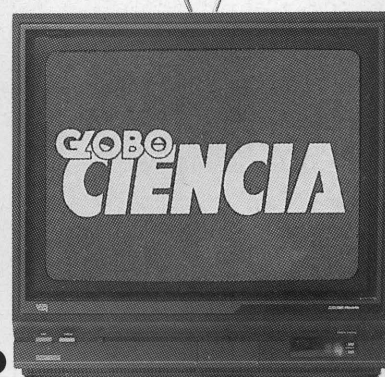
CÂMARA A.A., *Pescas e peixes da Bahia*, Rio de Janeiro, Typographia Leuzinger, 1911.

ELLIS M., *A baleia no Brasil Colonial*, São Paulo, Melhoramentos, 1969.

RALILE B.P., *Monografia histórica de Caravelas*, Salvador, Tipografia São Miguel, 1949.

EDIÇÃO DE TEXTO MARILIA MARTINS

SE VOCÊ TEM ALGUMA COISA A DIZER SOBRE CIÊNCIA APROVEITE QUE ELA ESTÁ NO AR.



A Fundação Roberto Marinho convida a todos os professores e cientistas a participarem do Programa Globo Ciência, com idéias, experiências, relatos e descobertas. Entre em contato conosco e não perca, todos os domingos, 7:30h, na Globo, uma verdadeira revista de ciências na televisão.

COORDENAÇÃO DE PROGRAMAS - FUNDAÇÃO ROBERTO MARINHO -
Av. Paulo de Frontin, 568 - Rio Comprido - Rio de Janeiro - CEP 20260 -
Caixa Postal nº 996 - CEP: 20010 - tel.: 273-2490 - fax: 293-8912

FBB
FUNDAÇÃO
BANCO DO BRASIL

FM
FUNDAÇÃO
ROBERTO MARINHO

RIO-92: AMBIENTE COMO MEIO DE NEGOCIAÇÃO

A realização da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio-92) — e o fato de ela acontecer no Brasil — exige o aprofundamento de alguns de seus significados, no mínimo por conterem indicadores de longo prazo e por serem os sobreviventes previsíveis do excesso de expectativas conjunturais criadas em torno dessa reunião.

Destaco aqui dois desses significados. O primeiro é o fortalecimento — e também os problemas — de um tipo de intervenção independente da sociedade civil. O outro é a consagração do meio ambiente como fator de negociação econômica. Este último sugere ainda o questionamento sobre a viabilidade do desenvolvimento sustentável, tal como esse conceito é entendido pela maioria de seus usuários.

Quanto ao espaço conquistado pela sociedade civil em todo o processo — do qual a Rio-92 é só um momento —, não deve haver uma avaliação fortemente positiva. Ao mesmo tempo que as organizações não-governamentais (ONGs) se expandiram, se multiplicaram e interagiram no plano mundial, as suas falhas apareceram com igual força, principalmente no que diz respeito à sua capacidade de mobilização social e de formulação consistente e conseqüente de propostas.

O fato de as ONGs terem participado nos dois últimos anos de um grande esquema presidido pela ONU talvez explique o porquê de uma certa acomodação em relação aos procedimentos oficiais e, contraditoriamente, a insistência num discurso de protesto repetitivo e pouco produtivo. Talvez estas questões sejam contingências inevitáveis de uma transição no trato da questão ambiental, isto é, da passagem de uma postura marcadamente conservacionista e denunciatória para uma fase na qual se busca uma base social suficiente para intervir tanto no âmbito da infra-estrutura econômico-social quanto no da tomada de decisões políticas.

Assim, pelo volume de mudanças potenciais que o movimento ambientalista desencadeou, ele é agora frágil, porque tende a transferir para as mãos dos governos e organismos oficiais a iniciativa que deveria permanecer com a sociedade civil, até mesmo para questionar a adequação do atual sistema internacional de intermediação e negociação ao porte dos grandes problemas ambientais globais em jogo e

A questão fundamental permanece no presente estágio da luta ambientalista: não existirá solução para a degradação do meio ambiente sem justiça social e redistribuição de renda em nível mundial.

suas implicações financeiras, tecnológicas e produtivas.

Se o sistema não é o mais conveniente para os atuais desafios, devem partir, então, da sociedade civil os indicativos do que mudar — e como mudar —, porque obviamente não se trata aqui de uma substituição abrupta, absoluta e total. A questão é buscar alianças com determinadas áreas dos governos, com organismos internacionais, com setores produtivos, com a ciência ou entre pensadores em geral. É um engano tentar aplicar hoje no ambientalismo o molde de movimento social típico dos anos 60. Arriscamo-nos a 'redescobrir' a exploração dos países pobres pelos ricos, o fechamento do jogo político internacional e daí por diante.

A questão fundamental permanece no presente estágio da luta ambientalista: não existirá solução para a degradação do meio ambiente sem justiça social e redistribuição de renda em nível mundial. Isso implica apontar de modo circunstancial a responsabilidade dos países desenvolvidos. Se não se quer nessa área cair no puro delírio, é preciso encarar a tarefa de tornar viáveis as demandas urgentes, tanto as de curto quanto as de longo prazo. Isso significa —

e a Rio-92 é o primeiro grande teste — atuar no campo da conceituação, da negociação, da pressão e da mobilização. Essa atuação, no entanto, requer mais do que marcar posições políticas e defender simplificações ideológicas, que podem acabar levando o tema meio ambiente a perder a potencial riqueza transformadora de paradigmas que ostenta.

O outro significado aqui aludido diz respeito à inserção do uso e conservação dos recursos naturais na pauta de negociação econômica e à intensificação do uso do conceito de desenvolvimento sustentável.

O vácuo deixado pela discussão insuficiente na sociedade em geral sobre desenvolvimento sustentável foi claramente preenchido pela apropriação funcional desse conceito por parte de governos e áreas do setor produtivo interessados em obter as melhores posições dentro do novo discurso e das novas regulamentações que dele possam advir.

Entre esse uso, altamente manipulável, e um outro, idealizado e vago, há todo um conjunto de especificações a serem definidas entre a sociedade e seus dirigentes, até mesmo para fornecer, aos partidos políticos e outras instâncias representativas, material e idéias passíveis de comporem programas e projetos de governo.

A primeira e inquietante pergunta é: de onde sairão — e sob quais compromissos — os recursos para financiar a formidável mudança tecnológica e de padrão produtivo necessários para viabilizar o uso sustentável dos recursos naturais?

Os debates aqui sugeridos são os herdeiros da Rio-92. Eles contêm grande parte da riqueza dos conteúdos implícitos nessa conferência que, por tê-los trazido à tona, já cumpriu um papel relevante. As responsabilidades do movimento ambientalista e da comunidade científica para solucionar os enigmas colocados pelo advento do fator meio ambiente passam a ser o tema mais instigante e requerem o máximo esforço intelectual e político nos próximos anos.

FÁBIO FELDMANN
DEPUTADO FEDERAL

SANEAMENTO NÃO É APENAS ÁGUA E ESGOTO!

Ao avaliar o surto de cólera que se alastra pelo Brasil, o engenheiro sanitário Ysnard Machado Ennes, professor da Escola de Engenharia da UFMG, ironiza a polêmica gramatical que o problema suscitou: “Antes de se discutir o combate à epidemia, questionou-se o sexo da doença.” Aqui, diz Ysnard, diante do despreparo das autoridades e da precária infra-estrutura sanitária do país, a cólera encontrou as condições ideais para multiplicar-se. O engenheiro da UFMG, também consultor da Organização Mundial de Saúde, afirma que ocasionalmente o surto é de cólera, “mas poderia ser de peste bubônica ou febre tifóide”. Nesta entrevista, ele avalia a política sanitária brasileira e faz um alerta: “Estamos com tudo pronto para receber a febre amarela.”

— A que o senhor atribui o reaparecimento no Brasil de doenças como dengue, febre amarela e cólera?

— Esse fenômeno se deve fundamentalmente a dois fatores surgidos na época do regime militar: a redução das campanhas de combate aos vetores e uma concepção limitada do que se entende por saneamento. Dos tempos de Oswaldo Cruz, quando foi controlado o maior surto de febre amarela registrado no país, até 1964, havia campanhas regulares de combate a vetores, inclusive no meio urbano. Com a quase supressão das verbas destinadas a essas campanhas, os mosquitos que estavam sob controle voltaram gradativamente a se multiplicar, gerando um efeito de bomba-relógio: os resultados não apareceram de imediato, mas sua repercussão está se fazendo sentir nos dias atuais. Hoje temos de volta, em 13 estados brasileiros, o transmissor da dengue e da febre amarela, o *Aedes aegypti*. Já foram também registrados surtos de febre amarela nas fronteiras do Brasil com a Bolívia e o Peru. O pânico que se criou em relação à cólera ameaça repetir-se em breve, em escala ainda maior, com o reaparecimento da febre amarela, exatamente onde ocorrem hoje os focos de dengue, já que o transmissor é o mesmo.

Quanto à limitação imposta ao conceito de saneamento, a repercussão extrapola as doenças transmitidas por mosquitos, evidenciando-se pela presença de doenças de veiculação hídrica e alimentar, como a atual epidemia de cólera.

— Por que a concepção de saneamento do regime militar era equivocada?

— A partir do regime militar, implantou-se no país o chamado Plano Nacional de Saneamento conhecido pela sigla de Planasa, que criou em cada estado uma concessionária pública de saneamento básico. Mas esses órgãos atuam apenas no abastecimento de água e eventualmente na implantação de redes de esgoto, sem qualquer compromisso com limpeza urbana, drenagem pluvial ou controle de vetores. Ora, saneamento básico não é apenas água e esgoto! Enquanto nas grandes cidades a política de saneamento deve englobar limpeza urbana, controle da poluição atmosférica e controle de alimentos, entre outras providências, no meio rural deve incluir, na pior das hipóteses, limpeza pública, drenagem pluvial e controle de vetores. O Plano Nacional de Saneamento criou a mistica de que bastaria cuidar do sistema de água e esgoto para instituir um saneamento básico eficiente. Nesse sentido, deseducou a população e as próprias autoridades. Mesmo no campo de sua atuação específica, o Planasa teve sérias limitações. Embora tenha resolvido satisfatoriamente o problema de abastecimento de água no país, atingindo cerca de 80% da comunidade urbana, atuou precariamente no que se refere a sistemas de esgoto, cobrindo menos de 50% das necessidades dessa população. Além disso, o plano não foi implantado no meio rural, deixando mais de 60 mil localidades em todo território nacional sem qualquer forma de saneamento, e excluiu também as regiões pobres dos centros urbanos. São exatamente as populações dessas áreas que servem hoje de caldo de cultura para o reaparecimento de moléstias. Acrescente-se ainda que o Plano Nacional de Saneamento impôs a centralização das decisões nos governos federal e estaduais, eliminando a participação comunitária. Isso impediu a municipalização, dificultou a educação sanitária da população e fortaleceu o autoritarismo das decisões políticas e técnicas no que diz respeito ao saneamento.

— Que outras doenças comuns no Brasil resultam da deficiência de sua política sanitária?

— Há hoje no Brasil oito milhões de chagásicos, 10% da população têm esquistossomose, 40% têm ancilostomose (a doença do Jeca-Tatu, conhecida como amarelão), 600 mil casos de malária são registrados no país a cada ano, 500 mil brasileiros têm hanseníase, doença que registra 35 mil novos casos a cada ano. Esse lamentável quadro reflete não só a falta de uma política sanitária eficiente como revela a ausência de medidas que deveriam ter sido adotadas no passado. É preciso fazer hoje um diagnóstico correto de nossa política de saneamento, para que esses problemas sejam eliminados e os erros de avaliação não se repitam.

— Como o senhor avalia a atual política de saneamento no Brasil?

— Trata-se de uma política de marketing, que falseia a realidade. O governo vem anunciando com grande estardalhaço verbas pequenas aplicadas em saneamento como se fossem volumosos recursos. Cria-se uma falsa imagem de uma política eficaz de saneamento, quando na verdade os problemas básicos ainda permanecem sem solução. O atual surto de cólera evidencia isso. Ela começou no norte e no oeste do Brasil, já está descendo pelo nordeste e tudo indica que chegará ao sudeste e ao sul do país. E o que é mais grave: tende a tornar-se endêmica no Brasil pela falta de saneamento. Teremos então de conviver com a cólera como se fosse natural, assim como já convivemos com a dengue, a malária e a leishmaniose. Se as verbas que o governo destina hoje para combater a cólera no Nordeste tivessem sido liberadas para obras de saneamento na região há um ano — logo que a doença atravessou nossas fronteiras —, não estaríamos correndo hoje atrás da porta arrombada. O combate à doença depende essencialmente do tratamento da água e do controle de esgotos, pois é através da poluição gerada pelos esgotos que a água se contamina. E como a boca é o único veículo pelo qual se contrai a cólera, é preciso que as fezes e vômitos dos doentes atinjam a água ou os alimentos para que o ciclo se feche. Ressalte-se também que essa é uma doença que admite portadores: para cada indivíduo doen-

te que apresenta os sintomas, há pelo menos três que são assintomáticos. Mesmo que se adotem medidas de natureza médica, a cólera e outras doenças epidêmicas similares só serão contidas efetivamente pelo saneamento. O Brasil está colhendo hoje o que plantou no passado, quando deixou um flanco aberto para a chegada de doenças de insalubridade do meio.

"Hoje quase 80% da população do país vivem nas cidades e as infra-estruturas sanitárias urbanas não suportam mais o contingente populacional que migrou do campo."

— *Há algum fator novo que explique o reaparecimento no Brasil da cólera e de outras doenças epidêmicas?*

— É preciso tratar a cólera dentro de um contexto e não como um acidente de percurso, como insistem as autoridades. A dengue já evidenciou esse erro, agora é a cólera e amanhã correremos o risco de ter a febre amarela, simplesmente porque fizemos o saneamento pela metade, sem controle dos vetores, dos esgotos e do lixo. Hoje quase 80% da população do país vivem nas cidades e as infra-estruturas sanitárias urbanas não suportam mais o contingente populacional que migrou do campo, provocando sua implosão. Ocasionalmente, temos hoje a cólera, mas poderia ter sido a febre tifóide, a peste bubônica. Na verdade, o país criou as condições ideais para que essas doenças se multiplicassem. Como a cólera é uma doença que vem grassando no mundo há 40 anos, encontrou no Brasil um campo fértil para se expandir. Antes da cólera, tivemos o surto de dengue, que foi precedido pelo de meningite. E certamente estamos com tudo preparado para a expansão da febre amarela.

— *Em termos de saneamento, que medidas podem e devem ser adotadas pelo governo para impedir a expansão de doenças epidêmicas?*

— Além de esforços direcionados ao abastecimento de água e a eficientes sistemas de esgoto, é preciso que se controlem os vetores e se organizem a limpeza pública e a drenagem pluvial. Hoje esses serviços são feitos precariamente pelas prefeituras, e o controle de vetores virou terra-de-ninguém. A Sucam, que no passado cumpriu esse papel com eficiência, infelizmente foi extinta. As campanhas de controle por ela empreendidas foram capazes de evitar doenças como a dengue e a febre amarela, e a urbanização da malária. Há dois anos, quando o surto de dengue voltou a atingir o Rio de Janeiro de forma mais marcante, foi preciso convocar o exército, pois não havia mais os 'mata-mosquitos' da Sucam. Doenças como malária, febre amarela, filariose, dengue e leishmaniose são combatidas principalmente através da eliminação dos vetores. É lógico que há também necessidade de se adotarem medidas paralelas. No caso da doença de Chagas, por exemplo, além do controle do inseto, devem-se melhorar as condições de habitação e impedir transfusões de sangue de pessoas doentes. Mas essas são medidas complementares. O fundamental é interromper o ciclo e para isso é necessário controlar os vetores. O que falta hoje no Brasil é um órgão sério como a Sucam. Já o Planasa foi gerenciado muito mais no nível bancário do que em termos de saúde pública. Seus engenheiros sanitaristas falavam mais em juros e ressarcimento do capital aplicado do que em mortalidade infantil, letalidade, morbidade. Houve na verdade um divórcio entre saúde pública e saneamento.

— *Em relação à poluição dos rios, que medidas os países industrializados adotam para evitar a proliferação de doenças?*

— No chamado Primeiro Mundo, a política de controle da poluição se faz ao longo das bacias hidrográficas. Embora nesse aspecto a legislação brasileira seja adequada, só recentemente começamos a aplicá-la no sentido de controlar a poluição industrial e urbana para evitar que os rios morram. Nesse sentido, porém, deve-se observar um fato pouco perceptível à imprensa e à população em geral. Questiona-se, com razão, a poluição de natureza industrial, mas não se dá a devida importância à poluição de origem urbana. Como na maioria dos estados o órgão responsável

por esse controle é co-irmão do que tem a concessão do sistema de água e esgoto, tem-se agido de modo paternalista em relação ao poluidor, representado pela concessionária pública. Como a demanda de água pela comunidade é maior, as concessionárias a priorizam, deixando o sistema de esgotos em segundo plano. Para se ter uma idéia, em Minas Gerais, a Copasa, órgão público considerado pelo Banco Mundial como padrão do Terceiro Mundo, tem a concessão de mais de 400 sistemas de abastecimento de água, mas atende apenas cerca de 20 dessas localidades no que diz respeito a esgotos. Acontece que, quanto mais água se distribui à comunidade, mais esgoto se produz. No meio rural, onde há uma convivência pacífica entre a fossa e o poço raso, isso é uma evidência. A água retirada por uma pessoa do poço raso é transformada em esgoto e lançada na fossa. A partir do momento em que é melhorado o abastecimento de água sem melhoria do sistema de esgotos, a cota per capita de água se eleva e a fossa, recebendo quantidade maior de esgoto, não mais o comporta, fazendo-o aflorar no terreno. O bom abastecimento de água evidencia a fragilidade do sistema de esgoto. Quando o esgoto começa a correr a céu aberto, provoca doenças. Como as prefeituras não estão aparelhadas para o tratamento de esgotos, eles são lançados em estado bruto nos cursos d'água. Em vista disso, os maiores poluidores de rios que temos em vários estados são as próprias concessionárias públicas de água e esgoto, que não são acionadas com o mesmo rigor adotado para os poluidores industriais.

"Como as prefeituras não estão aparelhadas para o tratamento de esgotos, eles são lançados em estado bruto nos cursos d'água."

“Vivemos uma situação em que a cólera serve de cunha para exhibir a fragilidade de nosso sistema sanitário. Existem hoje outras doenças que podem matar mais que a cólera se não forem adotadas medidas imediatas.”

— *Quais são os grandes problemas do país na área de saneamento?*

— O somatório desses problemas chega a assustar. O mais grave é ainda o problema do subdesenvolvimento cultural, pior do que o econômico. Enquanto prevalecer no país esse tipo de mentalidade paternalista, que deseducou o homem, tornando-o dependente do governo para solucionar seus problemas, enquanto inexistir a educação sanitária, enquanto o governo não entender que saneamento é prioridade, enquanto não se vincular saneamento a saúde pública, enfrentaremos os problemas de saneamento através de medidas isoladas. Na maioria dos casos, temos corrido atrás do prejuízo, quando se sabe que o saneamento é essencialmente profilático. No caso dos surtos de cólera, dengue e de outras doenças, as medidas foram acionadas depois do problema já instalado. Entretanto, é muito mais barato fazer saneamento do que tentar combater as doenças através do atendimento médico, aumentando o número de leitos hospitalares ou o número de hospitais. As obras de prevenção no campo do saneamento e da medicina, como a vacinação, são medidas bem mais baratas.

— *O senhor poderia falar sobre os mecanismos de transmissão da cólera?*

— Volto a insistir: embora a cólera seja uma doença específica, está num contexto em que a falta de saneamento cria as condições tanto para seu aparecimento e propagação como para que outras doenças também se propaguem. Estaremos prestando um malefício ao país se ficarmos nos enganando com a idéia de que o surto de cólera não está relacionado ao quadro de saneamento atual. Vivemos uma situação em que a cólera serve de cunha para exhibir a fragilidade de nosso sistema sanitário. Existem hoje outras doenças que podem matar mais do que a cólera se não forem adotadas medidas imediatas. Reportando-nos ao caso específico da cólera, sabe-se que é uma doença cuja transmissão se faz através da ingestão de água e alimentos contaminados e do contato da boca com objetos infectados. A porta de entrada do vibrião cólerico é necessariamente a boca. Essa bactéria não entra pelos poros nem através de feridas. Há também situações que favorecem a disseminação da doença, como a ingestão de frutos do mar. Embora a água do mar ofereça risco pequeno de transmissão da cólera, quer por suas características químicas quer pela quantidade de vibriões necessários para se contrair a moléstia, os frutos do mar filtram uma quantidade tão grande de água que agem como concentradores do vibrião.

— *Considerando que o Brasil não dispõe ainda de uma infra-estrutura sanitária adequada, que tipo de medidas emergenciais podem ser adotadas para impedir que essas doenças avancem?*

— As medidas de emergência devem variar segundo cada doença. No caso da cólera, deve-se promover de imediato uma campanha de educação sanitária esclarecedora, semelhante à campanha do soro caseiro para a diarreia infantil. Essa campanha foi eficaz porque usou uma linguagem simples, clara e acessível. Outra medida emergencial é a desinfecção doméstica da água. A fervura, embora eficaz, é uma medida impertinente, pois requer que a população gaste mais dinheiro com gás. É bem mais fácil pedir para que se coloquem duas gotas de água sanitária em um litro de água e esperar de 20 a 30 minutos para sua total desinfecção. A água apenas filtrada não oferece segurança, pois os vibriões passam pela porosidade do filtro. Quanto à febre amarela, a questão crucial é o controle do mosquito. O *Aedes aegypti* é um mosqui-

to exigente, pois não se multiplica em qualquer água, ao contrário do transmissor da filariose (*Culex fatigans*), que se reproduz em qualquer poça de água suja. O mosquito da febre amarela gosta da água limpa encontrada em jarros de flores dentro de casa, em bromélias e em outras plantas silvestres ou na que fica depositada em pneus e caixas de água destampadas. Combater a dengue e a febre amarela requer que se conheça a biologia do transmissor, para controlá-lo também através de inseticidas.

— *Mas o uso de inseticidas não causa danos ambientais?*

— O ideal é desenvolver métodos de controle biológico. Em algumas situações isso é fácil de se fazer. Sempre que se projetam lagos paisagísticos diante de edifícios, são colocados peixes na água para comer larvas de mosquitos e impedir sua propagação. Em lagoas, esse controle também é feito através dos peixes. Mas isso nem sempre é possível. Nos casos em que a água fica depositada em garrafas e latas, o máximo que pode ser feito é o controle pela educação sanitária, evitando que a população jogue esse tipo de objetos em lotes vagos. O ideal é conciliar educação popular com métodos de controle biológico. Mas num país tropical como o nosso, o controle através de inseticidas ainda é necessário, até que no futuro possamos eliminar esses transmissores através do controle biológico. Enquanto isso, a solução é usar o inseticida de ação residual maior e que seja menos tóxico.

“Combater a dengue e a febre amarela requer que se conheça a biologia do transmissor, para controlá-lo também através de inseticidas.”

— *Que precauções a população deve adotar para evitar a proliferação de doenças desse tipo?*

— O processo educativo-participativo é de suma importância. A partir do momento em que a comunidade puder se manifestar sobre os serviços de água e esgoto, expressando às autoridades sua demanda em relação a esses serviços, será possível falar em participação e esperar dela algum retorno. Infelizmente nossa tradição ainda está mais próxima da exploração. Nossos mutirões, por exemplo, são uma forma disfarçada de se obter mão-de-obra barata e não uma forma de participação efetiva da comunidade na solução de seus problemas. Temos que entender que o governo é apenas um grupo que ocupa o poder momentaneamente e que não pode assumir sozinho a responsabilidade de resolver tudo, pois os problemas são comunitários. Por não ter esse tipo de mentalidade, o Brasil está atrasado cerca de 25 anos em relação a abastecimento de água e 50 anos em relação a sistemas de esgoto. É preciso que a comunidade possa propor medidas e atue no sentido de aplicá-las, para que o problema de saneamento seja resolvido através do esforço coletivo.

— *O senhor acredita que a cólera chegou para uma longa permanência, como profetizou o cientista francês Jean-Pierre Fournier, do Instituto Pasteur?*

— Concorro por uma razão muito simples: o Brasil preparou o terreno para que a cólera e outras doenças de insalubridade se instalassem. Quando alcançam um país nessas condições, tais doenças deixam de ser epidêmicas para se transformar em endêmicas, ali permanecendo. Muitas doenças fazem esse percurso no Brasil. Quando encontram um ambiente não-saneado, elas se instalam confortavelmente. A cólera encontrou no país as condições ideais para repetir a história que traçou na África. Além disso, a imunidade obtida para a cólera é muito curta: varia de 30 a 90 dias apenas. Como não existe ainda uma vacina eficiente — a atual sequer é recomendada pela OMS —, a doença vai e volta, como ondas. Atualmente, a cólera atinge as camadas mais pobres da população, que convivem diretamente com a falta de saneamento e têm menor resistência. Mas essa é uma doença democrática, pois através do convívio das pessoas pobres e doentes com as camadas mais favorecidas, ela automaticamente chegará também a este grupo. Enquanto a cólera estiver restrita à população pobre, a sensibilidade do governo para seu efetivo combate será pequena. Mas, a partir do momento em que chegar às elites, aí sim as pressões surtirão efeito, impondo medidas preventivas, além das corretivas. Nesse aspecto, embora a doença seja lamentável, sua expansão poderá beneficiar o saneamento. O mesmo podemos di-

zer da febre amarela. O mosquito que pica uma pessoa doente na favela pode picar uma pessoa sadia num condomínio de luxo vizinho.

— *As autoridades já estão cientes dos riscos de expansão da febre amarela no país?*

— Antes de deixar o cargo, o ex-ministro Alcení Guerra disse ter mais medo da febre amarela do que do surto de cólera. Mas, diante do desmantelamento da estrutura da Sucam, o controle da febre amarela é atualmente muito difícil. Os órgãos responsáveis pela prevenção foram desativados, incorporados a outras estruturas ou desacreditados. O Ministério da Saúde precisa entender que o controle de vetores é a principal forma de combater as doenças por eles transmitidas. Se isso não for feito já, essas doenças vão se expandir cada vez mais. Vivemos num país tropical, onde os mosquitos se sentem absolutamente em casa. Além disso, é preciso que o governo encare com seriedade um programa de educação sanitária em todos os níveis, da escola primária à universidade.

MARISE MUNIZ,
CIÊNCIA HOJE, BELO HORIZONTE

A SOBREVIVÊNCIA DA CIÊNCIA

ASSINE JÁ

São Paulo

Tel.: (011) 211-5008

(011) 211-0933

Rio de Janeiro

Tel.: (021) 295-6198



RECEITA PARA UM MUNDO MELHOR

Para os participantes do Simpósio Internacional sobre Ecologia e Agricultura Sustentável nos Trópicos, "a biodiversidade é um patrimônio da humanidade e sua preservação deve ser compartilhada por todos os povos". Essa foi só uma das recomendações do encontro que debateu ainda re-

florestamento, bioenergia, Amazônia e Cerrado, com ênfase para a agricultura dessas duas regiões.

O simpósio, promovido pela Academia Brasileira de Ciências e pela Unesco, reuniu no Rio de Janeiro, de 3 a 6 de fevereiro deste ano, estudiosos dos problemas da

agricultura nos trópicos e seus possíveis efeitos sobre os recursos naturais e a qualidade de vida das pessoas.

As recomendações aprovadas na sessão de encerramento (veja quadro abaixo) devem ser encaminhadas à representação do governo brasileiro na Rio-92.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Biodiversidade

É patrimônio natural da humanidade. Sua preservação deve ser compartilhada por todos os povos.

Agricultura Sustentável

- Para ser efetivamente sustentável, a agricultura deve satisfazer as necessidades básicas das gerações atuais e futuras, valendo-se de métodos que conservem os recursos genéticos vegetais e animais, o solo, as águas e que sejam tecnicamente apropriados, economicamente viáveis e socialmente aceitáveis.
- A crescente população do Brasil e do mundo requer a implementação e o aperfeiçoamento de tecnologias já disponíveis, assim como o desenvolvimento de novas alternativas energéticas mais compatíveis com a conservação do meio ambiente e a realidade social de cada região.
- O aumento da produtividade da agropecuária brasileira, através de tecnologias apropriadas, é um instrumento de preservação ambiental por reduzir as pressões de desmatamento em áreas com pouca vocação para a agricultura intensiva. A iniciativa política será fundamental para operacionalizar ações que permitam a modernização da agricultura e a consolidação definitiva da vocação agropecuária do Brasil.
- Processos biológicos que aumentem a eficiência de insumos agropecuários modernos, que reduzam ou substituam a aplicação destes sem queda de produtividade, devem receber atenção especial dos centros de pesquisa. O financiamento privado e o governamental devem priorizar a implementação de tecnologias já desenvolvidas.
- Os recursos hídricos do solo e do subsolo em áreas cultivadas devem ser avaliados para fins de irrigação, seu uso real e potencial monitorados em consonância com as características edafoclimáticas de cada região.
- A integração de pesquisas em biotecnologia básica e aplicada teve papel decisivo no desenvolvimento de tecnologias ecológica e economicamente viáveis no Brasil. O seu contínuo apoio pelo governo e a iniciativa privada é indispensável para evitar sua paralisação.

Amazônia

- A ocupação da Amazônia, por razões estratégicas, deve ser cuidadosamente planejada e monitorada em consonância com os interesses dos países do Pacto Amazônico e deve ter por base o zoneamento ecológico-econômico da região. Para tanto, são indispensáveis mais investimentos em pesquisas básicas e aplicadas. Estas devem ser direcionadas ao aumento do conhecimento da região e de seus recursos e ao desenvolvimento de sistemas produtivos que sejam tecnicamente apropriados, economicamente viáveis e socialmente aceitáveis.

- O uso de áreas já desmatadas na Amazônia para a produção competitiva e sustentável de produtos agropecuários é viável desde que a pesquisa necessária para desenvolver tecnologias apropriadas receba os recursos necessários para esse fim. Os cultivos arbóreos e sistemas agroflorestais devem receber atenção especial por serem alternativas de uso racional da terra, contribuindo para reduzir a agricultura migratória e propiciar maior diversificação das fontes de renda do homem do campo.
- O extrativismo é necessário para a subsistência das atuais populações que dependem dessa atividade. Entretanto, as baixas produtividades a médio e longo prazo, decorrentes de influências externas, levam à perda de competitividade e provocam o gradativo declínio da atividade. Portanto, as reservas extrativistas são recomendadas como iniciativa provisória até serem substituídas por sistemas mais produtivos.

Reflorestamento

- Recomenda-se promover nacional e internacionalmente o reflorestamento urgente de áreas tropicais degradadas, não só para recuperar solos e meio ambiente, mas também para fornecer madeira que, além de suprir necessidades tradicionais e bioenergéticas, possa ainda substituir economicamente metais e plásticos na indústria.
- A sustentabilidade da produção de madeira na região amazônica requer que o governo federal crie reservas de produção ('florestas nacionais'). As reservas, criadas até agora por decretos, representam tão-somente 15% da necessidade real de imobilização de florestas para atender à demanda industrial.

Bioenergia

- Todas as alternativas para se obter energia pela produção de biomassa precisam ser exploradas, porque são a longo prazo a única possibilidade para inverter o efeito estufa provocado pela queima de combustíveis fósseis.
- A pesquisa em bioenergia deve receber com prioridade mais apoio político e financeiro. Os aspectos econômicos e principalmente os ecológicos, com seus impactos sociais (interiorização da população), são necessários para a sua avaliação.
- O programa brasileiro do álcool (Proálcool) é o melhor exemplo no mundo da viabilidade da bioenergia de grande porte. Seu balanço energético altamente positivo (a energia gasta menor que a energia produzida) é chave para qualquer programa desse tipo. Pesquisas feitas no Brasil indicam a possibilidade de dispensar o uso de fertilizantes nitrogenados na cultura de cana-de-açúcar. Essa tecnologia pode a curto prazo aumentar o balanço energético de três para seis, com possibilidade a médio prazo de chegar a rendimentos ainda mais elevados pelo aproveitamento do bagaço e da palha da cana para geração de energia elétrica.

PESQUISA EM QUÍMICA SE DIVERSIFICA

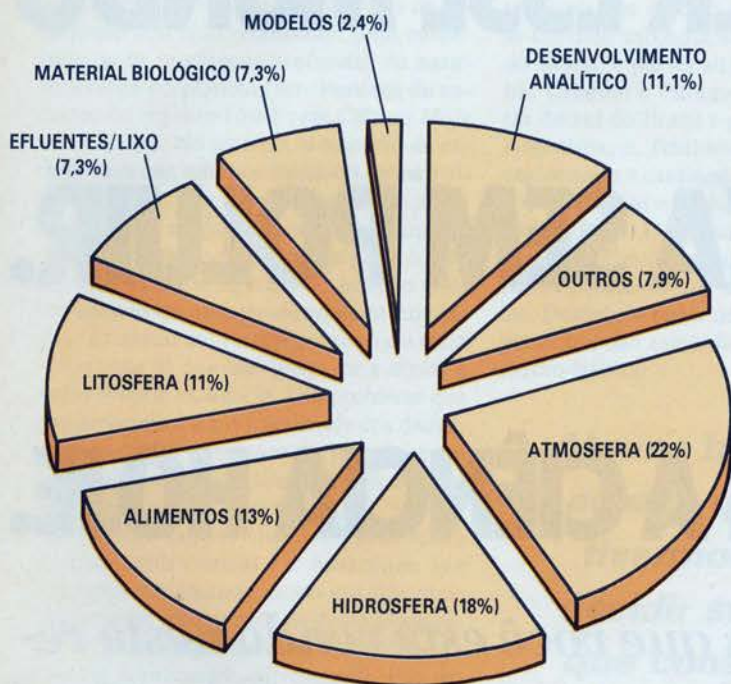


FIGURA 1. Distribuição dos trabalhos em relação às matrizes estudadas.

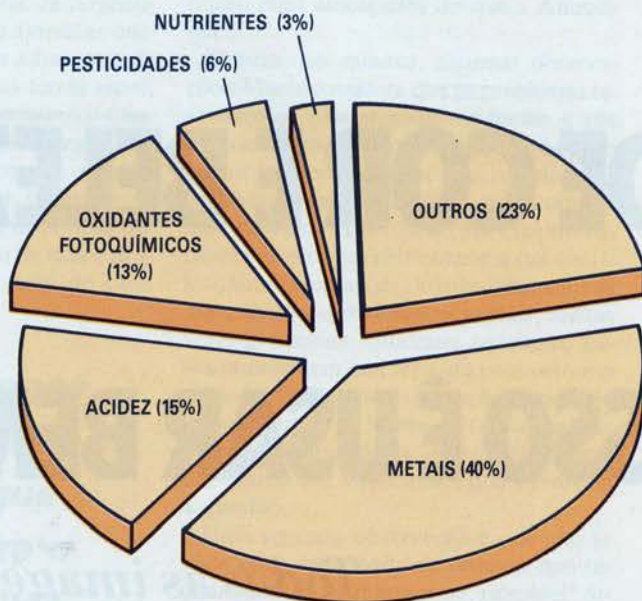


FIGURA 2. Distribuição dos trabalhos segundo a espécie química determinada.

A té o início da década de 1980, a pesquisa em química ambiental, no Brasil, estava restrita à poluição ambiental e se dedicava à determinação de substâncias químicas na atmosfera, hidrosfera e litosfera, com ênfase na segunda. No decorrer dos últimos anos, entretanto, pôde-se observar uma ampliação na sua linha de atuação, o que resultou na difusão de grupos de pesquisa voltados para a abordagem da poluição ambiental como um todo, das transformações das substâncias químicas, bem como para o desenvolvimento de instrumentos e modelos a serem utilizados no monitoramento ou estudo do ambiente. Paralelamente, a química analítica, ao se voltar também para o estudo do ambiente, tem se afastado da postura de 'analisar por analisar', e se aproximado do desenvolvimento de metodologias aplicadas a problemas ambientais definidos.

Através dos trabalhos sobre química ambiental apresentados em congressos, no país, de 1990 a 1992, observa-se que a atual

ênfase vai para a pesquisa na atmosfera, seguida pela hidrosfera, alimentos, litosfera, materiais biológicos, efluentes/lixo e desenvolvimento e/ou aplicação de modelos (figura 1). Verifica-se que a hidrosfera, a estratosfera e a litosfera continuam atraindo o maior número de trabalhos; entretanto, um número expressivo (11,1%) envolveu o desenvolvimento de metodologias analíticas sem um problema ambiental definido. Com relação à espécie química, a maior concentração de trabalhos versou sobre a determinação de metais e sua utilização em modelos de distribuição ou transporte de espécies químicas. Outras espécies que se destacaram: a determinação de ácidos e ânions em água de chuva ou na hidrosfera; oxidantes fotoquímicos na atmosfera; pesticidas em alimentos, materiais biológicos, litosfera e hidrosfera; e nutrientes em ambientes estuarinos (figura 2).

Apesar da modificação positiva verificada nos objetivos dos estudos em química ambiental realizados no país, deve-se assi-

nalar a permanência das dificuldades relativas à aquisição de novos equipamentos, parte de componentes e insumos, na maioria das vezes essenciais para o início ou continuidade dos projetos de pesquisa. Também torna-se necessário destacar que a escassez dos recursos destinados à ciência e tecnologia está colocando em risco o prosseguimento dos trabalhos em andamento e a própria sobrevivência dos poucos grupos que atuam nessa área.

Uma avaliação mais detalhada sobre a pesquisa em química ambiental no Brasil, incluindo as técnicas analíticas utilizadas e as instituições onde os trabalhos estão sendo desenvolvidos, estará sendo publicada brevemente na revista *Química Nova*.

JAILSON BITTENCOURT DE ANDRADE
INSTITUTO DE QUÍMICA,
UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA

NOSSA INDÚSTRIA AJUDA A ENCHER ESSE MUNDO DE COR E BELEZA SEM POLUIR. ISSO É USAR BEM A CIÊNCIA HOJE.

Todas as imagens que você está vendo nesta revista passaram pelas máquinas da Quimigráfica/Brascolor. Usando a técnica mais avançada desse mundo. É bom poder ajudar a fazer um planeta mais bonito, colorido e inteligente. E o que é melhor, sem poluir nada.



**QUIMIGRÁFICA
BRASCOLOR
STÚDIO GRÁFICO LTDA.**

Rua Sinimbú, n.º 485 - São Cristóvão - CEP: 20.910 - Rio de Janeiro - RJ.
Tel.: 284-4522 - Plantão: 284-4912 - Telex: 21 23653 - Fax: 264-4396.

ESTOCOLMO-72 x RIO-92

Carlos Chagas Filho foi dos primeiros brasileiros a estimular a participação do nosso país nas discussões internacionais sobre meio ambiente, numa época em que a questão ecológica era subestimada e até mesmo ignorada entre nós. Como embaixador e delegado permanente do Brasil junto à Unesco, muito batalhou para que o país ganhasse maior projeção na área de ciência e tecnologia e participasse das discussões sobre a saúde do planeta, anteriores à reunião de Estocolmo, de 1972. No ano da Rio-92, em que completará seu 82º aniversário, ele fala a *Ciência Hoje* sobre a necessidade de deixar de lado o cunho promocional e de dar à conferência um caráter eficiente e positivo. Mas isso só será alcançado, na sua opinião, se os brasileiros se livrarem do 'espírito do colonizador', tão arraigado em nossa cultura.

— Vinte anos após a primeira conferência sobre meio ambiente realizada em Estocolmo, quais foram, na sua opinião, as mudanças mais significativas? Como se situa o Brasil às vésperas da Rio-92?

— Eu me envolvi muito com a questão do meio ambiente quando estava representando o Brasil junto à Unesco, época em que era também presidente do Comitê das Nações Unidas para o Desenvolvimento Científico e Tecnológico dos Países Subdesenvolvidos. Nessa ocasião, recebi um pedido para organizar uma espécie de roteiro para a conferência de Estocolmo, junto com outros professores de várias nacionalidades. Estava então muito desapontado com a falta de interesse do Brasil pela questão ambiental. Em 1968 tinha havido na Unesco, em Paris, uma conferência internacional de intercâmbio científico sobre o homem e o meio ambiente. Apesar da minha insistência, não consegui que o Brasil mandasse sequer um delegado para o encontro. A delegação acabou sendo composta por mim mesmo e por um estudante brasileiro de geologia que se encontrava em Paris e que chamei para me ajudar. Como eu era vice-presidente dessa conferência, não pude nem sentar no lugar destinado à delegação brasileira. Esse foi apenas um fato que ilustra a desatenção que havia por parte do Brasil para com essa questão.

A questão ambiental foi considerada durante muito tempo sob o aspecto — muito importante e quase que poético — da conservação das espécies animais e vegetais, mas era uma visão um pouco limitada. Quando se tomou consciência de que a ação do homem era realmente devastadora, a focalização foi além da simples proteção do meio ambiente e passou a se dirigir para o que se chama de desenvolvimento sustentável. Se utilizarmos as riquezas naturais sem substituição ou sem previsão do futuro, em pouco tempo a humanidade enfrentará uma situação extremamente difícil.

Acredito que a reunião será de grande importância sob o ponto de vista da proteção aos recursos naturais sem prejuízo para o desenvolvimento, para que possamos sobreviver. A tecnologia tem uma contribuição substitutiva importante, mas não pode resolver todos os problemas. Por isso, devemos proteger o que temos durante o maior tempo possível para que não haja uma falência das condições de vida humana. Isso diz respeito não apenas à devastação dos recursos naturais, como também ao modo de vida nas cidades, que está se tornando um verdadeiro inferno.

— A reunião de Estocolmo teve alguma consequência direta para o Brasil?

— Até então não tínhamos noção do que significava preservar o meio ambiente. Após a conferência, houve grande rebuliço e o Brasil começou a pensar no assunto. Essa repercussão foi importante não só para o Brasil como também para outros países do Primeiro e Terceiro Mundo.

— O que se espera da Rio-92?

— Provavelmente haverá muitas proclamações, recomendações e regras. Mas a mais importante das conclusões, a meu ver, será mostrar que os grandes poluidores do ambiente são os países desenvolvidos. É evidente que, após a reunião, não vão se resolver todos os problemas, mas haverá um princípio de movimento, e isso é muito importante porque as coisas não se fazem de um momento para o outro. Só acontecem, infelizmente, de forma lenta.

— O senhor acredita que ocorra uma aproximação entre Norte e Sul, isto é, que a questão do homem e seu meio contribua também para diminuir as diferenças entre

o Primeiro e Terceiro Mundo? Este poderá vir a ser também um resultado da reunião?

— Acho que sim. O problema é que os países em desenvolvimento têm que assumir as suas próprias responsabilidades. Não podemos querer que tudo venha dos países desenvolvidos, que, por sinal, têm procedido de uma maneira muito ruim. Mas temos que ter a convicção de que uma parte do que deve ser feito tem que ser feita por nós mesmos, com esforços e, até mesmo, com recursos nacionais, definindo prioridades, entre as quais o meio ambiente tem uma importância capital.

— Tem se falado muito na necessidade de uma revolução ecoindustrial, de um desenvolvimento que possibilite o crescimento sem destruição do que se tem. O Brasil, particularmente, na época em que houve a primeira conferência sobre meio ambiente, seguia mais uma política de esbanjamento, alimentada por uma falsa idéia de inextinguibilidade. Hoje, a experiência mostra que os limites estão mais aquém do que se pensava...

— Nós vivemos num Brasil ilusório, cheio de otimismo, justificável apenas sob alguns aspectos. A verdade é que nunca tivemos uma visão prospectiva. Isso vem de nosso sistema colonial. Desde a época do Império até hoje mantemos o que eu chamo de 'espírito do colonizador', o que se traduz em ganhar dinheiro o mais rapidamente possível sem se preocupar com o futuro. Tiramos da terra o máximo sem olhar para as próximas gerações. É preciso abandonar esse espírito do colonizador temporário que temos arraigado em nós.

— O senhor acredita que pelo fato de acontecer no Brasil a reunião possa ter maior influência sobre nós brasileiros, no sentido de ajudar a mudar essa mentalidade de imediato?

— Acho que sim, mas vai depender muito de não se fazer da conferência um ato de promoção, mas sim uma reunião efetiva e positiva.

ALICIA IVANISSEVICH
CIÊNCIA HOJE, RIO DE JANEIRO

UM *TEPUI* NO RITMO DA DESTRUIÇÃO EM RORAIMA

No extremo norte do Brasil, na região de fronteira com a Venezuela e a Guiana, avistam-se gigantescos blocos rochosos de forma tabular e litologia predominantemente arenítica. São verdadeiras esculturas geológicas, que receberam, nesta região, a denominação de *tepui*, termo indígena do grupo Pêmon, usado para designar as montanhas encontradas na *Gran Sabana* venezuelana e proximidades, que apresentam forma semelhante a uma mesa. Do ponto de vista geomorfológico, essas elevações são testemunhos residuais de antigas superfícies terrestres, que, submetidas através dos tempos a violenta ação erosiva, alcançaram a atual estrutura tabular.

Por se localizarem numa série geológica muito antiga, que remonta ao Pré-Cambriano, e representarem sítios ecológicos bem distintos de outros já conhecidos, os *tepuyes* (na língua indígena) e toda a região à qual pertencem vêm provocando, desde o início do século XIX, o fascínio de naturalistas e estudiosos do país e de diversas partes do mundo. Impulsionados pela busca do novo, do inusitado, eles empreenderam longas expedições de proveito único para a ciência, das quais resultaram estudos em diferentes áreas do conhecimento científico.

Do lado brasileiro, nesta região de fronteira, poucos exemplos existem dessas montanhas tabulares que se enquadram no conceito de *tepui*. O monte Roraima, com 2.875 m de altitude, que estimulou a imaginação de Arthur Conan Doyle em seu *The Lost World* (1912), é o exemplo mais típico, pois tem despertado a atenção de vários estudiosos desde as expedições dos irmãos Schomburgk à região (1838-1842), como parte integrante de uma zona de vida bem diversificada e por sua imponente grandiosidade, até então ainda inatingida.

A primeira escalada ao topo do Roraima foi feita em dezembro de 1884 por Everard F. Im Thurn e Harry Perkins, que abriram as portas para uma série de expedições, das quais vale destacar pela importância histórica e/ou científica a do então general Cândido Rondon, inspetor de fronteiras à época (1927-28), que seguiu o mesmo trajeto que Im Thurn & Perkins, e a do zoólogo G.H.H. Tate, do Museu Americano de História Natural, que realizou a subida também em 1927-28 e que, através de suas observações, deu início ao questionamento sobre a possível existência de uma



Localização e limites da serra do Tepequém. 1) rio Amajari; 2) ilha de Maracá; 3) rio Uruicuera; 4) Rio Branco; serra do Tepequém; Boa Vista.

zona biogeográfica própria das partes mais altas daquelas montanhas tabulares.

Entretanto, somente em 1991, entre 11 e 16 de fevereiro, a escalada da face brasileira do Roraima — considerada por muitos uma proeza quase impossível — foi completada por três alpinistas de São Paulo (Luiz Makoto, Michel Bogdanowicz e Hugo Arnelin) que conseguiram superar as dificuldades oferecidas pela formação arenítica, de fácil desagregação sob contato físico, e pelo paredão de 450 m de altura, que se estende deste lado da fronteira, apresentando inclinações por vezes superiores a 90°, o que torna a escalada uma aventura sem igual.

Outro *tepui* brasileiro da mesma relevância é a formação da serra do Tepequém, situada em uma área limítrofe entre o estado de Roraima e a Venezuela. Numa zona de transição entre campos e floresta virgem, esse *tepui* se eleva a pouco mais de 1.200 m de altitude no seu ponto mais al-

to, localizado geograficamente cerca de 200 km a noroeste, por estrada, da cidade de Boa Vista, entre o rio Amajari (ao norte) e a ilha de Maracá (ao sul). A formação se encontra atualmente em avançado estado de destruição ambiental, decorrência exclusiva da intensa garimpagem de diamantes lá praticada há mais de 50 anos.

A história do garimpo no Tepequém é cercada de lendas e informações desconstruídas, mas iniciou-se provavelmente no verão de 1937-38, sob o comando de Mezach Breunztz, conhecido como Bruston, natural da Guiana Holandesa (hoje Suriname). Com dois companheiros e recursos fornecidos por fazendeiros da região do Amajari, Bruston, após algumas tentativas infrutíferas, conseguiu finalizar sua exploração. Desiludido, abandonou a atividade garimpeira em meados da década de 1950, após violento episódio que culminou no assassinato do administrador do garimpo.

Entretanto, a partir desta primeira subida, centenas de pessoas à procura de enriquecimento rápido seguiram o mesmo caminho. Entre 1941-43, segundo o geógrafo Antônio Teixeira Guerra, cerca de mil pessoas lá estavam estabelecidas, 400 das quais garimpeiros. Um relatório da Campanha de Erradicação da Malária, de 1965, chegou a registrar a presença de cerca de três mil habitantes, infelizmente sem definir a data precisa da análise. Em 1991, a administração da Vila do Tepequém registrou algo em torno de 1.800 pessoas, sendo 600 garimpeiros, instaladas precariamente em barracos de palha ou barro e vivendo ainda em função do agora escasso diamante. É interessante salientar que o número atual deve ser maior, pois alguns dos garimpeiros retirados da reserva indígena Yanomami devem ter se dirigido ao Tepequém.

A situação atual, porém, não retrata o período de euforia e fartura mineral ocorrida logo após o descobrimento do garimpo. Durante toda a década de 1940, a antiga Mesa de Rendas, vinculada à Prefeitura Municipal de Boa Vista, registrou as maiores produções de diamantes em Roraima, que atingiram 28 mil quilates em 1944 e 19 mil em 1947, sendo o garimpo do Tepequém responsável pela quase totalidade desses números. Estima-se que tais valores tenham sido ainda maiores, pois o melhor preço oferecido nos países vizinhos e a falta de fiscalização estimulava o contrabando para o exterior, sobretudo através da Venezuela e da Guiana Inglesa (hoje Guiana).

A seção tabular da serra do Tepequém, formadora da mesa de arenito propriamente dita, ainda permanece quase intocada, em virtude da maior dificuldade de acesso e da não existência de diamantes naquele local. No entanto, a bacia situada na sua base, onde estão instaladas dezenas de máquinas de lavra, sofreu um inteiro desfiguramento, e a paisagem inicial mostra modificações marcantes, decorrentes da ação antrópica.

Atualmente, manchas de vegetação arbórea são apenas encontradas nas nascentes ou nas quedas d'água: toda a mata de galeria dos igarapés foi destruída pela intensa movimentação do solo em suas margens, já que se trata de um garimpo de aluvião. Florestas de maior envergadura estão concentradas nas áreas de menor declive, situadas na encosta oeste, e formam um elo de ligação com a mata que circunda o Tepequém.

Todos os fluxos fluviais que servem de drenagem a essa microbacia hidrográfica perderam seu trajeto inicial, sendo impossível reconhecer os leitos originais. Os igarapés do Paiva, Cabo Sobral e Barata, com os seus trechos de plainadas maiores, que propiciam uma extração mais vantajosa, são os principais corredores de escoamento. Por isso mesmo, são também os mais atingidos, encontrando-se em lamentável estado de destruição.

Outro dado importante a registrar é o completo desaparecimento dos peixes em toda a área: nenhum exemplar é encontra-

do nas águas lamacentas. Não acredito ser um exagero afirmar que grande parte da riqueza biológica do sítio — e portanto uma parte do patrimônio genético dos seus domínios — simplesmente se exauriu diante da intensa ação predatória do homem. O resultado de todo um período evolutivo abalou-se profundamente com as desastrosas modificações ambientais ocorridas nessa área do Tepequém.

A partir de verificações realizadas nas bordas da mata, durante viagens feitas entre 1989 e 1991, pude constatar um aparente recuo das áreas ainda florestadas em favor da vegetação aberta. As áreas de campo, naturalmente existentes no Tepequém e compostas de espécies tipicamente oportunistas, ano a ano parecem penetrar vagarosamente nos espaços ocupados pelas manchas de mata e pela floresta a oeste da área. Tal fato pode ser atribuído a seguidas e constantes queimadas nos campos naturais, que se destinam, segundo os habitantes, a 'melhorar o pasto' para as cerca de 300 cabeças de gado bovino ali instaladas.

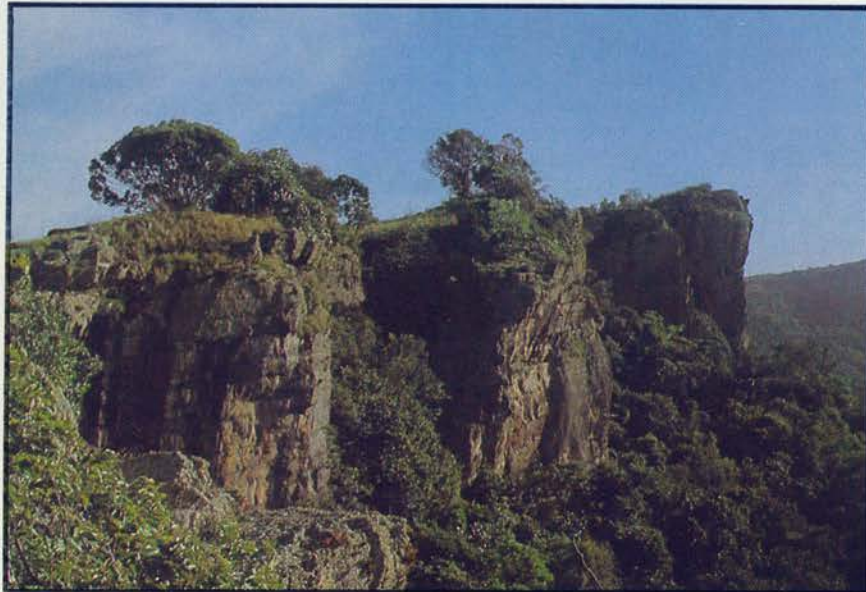
O fogo destrói continuamente a linha divisória entre floresta e área de campo, causando sérios danos ou mesmo a morte de espécies arbóreas. É difícil determinar quanto a ciência perdeu no Tepequém nesses anos de intensa exploração humana, mas provavelmente espécies da flora e da fauna desse sistema já desapareceram ou estão próximas do fim. Algumas expedições tiveram oportunidade de passar por esse *tepui* na tentativa de

O resultado de todo um período evolutivo abalou-se profundamente com as desastrosas modificações ambientais.



A seção tabular da serra do Tepequém (aqui vista da trilha do Ouro Fino) ainda permanece quase intocada.

FOTO CEDIDA PELO AUTOR



Blocos de arenito, encontrados a 1.100 m de altitude, testemunham um passado geológico que remonta ao Pré-Cambriano (à esquerda). Hoje, com a exploração de diamantes, os cursos d'água, como o igarapé do Paiva (foto menor), já perderam seu traçado original ou estão poluídos, como o igarapé do Meio (embaixo).



Os moradores da região dizem: "Antigamente podia-se até beber destas águas, agora tão lamacentas e cheirando a óleo..."



FOTOS CEDIDAS PELO AUTOR

recolher o maior número possível de informações. Na década de 1950, destacaram-se a de Otávio Barbosa e José de Andrade Ramos, pela Superintendência do Plano de Valorização da Amazônia, e a de Antônio Teixeira Guerra, pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e Conselho Nacional de Geografia. Ambas trataram sobretudo dos aspectos geográficos e geomorfológicos de algumas regiões do atual estado de Roraima. Em fevereiro de 1967, a expedição de Ghilleen Tolmie Prance, pelo Projeto *Plants of Brazilian Amazonia*, dedicou-se à coleta de plantas desde a base do Tepequém até o seu ponto mais alto, chegando ao final da viagem com um total de 274 es-

pécies, somente da flora desta formação, sem contar as regiões próximas. Uma das expedições do Projeto Flora Amazônica — trabalho conjunto do New York Botanical Garden, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia e Museu Paraense Emílio Goeldi — também fez coletas de material botânico em 1986.

Diante de sua importância para o conhecimento científico, é fundamental que tais sítios ecológicos e, por conseguinte, processos evolutivos neles instalados, tenham a oportunidade de sobreviver e ser preservados, pela enorme fragilidade naturalmente imposta a tais áreas. Uma solução permanente para o Tepequém terá que ser bus-

cada junto com a comunidade ali instalada. É imprescindível que toda atividade garimpeira seja paralisada, pois caso isso não aconteça, qualquer tentativa de recuperar o ecossistema ficará restrita à superficialidade do conceito de recuperação/conservação. Se a vocação de Roraima é realmente a atividade garimpeira, que não se cometa o erro de exercê-la por mais tempo na serra do Tepequém.

REINALDO IMBROZIO BARBOSA

NÚCLEO DE PESQUISAS DE RORAIMA,
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA

ESCULTURA E FOTO FRANZ KRAJCBERG



RIO CIÊNCIA 92

ENCONTRO DE UNIVERSIDADES, SOCIEDADES CIENTÍFICAS E INSTITUTOS DE PESQUISA, MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO

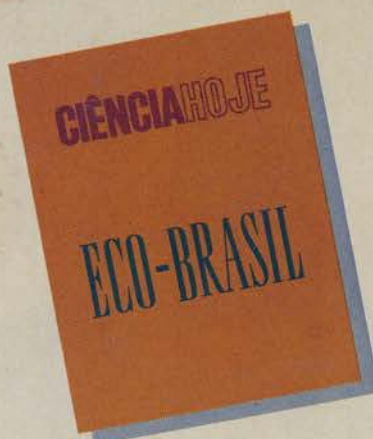
PROMOTORES: SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA-SBPC
ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS-ABC • UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO-UFRJ

INICIATIVA: FORUM DOS REITORES DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

25 DE MAIO A 14 DE JUNHO DE 1992

FORUM DE CIÊNCIA E CULTURA - UFRJ - AV. PASTEUR 250 - 2º ANDAR

APOIO: FINEP-SCT-PR • CNPq-SCT-PR • CAPES-MEC • IBAMA-SEMAN • PREFEITURA DO RIO



AMAZÔNIA

- A PESQUISA TUTELADA
- ANATOMIA DA MADEIRA
- CENÁRIOS DA AMAZÔNIA
- CHUVAS E CONSTELAÇÕES: CALENDÁRIO
- ECONÔMICO DOS ÍNDIOS DESÂNÁ
- INPA: RESISTIR FOI PRECISO
- LITERATURA ORAL INDÍGENA: O EXEMPLO DESÂNÁ
- MANEJE COM CUIDADO: FRÁGIL
- O DRAMA DOS YANOMAMI
- O GIGANTE DAS ÁGUAS DOÇES
- O PINCEL MÁGICO DE MARGARET MEE
- ORQUÍDEAS: ENTRADA E DISPERSÃO NA AMAZÔNIA
- PERDENDO RONDÔNIA
- POLÍTICA INDIGENISTA E ASSISTÊNCIA À SAÚDE
- PUPUNHA: UMA ÁRVORE DOMESTICADA
- QUEIMADA: O CORTE QUE ATRAI
- REFLORESTAMENTO INDÍGENA
- RONDÔNIA: ESTRADAS QUE LEVAM À DEVASTAÇÃO
- SELEÇÃO PREDATÓRIA
- UM DESAFIO PARA O FUTURO
- UM PIGMENTO NAS ÁGUAS NEGRAS
- UMA RESERVA BIOLÓGICA PARA O MARANHÃO
- VIOLACEÍNA: A DESCOBERTA DE UM ANTIBIÓTICO
- XAMANISMO E MEDICINA: O 'CASO RUSCHI'
- REAVALIADO

ECO - BRASIL

- OS SERTÕES: A ORIGINALIDADE DA TERRA
- A CHUVA QUE NÃO QUEREMOS
- A FLORESTA E AS ÁGUAS
- A COLEÇÃO DE INSETOS DE FRITZ PLAUMANN
- A NATUREZA DAS RESTINGAS
- SOJA: PROTEÍNA PARA MILHÕES
- AMBIENTE, REPRESAS E BARRAGENS
- DA FLORESTA AO CERRADO, DA RESTINGA AOS MANGUEZAIS
- EUTROFIZAÇÃO ARTIFICIAL: A DOENÇA DOS LAGOS
- ENOS E O CLIMA NO BRASIL
- CACTÁCEAS: OS SEGREDOS DA SOBREVIVÊNCIA
- ABRÓTEA: O NOSSO BACALHAU
- EM BUSCA DAS RAÍZES
- PARQUE DAS EMAS
- ARARINHA-AZUL: A UM PASSO DA EXTINÇÃO
- PAEPALANTHUS, CUPINS E ARANHAS
- A HISTÓRIA DO VELHO BRASIL
- RHOPORNIS ARDESIACA, A AVE QUE SE ESCONDE
- SERPENTES NA SELVA DE PEDRA
- AS TARTARUGAS DA TRINDADE
- FEROMÔNIOS NO CONTROLE DE PRAGAS
- ADAPTAÇÃO BIOQUÍMICA EM PEIXES DA AMAZÔNIA
- O CERRADO E A ECOLOGIA DO FOGO
- RESTAURAÇÃO DA FLORESTA EM PASTAGENS DEGRADADAS
- NAS PEGADAS DO HOMEM AMERICANO

Agora você pode ter reunidos alguns dos mais importantes artigos publicados pela *Ciência Hoje* sobre o meio ambiente. São 48 artigos, todos eles escritos por renomados pesquisadores. Dois volumes, cada um deles com 160 páginas coloridas em papel couché. Você pode adquirir esse acervo único em condições especiais. Receba os exemplares em sua casa. Aproveite para presentear quem você gosta. Não perca essa chance.

Cada volume custa Cr\$ 40.000,00; os dois custam Cr\$ 70.000,00. Preços válidos até 30/06/92.

Envie hoje mesmo seu pedido, acompanhado de cheque ou vale postal nominal à: **CIÊNCIA HOJE**
Av. Venceslau Brás, 71 - fundos / casa 27 22290 Rio de Janeiro RJ Tel.: (021) 295-4846
Fax: (021) 541-5342