

ENCARTE
INFANTIL

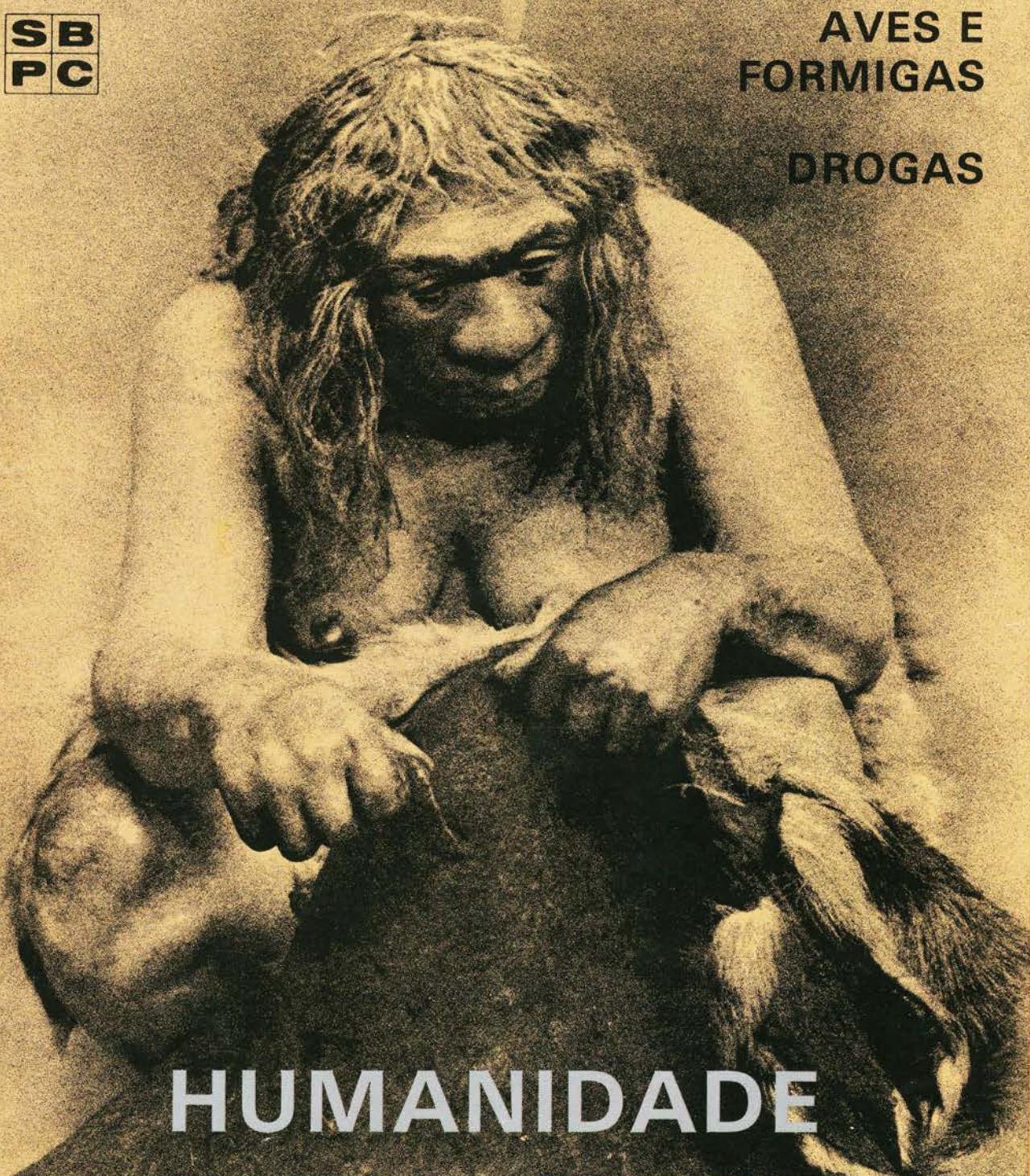
CIÊNCIA HOJE

Revista de divulgação científica da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência Vol. 8 N° 47 Outubro de 1988 Cz\$ 850,00

SB
PC

**AVES E
FORMIGAS**

DROGAS



HUMANIDADE

Manaus e Rio Branco (via aérea) Cz\$ 1.105,00

EXEMPLAR DE ASSINANTE — VENDA PROIBIDA



PUBLICAÇÃO DAS LISTAS DE APROVAÇÃO: CENAS OBTIDAS NO PÁTIO DO ANGLO.

O sucesso dos alunos faz a imagem do Anglo

A estratégia adotada pelo Anglo é ensinar da melhor maneira possível. Para quem aprende, não importa o tipo de vestibular: testes ou questões analítico-expositivas. Ser bem sucedido é consequência lógica de ter aprendido. Por tudo isto, aluno entender aula do Anglo é ponto de honra para os professores.

anglo 
VESTIBULARES



18

O SONHO PERSEGUIDO

Bila Sorj

Ora perseguidos pela polícia, ora bajulados por políticos, os camelôs são uma categoria pouco conhecida sociologicamente. Sua situação torna-se mais compreensível se apreciada como estratégia de ascensão social.

18



26

NA TRILHA DAS FORMIGAS CARNÍVORAS

Edwin O. Willis e Yoshika Oniki

A atividade das formigas-correição, ou taocas, está intimamente ligada à de certas aves da América e da África, que se especializaram em segui-las para caçar os pequenos animais que elas afugentam em sua marcha.

26



36

A GRANDE EXPLOSÃO

Hubbert Reeves

Como teria surgido o nosso universo? A teoria do *Big Bang*, que parece plenamente confirmada, pressupõe que ele tenha resultado da explosão de matéria concentrada e extremamente densa há cerca de 15 bilhões de anos.

36



56

ASSIM CAMINHOU A HUMANIDADE

Walter Alves Neves

Os primatas sofreram evoluções independentes após a separação do Novo e do Velho Mundo. Neste último surgiram os hominídeos — ancestrais do homem moderno —, que há cinco milhões de anos assumiram a postura bípede.

46

CARTAS DOS LEITORES	2
AO LEITOR	7
TOME CIÊNCIA	10
UM MUNDO DE CIÊNCIA	12
RESENHA	16
HUMOR	25
OPINIÃO	56
PERFIL: OTTO RICHARD GOTTLIEB	62
O LEITOR PERGUNTA	68
É BOM SABER	70

CIÊNCIA HOJE DAS CRIANÇAS (ENCARTE)

ZONAS FRANCAS

Depois de apresentar em outubro do ano passado o texto do decreto-lei sobre a criação de Zonas de Processamento de Exportações (ZPEs), através do Ministério da Indústria e Comércio, o governo, representado pelo presidente José Sarney, desengaveta no último mês de agosto um instrumento que cria inúmeras controvérsias para a política industrial nacional (ver editorial de *Ciência Hoje*, n.º 37). Embora enfatize que a implantação das ZPEs representa uma política para amenizar o desemprego nas regiões Norte e Nordeste, o projeto traz consigo certas condições que negam qualquer incentivo direto às populações dessas regiões. Entre elas a isenção total de impostos às empresas instaladas nas ZPEs, que podem remeter lucros ao exterior sem qualquer taxação. Essas indústrias têm também autorização para vender parte de seus produtos no mercado interno, obtendo vantagens com preços mais competitivos.

Roberto Verдум, Porto Alegre



foto Mário Belloni Júnior

HOLOGRAFIA

Gostaria de ler em *Ciência Hoje* um artigo sobre holografia e suas aplicações, abordando o processo de impressão em poliéster e em *hot stamping* (fita), que esclarecesse as características do filme utilizado.

Marciano dos Santos, Nova Iguaçu (RJ)

• Veja 'A luz congelada', de José Joaquín Lunazzi, e 'Hogramas dinâmicos e espelhos conjugados', de Luís Davidovich, respectivamente nos números 16 e 22 de *Ciência Hoje*. Se ainda ficarem dúvidas, volte a nos escrever.



foto Furnas

TESTES NUCLEARES

Parabéns à revista *Ciência Hoje* pelas reportagens referentes à energia nuclear.

Creio que o tema já foi devidamente esclarecido em linhas gerais, exceto no que diz respeito aos testes nucleares que, no meu entender, encerram uma verdade que clama por um posicionamento claro da comunidade científica nacional.

Procurar conhecer o delicado e sofisticado equilíbrio de uma estrutura nuclear por meio de testes destrutivos implica resultados absolutamente previsíveis, quais sejam, o aumento da entropia e destruição, sendo que a extensão dos mesmos e seus efeitos na biosfera, além de pouco conhecidos, são irreversíveis.

Por outro lado, o que se obtém com essas experiências não pode ser interpretado (independentemente de abordagens filosóficas) como uma contribuição ao acervo do conhecimento humano, até porque se funda numa sombria contradição entre o respeito à vida e o conhecimento científico.

Washington S. Valença, Rio de Janeiro

PÉ-DURO

Ao elogiar o trabalho editorial realizado em meu artigo 'A dura existência do gado pé-duro' (*Ciência Hoje*, n.º 44), aproveito para corrigir a omissão do nome do autor da foto do animal. Ele foi fotografado por Carmen M.C. Britto, da Universidade Federal do Piauí.

Maria Luiza S. Mello, Departamento de Biologia Celular/Unicamp, Campinas (SP)

COMBUSTÍVEL ALTERNATIVO

Tivemos a satisfação de ler o artigo 'Uma reserva biológica para o Maranhão', publicado no número 44 de *Ciência Hoje*, matéria que serviu para elucidar alguns detalhes a respeito principalmente da utilização do carvão vegetal nas indústrias de ferro-gusa e outras similares.

Conhecedores que somos dos investimentos que estão sendo feitos em nosso estado, os quais fatalmente causarão uma alta demanda de produtos como carvão vegetal, é que nos preocupamos em também investir em algo que pudesse possibilitar a diminuição do desmatamento, ainda que a princípio em pequena escala.

Há cerca de 75 anos foi criado, na Suíça, um processo de compactação de materiais de baixa resistência. Em dificuldade para obter materiais combustíveis, os suíços começaram a usar resíduos orgânicos para utilização em caldeiras. Hoje amplamente usado nos países desenvolvidos, o briquete, produto oriundo da compactação de resíduos de biomassa (casca de arroz, serragem de madeira, casca de coco babaçu, galhos e folhas de árvores abatidas etc.), movimentou indústrias inteiras. Tais resíduos eram normalmente incinerados sem que houvesse uma razoável utilização deles. (...)

Em um estado produtor de arroz e madeira beneficiados, além de torta de coco babaçu (esta última exportada principalmente para a Alemanha), é inconcebível que os seus subprodutos sejam tão pouco aproveitados. A casca do arroz, por exemplo, depois de briquetada, detém um poder calorífico quatro vezes maior que o da lenha comum, possibilitando assim uma redução nos custos operacionais das empresas, além de desestimular o desmatamento tão-somente para a produção de carvão. Os briquetes podem ser armazenados em silos e transportados a granel ou em sacos. (...)

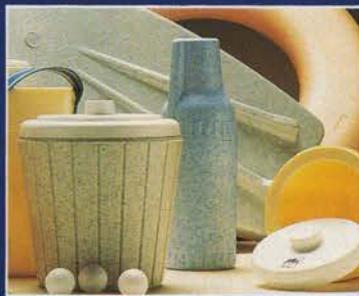
Esperamos que essas considerações sejam divulgadas pelos editores desta revista, a fim de que no futuro possamos ter mais oxigênio em nosso sangue.

Nagib Haickel Filho, São Luís

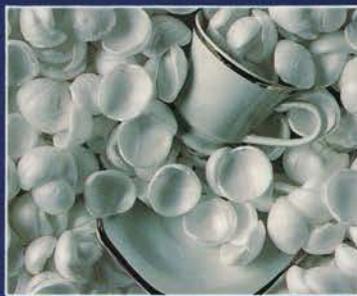
Saber fazer e fazer melhor. Para a Tupy, isto é um princípio. E uma finalidade.



Embalagens Industriais



Artigos de lazer



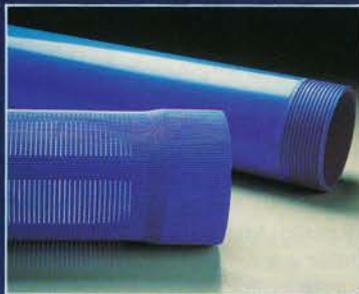
"Proteps" para embalagens



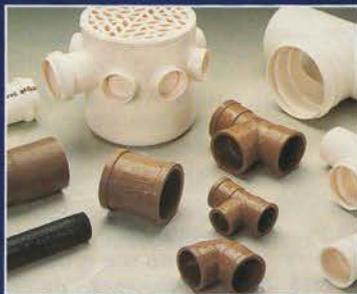
Câmaras frigoríficas



Tubos e conexões em PVC para irrigação



Filtro geomecânico



Peças em PVC para instalações hidráulicas



Artigos diversos em plástico injetado



Frascos de plástico soprado



Linhas para costura industrial e tricô



Linhas para costura doméstica e crochê



Blocos de motor



Conexões em ferro maleável para instalações industriais



Peças seriadas em ferro fundido



Granalhas de aço e de ferro fundido



Barras e perfis em ferro fundido e ligas não ferrosas

O espírito empreendedor que marcou o início das atividades do Grupo Empresarial Tupy permanece, até hoje, expresso em uma política de crescimento sólido e diversificado.

Da indústria inicial - hoje a maior fundição independente da América Latina e a maior exportadora brasileira de fundidos - originaram-se 25 empresas, distribuídas em sete estados brasileiros, três subsidiárias no exterior (Estados Unidos e Alemanha)

com mais de 12 mil colaboradores, tanto no setor metal-mecânico como no químico-plástico.

O Grupo Empresarial Tupy hoje está presente em diversas áreas do contexto econômico nacional, com alta tecnologia em produtos fundidos para a construção civil e industrial, para a indústria automobilística e de equipamentos ferroviários e rodoviários, entre outras.

Também na área de plásticos

o Grupo Tupy participa intensamente, atendendo segmentos como irrigação, saneamento básico, geotecnia, isolamento térmico e até armazenamento de grande porte para produtos perecíveis, além de uma vasta gama de produtos que inclui fios e linhas de alta resistência, plásticos injetados e soprados.

Exporta produtos para mais de 30 países, trazendo divisas para o Brasil e levando ao mundo o

testemunho de sua capacidade realizadora.

Para a Tupy, o princípio de tudo está na capacidade de pesquisar o âmago do que faz, para fazer melhor.

E de investigar a fundo o que ainda não faz, para saber fazer.



FINEP

Ao comunicar meu afastamento da diretoria da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), tenho a satisfação de deixar a direção de uma empresa que se reabilitou aos olhos de seus usuários. Em 1985, quando chegamos, a Finep era uma instituição desgastada, recém-saída da pior conjuntura financeira de sua história e que, em muitos casos, havia deixado de ser uma interlocutora importante no sistema de financiamento de ciência e tecnologia (c&t). Deixo a direção de uma empresa que foi capaz, nem sempre nas melhores condições de trabalho, de agilizar-se, tornar-se mais transparente aos olhos da comunidade científica, tendo cumprido essa meta a custos administrativos baixíssimos.

Ficam alguns desafios não superados. Em primeiro lugar, não ter podido instituir um padrão de financiamento mais estável à pesquisa, através de convênios de mais longa duração. A dificuldade aqui residiu na alta taxa de incerteza quanto ao valor da moeda nacional e à inexistência de orçamentos plurianuais. Em segundo lugar, não termos conseguido elevar os orçamentos do Fundo Nacional de Ciência e Tecnologia (FNDCT) aos níveis requeridos pelo estágio atual de crescente importância da política científica no Brasil. Isto significa, hoje, não menos de US\$ 200 milhões anuais e um acréscimo real de, no mínimo, 10% ao ano. Em terceiro lugar, fica a frustração de não termos alcançado uma agilidade ainda maior em nossa operação. Vários fatores concorreram para isso, entre os quais as medidas governamentais para a contenção do gasto público, com a conseqüente e progressiva deterioração das condições de trabalho e de salário dos funcionários. No caso da Finep, a maioria dessas medidas foi inadequada, haja vista que a empresa não utiliza nenhum cruzado do Tesouro Nacional para pagar seus funcionários e demais despesas administrativas.

A Finep tem demonstrado ser uma empresa viável. Mais que isso, a tendência é que venha a ocupar um papel cada vez mais decisivo no sistema de financiamento à c&t. Com a manutenção do Programa de Bolsas, será imperioso melhorar a capacidade instalada de pesquisa, sob risco de

iniciarmos um processo importante de evasão de cérebros para o exterior. O instrumento disponível e eficaz para melhorar a infra-estrutura de pesquisa é o FNDCT e a instituição adequada para operar o FNDCT é a Finep. É ela que tem o *know-how* e a memória deste setor do financiamento. Sua defesa, bem como a das demais agências, é a defesa dos interesses da comunidade científica. Aliás, sou de opinião que a existência de mais de uma agência, mesmo havendo uma pequena superposição de ações, defende o pesquisador em sua permanente batalha por mais recursos para a pesquisa. Essa advertência faz-se necessária em virtude da cíclica idéia de alterar o sistema de financiamento através da fusão ou extinção de agências.

Duas observações finais. A criação do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) foi decisiva para o realce conferido ao setor nos últimos três anos. A presença de Renato Archer como seu primeiro titular e a manutenção da orientação política observada por seu sucessor, deputado Luiz Henrique, conseguiram levar o debate sobre a questão científica e tecnológica aos centros de decisão política do país, fato nunca ocorrido. Durante esse período houve um aumento real de recursos para a pesquisa e o debate sobre c&t na sociedade. O MCT, portanto, necessita ser fortalecido com a incorporação de outros instrumentos de política.

Ao longo desses três anos a comunidade científica soube manifestar-se com energia e correção, não deixando de exercer organizadamente seu reconhecido poder de pressão em todos os momentos em que foi necessária sua intervenção. Particularmente no último processo de negociação, quando houve (pela primeira vez e devido a uma incompreensão dos dirigentes da outra agência do MCT) disputa por recursos já alocados ao Ministério, tenho certeza que o FNDCT sairia ainda mais danificado não fosse a manifestação de mais de 300 pesquisadores, encabeçados pelos dirigentes da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), da Associação Brasileira de Ciências (ABC) e da Comissão de Representantes das Sociedades Científicas, em sua defesa.

Reinaldo Felipe Nery Guimarães,
Rio de Janeiro



foto Luiz Claudio Marigo

EMAS

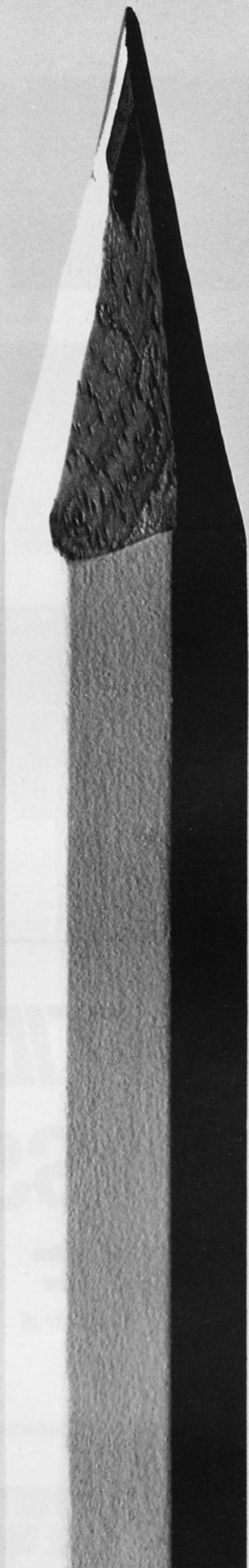
• Em resposta à carta do leitor Marcos Fontoura de Oliveira (Ciência Hoje, n.º 46), o professor Kent Redford, estudioso do Parque das Emas, sobre o qual publicou artigo no n.º 38, escreve:

“Sabe-se muito pouco a respeito da subespécie *Ozotoceros bezoarticus* (veado-campeiro) que vive no Brasil, mas a subespécie encontrada na Argentina já foi bastante estudada. O veado dos pampas, como muitos ungulados, é atraído para áreas onde o fogo provocou o rebrotamento do capim. Baseado em minha experiência no Parque Nacional das Emas e nas informações obtidas de trabalhos semelhantes na Argentina, não creio, contudo, que o veado dos pampas defenda uma área desse tipo. São geralmente áreas grandes demais para serem defendidas. Além disso, a estrutura social de *O. bezoarticus* não leva um macho a defender um grupo de fêmeas e filhotes, a menos que algumas fêmeas do grupo estejam no cio. A estrutura social necessária para permitir esse tipo de interação que você descreve não é encontrada nessa espécie, mas tem um exemplo no guanaco (*Lama guanicoe*).

Quero chamar a atenção para o recente incêndio no Parque das Emas. O fogo, em pequena escala, é parte integrante da ecologia do cerrado. Contudo, na escala do que acaba de ocorrer, tem o potencial de transformar o parque mais espetacular do Brasil numa terra perdida. Equipamento adequado e apoio financeiro são absolutamente essenciais para a salvação do parque. Espero que não seja tarde demais.”



**UMA NOVA IDENTIDADE.
O COMPROMISSO
DE SEMPRE.**



Grandes idéias
são simples.
Como a informática.
A SID desenvolve
tecnologia nacional
em mini, supermicro
e PC de 16 bits.
Os equipamentos e
sistemas SID aplicam-se
aos mais diversos
usos, incluindo
modernos serviços de
automação comercial
e bancária.
É a informática
cada vez mais perto
de você, com soluções
eficientes e precisas.

SID INFORMÁTICA.
A EVOLUÇÃO SEM RISCO.

SID
INFORMÁTICA

ROTA DE COLISÃO

Na véspera da promulgação da nova Constituição, o velho mecanismo dos decretos-leis foi fartamente utilizado pelo governo federal para promover mudanças em diversas áreas da administração. A começar pela forma como foram tomadas, as mudanças têm em comum o desrespeito aberto às normas que resultaram do processo constituinte mais democrático e participativo de nossa história. No caso do sistema de ciência e tecnologia, duas medidas se destacam: a transferência do Conselho Nacional de Informática e Automação (Conin) para a esfera da Presidência da República e a alteração no estatuto do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). A primeira se insere no debate em curso, dentro do governo, sobre o tratamento a ser dispensado à reserva de mercado para a informática, alvo, como sempre, de poderosos interesses. A segunda elimina conquistas importantes da comunidade científica, no que diz respeito à transparência das ações do CNPq.

Substituindo sistematicamente a palavra deliberar por apreciar (ou congêneres), transformou-se o Conselho Deliberativo (CD) do CNPq em Conselho Apreciativo ou, se for desejável manter a coerência das siglas, Decorativo; foi retirada do presidente do órgão a competência para indicar os membros de sua própria Diretoria Executiva, que passam a ser designados diretamente pelo ministro da Ciência e Tecnologia; e não é mais da alçada da diretoria prover a "orientação geral das atividades do CNPq". No afogadilho das últimas horas, cometeu-se até uma falha técnica: criou-se o Instituto Tecnológico de Lorena no dia 3 de outubro (portaria nº 222), quando ainda estava em vigor o estatuto ultrajado no dia 4, que exigia apreciação da matéria pelo CD. Embora notável, este exemplo não é o mais grave: é importante frisar que as alterações praticamente liquidam o CD e, com ele, a participação da comunidade científica na discussão e na definição da política científica do CNPq.

Dada a gravidade dos fatos, a diretoria da SBPC enviou ao presidente José Sarney e ao ministro Ralph Biasi telex em que afirma: "(...)A aplicação de recursos para ciência e tecnologia obedece a critérios técnico-científicos, sendo pois alheios a interferências de ordem política nos órgãos de fomento à pesquisa. Diante do rápido abandono dos princípios de respeito às exigências do desenvolvimento científico e tecnológico, a SBPC repudia as medidas fragilizadoras que alteraram intempestivamente o estatuto do CNPq. Julga, enfim, que o Ministério

da Ciência e Tecnologia (MCT) deve ser orientado por princípios coerentes com os dispositivos da Constituição ora em vigor, que fixa prioridades para a ciência básica e que foi aprovada em atmosfera de ampla e democrática discussão."

A forma de execução das modificações, seu conteúdo e a inusitada concentração de poderes na pessoa do ministro fazem com que, desde já, passemos a temer pelos destinos do MCT, merecedor de elogios em editorial recente (*Ciência Hoje*, nº 45). Ao contrário de outros ministérios mais poderosos, este havia alcançado, em pouco tempo, alto grau de legitimidade. Não houvera — é certo — alteração das condições em que se fazem ciência e tecnologia no Brasil. Mas havia uma clara identificação do órgão com as principais bandeiras defendidas pela comunidade científica e a sociedade brasileira em geral. Faltou lembrar que esse era o resultado da paciente construção de uma espécie de pacto (para usar a palavra da moda) que pouco a pouco conseguira juntar diferentes atores em torno de objetivos comuns. Quer por seus efeitos práticos, quer por sua dimensão simbólica, as medidas tomadas na véspera da promulgação da nova Constituição ameaçam esse pacto. Minam a confiança adquirida. Dificultam ações futuras.

Fica no ar uma expectativa extremamente desfavorável: que uso se fará, daqui por diante, desse nível de centralização de poderes, adotado de forma tão autoritária? Que decisões, ainda por vir, exigiam esse conjunto de medidas? Por que foi necessário afastar, dos centros de decisão, os representantes da comunidade científica?

O MCT enfrenta poderosos inimigos. Desviando-se do caminho até aqui trilhado, corre o risco de esvaziar-se. Com a nova Constituição — felizmente, já em vigor — o exercício do poder dependerá muito mais da opinião pública e do Congresso, que dificilmente deixarão de reagir. Não estamos mais em tempos de decisões tecnocráticas, que a seu favor não contam sequer com o argumento da eficiência.

A comunidade científica e demais atores sociais interessados no desenvolvimento da ciência e tecnologia nacionais desejam um MCT forte. Por isso, precisamos evitar uma batalha em que não haverá vencedores, apenas vencidos. E que trará prejuízos certos ao futuro do país. Que pensem nisso nossos atuais governantes, antes que seja tarde.

Os Editores

**A CADA VIDA
QUE COMEÇA,
RECOMEÇA
A HISTÓRIA
DA NESTLÉ.**



Lembre-se de sua infância. Você sem dúvida vai se lembrar de alguma história sua com a Nestlé pra contar. Esse é o nosso maior alimento. A satisfação de manter uma amizade que cresce, fica forte, se renova e nunca termina.

Nestlé®
Sua vida, nossa história.

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, 295-4442, 275-8795. Telex: (021) 36952.

Editores: Darcy Fontoura de Almeida (Instituto de Biofísica, UFRJ), Ennio Candotti (Instituto de Física, UFRJ), Alberto Passos Guimarães Filho (Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, CNPq), Roberto Lent (Instituto de Biofísica, UFRJ), Otávio Velho (Museu Nacional, UFRJ); César Queiroz Benjamin (editor associado); Ildeu de Castro Moreira (editor convidado).

Editora Assistente: Cilene Vieira; Alicia Mônica A. de Palacios (secretária).

Conselho Editorial: Alzira Abreu (Centro de Pesquisa e Documentação em História Contemporânea do Brasil, FGV), Ângelo Barbosa Machado (Instituto de Ciências Biológicas, UFMG), Erney P. Camargo (Instituto de Ciências Biológicas, USP), Isaac Kerstenetzky (Departamento de Economia, PUC/RJ), José C. Maia (Instituto de Química, USP), José Murilo de Carvalho (Instituto Universitário de Pesquisas do Rio de Janeiro), Luis Rodolpho R. Travassos (Departamento de Microbiologia, Imunologia e Parasitologia, EPM), Sergio Henrique Ferreira (Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, USP), Sergio Miceli (Departamento de Sociologia, Unicamp), Silvano Santiago (Departamento de Letras, PUC/RJ).

Secretaria de Redação e Edição de Texto: Emanuel Araújo (coordenador), Maria Luiza da Silva Mattos (secretária), Maria Luiza X. de A. Borges e Maria Inez Duque Estrada (editoras de texto), Regina Ferreira (revisora).

Jornalismo: Roberto Barros de Carvalho (coordenador), Alicia Ivanissevich, Luisa Massarani, Sergio Portella.

Edição de Arte: Patricia Galliez de Salles (coordenadora), Lillian de Abreu Mota (assistente), Christiane Abbade e Denise Arnizaut de Mattos (diagramadoras), Selma Azevedo (desenhista e arte-finalista), Marta Rodrigues (arte-finalista).

Administração: Elsa M. Roberto Pereira e Sônia M. de Mendonça Corrêa (gerentes), Neuzia Maria de Oliveira Soares, Carlos A. Kessler Filho, Claudio C. Carvalho, Edson Raposo Pinheiro, Jorge Lourenço M. de Carvalho, Lucia H. Rodrigues, Maria do Rosário, Marcia Cristina G. da Silva, Pedro Paulo de Souza.

Assinatura, Circulação e Expedição: Adalgisa M.S. Bahri (gerente), Afonso H. de M. Pereira (supervisor), Paulo Henrique Gonçalves Fonseca (programador), M. Lucia da G. Pereira (secretária), Moisés V. dos Santos (chefe de expedição), Carlos Henrique C. Maurity, Daniel Vieira dos Santos, Delson Freitas, Janair do Nascimento Fonseca, José A. Vianna, José Correia da Silva, Marly Onorato, Manoel Antonio Grozima Aguiar, Ricardo Francisco Alves, Valmir Narciso Vidal. Tel.: (021) 270-0548.

Departamento Comercial: Álvaro Roberto S. Moraes (gerente), Irani F. Araujo (secretária).

Encarte Infantil (bimestral): Guaracira Gouvêa (coordenadora), Ângela R. Vianna (editora de texto), Gian Calvi (diretor de arte).

Capa: Reconstituição da mulher de Neandertal. Foto Agência Keystone.

Colaboradores: Borjalo e Wilson Racy (ilustração); Luiz Claudio Marigo, Ana Regina Nogueira e Mário da Costa Grisolli (fotografia); Sonia Regina Cardoso e Alicia Palacios (pesquisa iconográfica); Nerval Mendes Gonçalves (revisão); Shirlei Nataline (secretária de redação).

Conselho Científico: Antônio Barros de Castro (Faculdade de Economia e Administração, UFRJ), Antônio Barros de Ulhoa Cintra (Hospital das Clínicas, USP), B. Boris Vargaftig (Instituto Pasteur, França), Carlos Chagas Filho (Instituto de Biofísica, UFRJ), 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, UFRJ), Elisaldo Carlini (Departamento de Psicobiologia, EPM), Fernando Gallembeck (Instituto de Química, Unicamp), Francisco Weffort (Faculdade de Filosofia, USP), Gilberto Velho (Museu Nacional, UFRJ), Herbert Schubart (Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia), Herman Lent (Departamento de Biologia, Universidade Santa Úrsula), João Steiner (Instituto de Pesquisas Espaciais), José Antonio Freitas Pacheco (Instituto Astronômico e Geofísico, USP), José Goldenberg (Instituto de Física, USP), José Reis (SBPC), José Ribeiro do Valle (Departamento de Farmacologia, EPM), José Seixas Lourenço (Instituto de Geociências, UFPA), Leopoldo Nachbin (Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, CNPq), Luis de Castro Martins (Rio Data Centro, PUC/RJ), Mauricio Mattos Peixoto (Academia Brasileira de Ciências), Miguel Covian (Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, USP), H. Moisés Nussenzeveig (Departamento de Física, PUC/RJ), Newton Freire-Maia (Departamento de Genética, UFPR), Oscar Sala (Instituto de Física, USP), Oswaldo Porchat Pereira (Centro de Lógica, Unicamp), Otávio Elísio Alves de Brito (Instituto de Geociências, UFMG), Pedro Malan (Departamento de Economia, PUC/RJ), Ricardo Ferreira (Instituto de Química, UFPE), Sylvio Ferraz Mello (Instituto Astronômico e Geofísico, USP), Telmo Silva Araujo (Departamento de Engenharia Elétrica, UFPA), Warwick E. Kerr (Departamento de Biologia, UFMA).

Sucursal Belo Horizonte: Ângelo B. Machado, Marise Souza Muniz - Depto. de Zoologia do Instituto de Ciências Biológicas, UFMG. Caixa Postal 2486, CEP 31160, tel.: (031) 443-5346.

Sucursal Brasília: Maria Lucia Maciel, Luiz Martins - ICC/Sul, Bloco A, sobreloja, sala 301, UnB, CEP 70910, tel.: (061) 273-4780.

Sucursal Curitiba: Glaci Zancan, Myriam Regina Del Vecchio de Lima - Travessa Alfredo Bufrem, 140, subsolo, CEP 80020, tel.: (041) 233-8619.

Sucursal Florianópolis: Walter Celso Lima, Vania Aparecida Mattoso - UFSC, Caixa Postal 476, CEP 88049, tels.: (0482) 33-9594, telex: (0482) 240.

Sucursal Porto Alegre: Edmundo Kanan Marques, José Secundino da Fonseca - Av. Osvaldo Aranha, 1.070, cj. 306 (FACTEC), CEP 90210, tel.: (0512) 23-1187.

Sucursal Recife: Sergio M. Rezende, Adriana Tigre - Praça das Cinco Pontas, 321, 1º andar, São José, CEP 50020, tel.: (081) 224-8511.

Sucursal São Carlos: José Albertino Rodrigues, José G. Tundisi, Dietrich Schiel, Yvonne P. Mascarenhas, Nelson Studart Filho, Carlos D'Alkaine, Marcelo Stein, Jandira Ferreira de Jesus - Coordenadoria de Divulgação Científica e Cultural, IFQSC, USP, rua Nove de Julho, 1.227, CEP 13560, tel.: (0162) 72-4600.

Sucursal São Paulo: José Carlos C. Maia, Vera Rita da Costa, Fernando Ferreira, Wilson Racy Jr., Acácia R. Francisco de Oliveira, Glauco Clímério Lobão - Av. Professor Luciano Gualberto, 374 - Antigo Prédio da Retoria, Cidade Universitária, CEP 05508, tel.: (011) 814-6656 e 813-6844 ramal 446.

Sucursal Vale do Paraíba: João Steiner, Fabioli de Oliveira - Av. dos Astronautas 1.758, Caixa Postal 515, CEP 12201, São José dos Campos (SP), tel.: (0123) 22-9977 ramal 364.

Assinaturas: Brasil (11 números): Cz\$ 8.500,00. América Latina e África (11 números): US\$ 40,00 (superfície) e US\$ 80,00 (aérea). EUA e Europa (11 números): US\$ 50,00 (superfície) e US\$ 100,00 (aérea). Número atrasado: Cz\$ 850,00.

ISSN-0101-8515. Distribuição em bancas exclusiva em todo o território nacional: Fernando Chinaglia Distribuidora S.A., Rio de Janeiro. **Composição:** Renart Fotografia Gráfica e Composição Ltda. **Fotolito:** Grafcolor Reproduções Gráficas Ltda. **Impressão:** JB Indústrias Gráficas S.A. Para a publicação desta revista contribuíram o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), o Ministério da Educação (MEC) e a VITAE Apoio à Cultura, Educação e Promoção Social. *Ciência Hoje* conta também com o apoio cultural do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF) e do Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC).

Publicidade: Rudiger Ludemann, Douglas Sampaio Venditti e Jorge Farrah, Rua Gal. Jardim 618 - 3º andar - conj. 21, São Paulo, tel.: (011) 259-5399; Rio de Janeiro, tel.: (021) 295-4846; Brasília, tel.: (061) 224-8760.



A SBPC — Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência — tem por objetivo contribuir para o desenvolvimento científico e tecnológico do país; promover e facilitar a cooperação entre os pesquisadores; zelar pela manutenção de elevado padrão de ética entre os cientistas; defender os interesses dos cientistas, tendo em vista o reconhecimento de sua operosidade, do respeito pela sua pessoa, de sua liberdade de pesquisa e de opinião, bem como do direito aos meios necessários à realização de seu trabalho; lutar pela remoção de empecilhos e incompreensões que embarcam o progresso da ciência; lutar pela efetiva participação da SBPC em questões de política e programas de desenvolvimento científico e tecnológico que atendam aos reais interesses do país; congregar pessoas e instituições interessadas no progresso e na difusão da ciência; apoiar associações que visem a objetivos semelhantes; representar aos poderes públicos ou a entidades particulares, solicitando medidas referentes aos objetivos da Sociedade; incentivar e estimular o interesse do público em relação à ciência e à cultura; e atender a outros objetivos que não colidam com seus estatutos.

Atividades da SBPC. A SBPC organiza e promove, desde a sua fundação, reuniões anuais durante as quais cientistas, estudantes e professores têm uma oportunidade ímpar de comunicar seus trabalhos e discutir seus projetos de pesquisa. Nestas reuniões, o jovem pesquisador encontra a ocasião própria para apresentar seus trabalhos, ouvir apreciações, criticar e comentar trabalhos de outros. Temas e problemas nacionais e regionais relevantes são expostos e discutidos, com audiência franqueada ao público em geral, que tem ainda o direito de participar dos debates. Finalmente, assuntos e tópicos das mais variadas áreas do conhecimento são tratados com a participação de entidades e sociedades científicas especializadas.

Fundada em 8 de junho de 1948 por um pequeno grupo de cientistas, a SBPC reúne hoje mais de 20.000 associados, e em suas reuniões são apresentadas cerca de 2.800 comunicações de trabalhos científicos e realizadas 250 mesas-redondas, cursos e conferências. Através de suas secretarias regionais, promove sim-

pósios, encontros e iniciativas de difusão científica ao longo de todo o ano.

Desde sua fundação, a SBPC edita a revista *Ciência e Cultura*, mensal a partir de 1972. São publicados suplementos durante as reuniões anuais, contendo os resumos dos trabalhos científicos apresentados. Além desta revista e de *Ciência Hoje*, a SBPC tem publicado boletins regionais e volumes especiais dedicados a simpósios e reuniões que organiza periodicamente.

O corpo de associados. Podem associar-se à SBPC cientistas e não-cientistas que manifestem interesse pela ciência. Para tanto, basta ser apresentado por um sócio ou secretário regional e preencher um formulário apropriado. A filiação é efetiva após a aprovação da diretoria, e dá direito a receber a revista *Ciência e Cultura* e a obter um preço especial para a assinatura de *Ciência Hoje*.

Sede nacional: Rua Pedroso de Moraes, 1.512, Pinheiros, São Paulo, tels.: 211-0495 e 212-0740. **Regionais:** Acre — Universidade Federal do Acre, Depto. de Ciências da Natureza, BR 364 km 5, tel.: 266-1422 ramal 111 ou 145 (Mauro Luiz Aldridge); Amazonas — Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia — INPA, Alameda Cosme Ferreira, 1.756, tel.: 236-9400 ramal 136 (Adalberto Luis Val); Bahia — Universidade Federal da Bahia, Instituto de Física, Campus Universitário da Federação, tels.: 247-2714 e 247-0646 (Caio Mario Castro Castilho); Ceará — Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências da Saúde, Depto. de Fisiologia e Farmacologia, Caixa Postal 12155, Benfica, 60.000, Fortaleza — CE, tel.: 227-2420 (Marcus Raimundo Vale); Curitiba (seccional) — Universidade Federal do Paraná, Instituto de Biociência, Caixa Postal 939 (Glaci Therezinha Zancan); Distrito Federal — Universidade de Brasília, Instituto Central de Ciências, Bloco A, sobreloja, sala 301, tel.: 273-4780 (João Luis Homem de Carvalho); Espírito Santo — Universidade Federal do Espírito Santo, Depto. de Física, Campus Universitário, tel.: 227-4733 ramal 267 (Klinger Marcos Barbosa Alves); Goiás — Universidade Federal de Goiás, Instituto de Ciências Biológicas, Depto. de Fisiologia e Farmacologia, tel.: 261-0333 ramal 150 ou 152 (João Tomé de Souza); Londrina (seccional) — Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Biológicas, Depto. de Bio-

logia Geral, Caixa Postal 6001, tel.: 27-5151 ramal 247 ou 371 (Ana Odete Santos Vieira); Maranhão — Rua Andaraí, 11, Quadra P, São Francisco, tel.: 222-4338 (Vera Lúcia Rolim Sales); Mato Grosso — Caixa Postal 998 (José Domingos de Godói Filho); Mato Grosso do Sul — Caixa Postal 189 (Wilson Ferreira de Melo); Minas Gerais — Rua Piomonte, 590, tel.: 441-2541 (Ewaldo Mello de Carvalho); Pará — Rua Orlaria, Conj. Orquidea, R-1, c/25, tel.: 229-2088 ramal 453 (Olavo de Faria Galvão); Paraíba — Universidade Federal da Paraíba, Caixa Postal 5023, Cidade Universitária (Henrique Gil da Silva Nunesmaia); Paraná — Universidade Estadual de Maringá, av. Colombo, 3.690, tel.: 22-4242 ramal 313 ou 265 (Ueslei Teodoro); Pelotas (seccional) — Universidade Federal de Pelotas, Depto. de Ciências dos Alimentos (José Antonio G. Aleixo); Pernambuco — Prédio do CNPq, ANE, 1º andar, Praça das Cinco Pontas, 321, São José, tel.: 224-8511 (Luiz Antonio Marcuschi); Piauí — Rua Prof. Darcy Araujo, 1.639, São Cristóvão, tels.: 232-1212 ou 232-1211 ramal 250 (Manoel Chaves Filho); Rio Grande do Sul — Colégio Estadual Júlio de Castilho, sala 147, Bloco B, av. Piratini, 76, tel.: 23-1187 (Bazília Catharina de Souza); Rio de Janeiro — Av. Venceslau Brás, 71, fundos, casa 27, tel.: 295-4442 (Roberto dos Santos Bartholo Júnior); São Paulo (subárea I) — Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Depto. de Geografia, Caixa Postal 8105, tel.: 262-6314 (José Pereira de Queiroz Neto); São Paulo (subárea II) — Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Depto. de Genética, Caixa Postal 83, Piracicaba, tel.: 33-0011 ramal 125 ou 126 (Geraldo Antonio Tosello); São Paulo (subárea III) — Universidade Estadual de São Paulo, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, tel.: 22-4000 ramal 229 ou 230 (Samira Miguel Campos de Araújo); Santa Catarina — Universidade Regional de Blumenau, rua Antônio da Veiga, 140, Caixa Postal 7-E, tel.: 22-8288 ramal 33 (Ivo Marcos Thies); Santa Maria (seccional) — Universidade Federal de Santa Maria, Depto. de Física, Campus Universitário, tel.: 226-1616 ramal 2.137 ou 2.455 (Ronaldo Mota); Sergipe — Rua Hemétrio Gouveia, 210, Praia 13 de Julho, tel.: 224-1331 (Maria Helena Santana Cruz).

Os fatores casuais na evolução humana

Quando se ouve falar em evolução humana, uma das primeiras imagens que normalmente se faz é a de um paleoantropólogo procurando fragmentos de homínidos fósseis nas savanas africanas. Esta imagem não chega a ser errada. De fato, um antigo e difundido meio de reconstituição da história natural de nossa espécie consiste em estudar ossos de povos pré-históricos, exumados de sítios arqueológicos em vários pontos do planeta. Desse estudo tem sido possível extrair muitas informações acerca dos diversos estádios da evolução humana.

A citada imagem popular, no entanto, embora não incorreta, é certamente incompleta. A diferenciação genética do homem parece ser um processo bem mais complexo do que muitos em princípio supõem, de tal forma que se faz necessário desenvolver linhas alternativas de investigação, visando a identificar fatores que tenham influenciado, ou ainda influenciem, de maneira relevante os rumos de nossa evolução. Uma dessas linhas, a nosso ver de grande importância, é o estudo das características bioculturais das sociedades tribais contemporâneas.

Desde a década de 1950, vêm-se realizando numerosas pesquisas em comunidades indígenas sul-americanas, africanas e australianas, com o objetivo central de descrever e interpretar sua estrutura genética. A partir de tais estudos e de vários outros realizados com populações caucasóides (ou seja, de origem européia), a grande variabilidade bioquímica observada na espécie humana passou a representar importante ob-



foto Inocêncio Goreyeb

Estudando os Yanomani, a antropologia conseguiu relacionar estrutura genética e características socioculturais.

jeto de investigação dos geneticistas de populações. A principal utilidade prática desse novo dado tem sido permitir a estimação matemática de distâncias biológicas intergrupais ou, em outras palavras, do grau de parentesco biológico entre os diversos grupos humanos.

Os geneticistas também vêm tentando descobrir as causas das diferenças de frequências gênicas entre as populações, bem como de mudanças de frequências de uma geração para outra numa mesma população. Tais frequências nada mais são do que valores numéricos que expressam a participação relativa de cada tipo de gene ou, em linguagem técnica, de cada alelo num mesmo ponto do cromossomo. Como, em última análise, variações nas frequências gênicas representam indício de ocorrência de evolução, pode-se entender que a comunidade científica internacional ligada à pesquisa em biologia humana tenha passado

a manifestar um interesse pelos fenômenos microevolutivos em seus projetos. Os estudos microevolutivos têm por preocupação central as mudanças de curto prazo nas frequências gênicas das populações em áreas geográficas restritas.

Dentre as condições que levam a frequência de um gene a modificar-se de uma geração para outra, merecem destaque a seleção do gene (contra ou a favor) e as contingências do simples acaso matemático. As mudanças devidas ao acaso ocorrem em situações especiais. Dois tipos de fenômenos aleatórios, importantes do ponto de vista evolutivo, são bem conhecidos: a deriva genética e o efeito do fundador. A deriva genética *stricto*

sensu pode ser interpretada como o percurso errante dos genes em gerações sucessivas de uma população, capaz de imprimir-lhe modificações no perfil genético. Tendo em vista que alguns alelos ocorrem em poucos indivíduos, caso esses indivíduos, por qualquer eventualidade, não deixem descendentes ou os deixem em menor número que os demais membros reprodutivos de sua comunidade, aqueles alelos poderão até mesmo extinguir-se. Obviamente, quanto menor a população, maior o risco de ocorrência dessa extinção aleatória. Já o efeito do fundador se dá, em geral, quando uma parcela relativamente pequena de um determinado grupo sofre um desligamento, vindo a fundar um novo grupo. Nesse caso, há uma considerável probabilidade de que certos alelos existentes na população original não sejam levados pelos emigrados, sobretudo se estes forem poucos. Resultado: a nova população formada

poderá apresentar frequências gênicas bem diferentes das do grupo original, por meio acaso.

A deriva genética e o efeito do fundador são fenômenos clássicos e largamente estudados. A partir da segunda metade da década de 1960 descreveram-se outros fatores aleatórios, capazes de modificar as frequências gênicas, mas eles não receberam grande destaque por parte dos estudiosos da evolução humana. Classificados como 'casuais' do ponto de vista genético, seguramente não o são em termos da estrutura social e das práticas culturais dos povos primitivos. Um desses fatores — o efeito linear —, conceitualmente relacionado com o efeito do fundador, baseia-se no fato de que os grupos que se desmembram em definitivo de uma determinada comunidade tribal por motivos socioculturais — conflitos políticos, por exemplo — são constituídos em geral de indivíduos com estreito parentesco biológico. Isso acentua ainda mais a possibilidade de ocorrência de deriva genética. Em 1970 o antropólogo Napoleon Chagnon (então da Universidade de Michigan) e colaboradores, pesquisando tribos da Amazônia, decreteveram outros fenômenos que espelham muito bem as repercussões de situações etno-históricas e socioculturais sobre o perfil demográfico e genético das populações indígenas. Aqui convém detalhar algumas circunstâncias específicas, para que fique bem claro como podem ser sutis os mecanismos de microdiferenciação genética na espécie humana.

Ao estudar a tribo Yanomani, que vive no extremo norte do país — na fronteira com a Venezuela —, os pesquisadores se depararam com um fato surpreendente: em apenas uma das dezenas de aldeias dessa tribo foram encontradas frequências de 6% e 8%, respectivamente, dos alelos Di*A (do sistema Diego, antígeno da membrana das hemácias) e ACP*A (do sistema da fosfatase ácida, uma enzima, também das hemácias). Nas demais aldeias, o primeiro alelo era ausente, enquanto o segundo mostrava-se extremamente raro. Diante de um quadro tão insólito em termos de genética de populações, iniciou-se um estudo pormenorizado. A origem dos dois alelos raros foi então identificada como sendo uma aldeia da tribo Makiritare, localizada em região próxima à dos Yanomani, só que do lado venezuelano. Por se tratar de um caso típico de fluxo gênico (migração interpopulacional), esperava-se que os dois genes fossem mais frequentes na aldeia da tribo Makiritare do que na al-

deia Yanomani. Mas, para nova surpresa dos estudiosos, as frequências desses alelos foram aproximadamente iguais nas duas aldeias, ou até maiores nesta do que naquela. Em outras palavras, a migração concentrou genes na população receptora do fluxo.

A explicação para o inusitado fato baseia-se em características puramente socioculturais. Em primeiro lugar, os dados etnográficos revelaram que a sociedade Yanomani, tal como muitas outras sociedades indígenas, confere aos líderes tribais o direito de possuir várias esposas (em terminologia antropológica, poliginia). Tal permissão é da maior relevância no caso em questão, pois o chefe da aldeia Yanomani com frequências gênicas atípicas era filho de um casamento entre um homem Makiritare e uma mulher Yanomani, carregando portanto parte do patrimônio genético da outra tribo. A poliginia deu a esse indivíduo uma vantagem reprodutiva em relação aos demais membros da aldeia, tendo ele a oportunidade de disseminar, com maior rendimento, os seus genes às gerações seguintes.

Além disso, a sociedade Yanomani é praticante do infanticídio — principalmente feminino — e suas mulheres respeitam um resguardo relativamente longo após o nascimento de cada filho, pois existem tabus de restrição de relações sexuais durante a amamentação. Os Yanomani são conhecidos guerreiros e, após os conflitos de que participam, capturam mulheres dos grupos por eles derrotados. Conforme Chagnon e colaboradores ressaltaram, as mulheres capturadas costumam utilizar estratégias para burlar as rígidas regras que lhes são impostas quanto ao infanticídio e ao resguardo pós-parto (vale observar que as tribos com as quais os Yanomani têm contato não praticam o infanticídio e, quando o fazem, é em número significativamente menor de vezes e/ou em circunstâncias bem diversas). Como consequência, as mulheres capturadas apresentam uma fertilidade bastante aumentada em relação às nativas, a ponto de terem, em média, 7,6 filhos vivos contra 3,8 das últimas. Só o conhecimento desses fatores socioculturais tornou possível explicar a elevação nas frequências dos dois alelos 'alienígenas' na aldeia Yanomani.

Por bastante tempo acreditou-se que as mudanças ocorridas na evolução humana seriam muito mais devidas à ação da seleção natural sobre os genes do que a processos aleatórios. Hoje é idéia corrente entre os especialistas que, em nosso processo

evolutivo, assim como no de outros animais, as mudanças neutras, moduladas apenas pelo acaso matemático, provavelmente foram também muito importantes. No caso específico do homem, as particularidades de sua organização social podem ter acentuado bastante a ação desses mecanismos. A investigação sistemática da relação entre os diversos tipos de estrutura social e a distribuição dos genes entre os grupos indígenas, se efetuada, deverá levar à construção de modelos de aplicação universal que venham inclusive a explicar nossa evolução morfológica desde o início do Pleistoceno.

Convém lembrar ainda que a divisão entre micro e macroevolução é apenas operacional, pois tanto as modificações de curto quanto as de longo prazo estão reguladas pelos mesmos mecanismos evolutivos. Ou seja: se a macroevolução for interpretada como resultado de um conjunto de modificações microevolutivas processadas através de períodos de duração geológica, o comportamento social dos homínidos mais antigos pode ter condicionado diferenças genéticas intergrupais, talvez até mesmo discretas, mas cumulativas ao longo de milhares de anos, que teriam contribuído para delinear as características do homem moderno.

Os povos indígenas da Amazônia — e também os de outras partes do mundo —, graças às peculiaridades de suas estruturas sociais, podem então permitir a elucidação de muitos pontos ainda obscuros sobre a história da evolução biológica da espécie humana. Além disso, os estudos até agora realizados mostram claramente que a única maneira de se entender o fenômeno antropológico por uma perspectiva evolucionista é desenhar e executar experimentos com uma orientação biocultural. Com essa preocupação, o Programa de Biologia Humana do Museu Paraense Emílio Goeldi, associado aos departamentos de genética da Universidade Federal do Pará e Universidade Federal do Rio Grande do Sul, está desenvolvendo um projeto-piloto, por meio do qual vem testando nas aldeias de algumas tribos amazônicas a influência das regras de casamento e de residência pós-matrimonial sobre a distribuição populacional dos genes relativos a várias proteínas sanguíneas.

Ricardo C. Nassif, Gilberto F.S. Aguiar e Walter A. Neves
Programa de Biologia Humana,
Museu Paraense Emílio Goeldi — Conselho Nacional de Pesquisas

ASTROFÍSICA

O ANEL IMPOSSÍVEL DE EINSTEIN

A luz se curva? Esse problema começou a ser colocado em 1905, quando Einstein lançou a sua teoria da relatividade restrita, com a relação famosa entre massa e energia ($E = mc^2$ ou $m = E/c^2$). Como a luz possui uma energia E e uma velocidade c , ela apresenta uma massa m , equivalente a E/c^2 , e por isso pode ser desviada por um corpo dotado de massa — muita massa — como o Sol. Einstein previu, em 1911, que a luz de uma estrela seria desviada em um ângulo de 0,87 segundo de arco, ao passar perto do Sol. Em 1914, durante um eclipse do Sol, uma expedição científica foi à Rússia para medir esse desvio, mas a Primeira Guerra Mundial impediu que as medições fossem feitas.

Einstein continuou trabalhando com o problema da curvatura da luz e em 1916 publicou a teoria de relatividade geral, na qual conclui que efeitos gravitacionais se manifestam como uma distorção do espaço e do tempo pela massa. A luz, ao passar perto do Sol, de acordo com a nova teoria, seria desviada por dois motivos: 1) a distância que ela percorre perto do Sol é aumentada; 2) o tempo é diminuído. Assim, a previsão de deflexão da luz passou a ser 1,75 segundo de arco, isto é, o dobro da que fora feita em 1911.

Em março de 1917, o astrônomo real da Inglaterra, Sir Frank Watson Dyson, verificou que haveria um eclipse total em 29 de maio de 1919, sendo uma boa oportunidade para testar a previsão de Einstein. O fenômeno, segundo ele, apareceria como um deslocamento das posições de estrelas próximas ao Sol, podendo ser observado numa placa fotográfica. O armistício da Primeira Guerra Mundial aconteceu em 16 de novembro de 1918. Quatro meses depois, em 27 de março de 1919, foram divulgados os planos das expedições que, sob responsabilidade de Sir Arthur Eddington, iriam testar a teoria de Einstein. Os britânicos enviaram duas equipes: uma faria as observações no Brasil (Ceará), a outra na ilha do Príncipe, África Ocidental (atual República da Guiné).

Um eclipse total acontece dentro de uma faixa muito estreita e dura somente alguns minutos. Se uma nuvem escura fica em

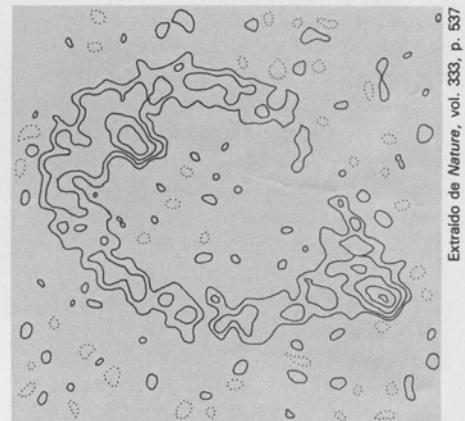
frente ao Sol, todo esforço de observação é perdido. O eclipse de 1919 durou 302 segundos. A descrição feita pela expedição da ilha do Príncipe por Sir Arthur foi a seguinte: “Quando o eclipse começou, o Sol estava atrás de uma nuvem fina. Não havia jeito de prosseguir com nosso programa. Tínhamos apenas consciência da luz estranha e do tique-taque do relógio contando os segundos. Uma pessoa foi encarregada de ir trocando as placas fotográficas em rápida sucessão, outra de segurar uma tampa em frente à câmara e medir as exposições. Dezesesseis placas foram obtidas com exposições de dois a 20 segundos. As primeiras não mostraram nenhuma estrela. Todavia, a nuvem aparentemente tornou-se mais fina quase no final do eclipse, e imagens de estrelas apareceram nas últimas exposições. Conseguiu-se uma placa com imagens boas de cinco estrelas, o que foi suficiente para determinação do deslocamento da luz.” O desvio médio medido foi de 1,64 segundo de arco, valor aproximado do 1,75 segundo de arco previsto por Einstein em 1916.

Em 6 de novembro de 1919 os resultados foram divulgados em sessão especial da Sociedade Astronômica Real de Londres. O presidente da Sociedade, Sir J. J. Thompson, declarou: “A teoria de Einstein é uma das maiores realizações na história do pensamento humano e a maior descoberta em conexão com a gravidade desde os princípios de Newton.” No dia seguinte, um ano depois do fim da guerra, eram duas as manchetes dos jornais londrinos: ‘Observação do Armistício: todos os trens parados’ e ‘Revolução em ciência: idéias newtonianas são derrubadas’.

Em 1936 Einstein fez outra previsão sobre a curvatura da luz, mas esta tardou quase 52 anos para ser confirmada. Baseando-se em que uma massa pode desviar luz e funcionar como uma lente, Einstein previu que um objeto, funcionando como lente (por exemplo, uma galáxia) e tendo por trás um segundo objeto, poderia criar uma imagem deste segundo objeto, em forma de anel. Um terceiro objeto pouco deslocado do segundo criaria duas imagens: 1) uma imagem pouco fora do anel e 2) ou-

tra imagem diametralmente oposta, pouco dentro do anel.

Recentemente, a teoria se confirmou: o objeto MG 1131 + 0456, observado com radiotelescópio na constelação de Leão (ver figura), foi interpretado como um anel de Einstein por uma equipe de astrônomos liderados por Jacqueline Hewitt, trabalhando em Novo México (EUA).* A fonte de radiação foi uma galáxia de núcleo compacto, ladeado por duas nuvens. Uma dessas nuvens, situada atrás da lente e alinhada com o observador e a lente, cria a imagem do anel. O núcleo forma duas imagens observadas como regiões brilhantes nos dois lados do anel. A segunda nuvem forma uma segunda imagem, também observada perto do anel. A lente já foi identificada opticamente como outra galáxia de forma elíptica.



Representação gráfica do contorno da imagem radiotelescópica do anel de Einstein, associado ao objeto astronômico MG 1131 + 0456.

A confirmação da previsão feita por Einstein em 1936 não vai chocar o mundo como a primeira confirmação da curvatura da luz, em 1919. No entanto, ela é muito interessante e constitui-se numa importante confirmação da teoria einsteiniana. O próprio Einstein considerou sua previsão altamente improvável. Foi o que levou os astrônomos de Novo México a considerarem inicialmente com ceticismo sua própria observação. “Achamos que era um problema no *software* do computador que interpreta as informações do radiotelescópio”, comentou Jacqueline Hewitt. O improvável aconteceu.

* *Nature*, vol. 333, p. 537, 1988

Reuven Opher

Instituto Astronômico e Geofísico, Universidade de São Paulo

Complete sua coleção de CIÊNCIAHOJE

Nº 1 — Julho/Agosto de 1982

- Cubatão: uma tragédia ecológica
- Bactérias e algas: orientação magnética
- Futebol: força estranha
- Porque os índios cantam?
- Museu Goeldi
- Cem bilhões de neurônios
- Vento solar e ventos estelares
- Potencial de crescimento da população brasileira
- A reforma universitária em questão

Nº 2 — Setembro/Octubre de 1982

- Nascimento, vida e morte das estrelas
- 1932: São Paulo vai à guerra
- Pressão alta, um problema de milhões
- Um parque nacional para Abrolhos
- Barbeiros: eles transmitem a doença de Chagas
- Luminescência, da alquimia à época moderna
- O drama do alcoolismo
- Os primatas do Brasil, patrimônio a conservar
- Por que os preços não caem

Nº 3 — Novembro/Dezembro de 1982

- Plantas medicinais
- O Brasil volta às urnas
- Carajás: o grande desafio
- Novas teorias do cosmos
- Trinta anos de física teórica
- Os parasitos do homem antigo
- Vacinas
- O combate às pragas sem poluição

Nº 4 — Janeiro/Fevereiro de 1983

- Fundação Oswaldo Cruz
- Anéis planetários
- Mendigo, o trabalhador que não deu certo
- *Trypanosoma cruzi*: o retrato de um invasor
- Quem vai para a universidade
- Para que serve a pesquisa básica?
- Hemoglobina e mioglobina: moléculas inteligentes
- Araguaia: uma estrada contra o parque
- A resistência cultural dos Apinayé

Nº 5 — Março/Abril de 1983

- Vidros metálicos
- Tartaruga-do-mar: depéia, suçuarana, jereba, aruanã
- Tesouro fóssil no sertão baiano
- O interior da Terra
- Desnutrição

Nº 6 — Maio/Junho de 1983

- Terremotos no Brasil
- A loucura em questão
- As cores dos animais
- Missão Voyager: viagem a Júpiter
- Quantos seriam os índios das Américas?
- Insetos x insetos: novas alternativas para o controle de pragas

Nº 7 — Julho/Agosto de 1983

- Arte do Brasil na pré-história
- A estranha natureza da realidade quântica
- Reconhecer a si próprio: idéias para uma nova imunologia
- Avoantes, pombas de arribação
- Política e economia no primeiro governo Vargas
- Neurogênese: vida e morte de neurônios jovens

Nº 8 — Setembro/Octubre de 1983

- Militares, geopolítica e segurança nacional
- Memória e esquecimento
- Circuito integrado para rede de computadores
- Pantanal: terra de todos, terra de ninguém
- Angra entra em operação
- Plaquetas sanguíneas: hemorragia, coagulação e trombose

Nº 9 — Novembro/Dezembro de 1983

- Percolação
- O previsível eleitor brasileiro
- Vigor de híbrido
- Manchas estelares
- Interferons
- Moratória. E depois?

Nº 10 — Janeiro/Fevereiro de 1984

ESPECIAL AMAZÔNIA

- O cata-água: energia para pequenas comunidades
- Uma floresta sobre solos pobres
- Por que se migra na Amazônia
- A floresta pode acabar?
- A invasão das terras indígenas
- *Trichechus inunguis*, vulgo peixe-boi
- A crise atinge a Amazônia
- Carajás, o mito desfeito

Nº 11 — Março/Abril de 1984

- A matemática das películas de sabão
- Evolução dos cromossomos humanos
- Radiação de sincrotron
- EUA x URSS: anatomia de um conflito
- Ciência da ciência
- Vinho novo, vinho velho

Nº 12 — Maio/Junho de 1984

- Lixo atômico: o que fazer?
- Saques e desemprego
- Os Kayapó e a natureza
- O mico-leão volta à mata
- Os estranhos canais subterrâneos de Tucuruí
- Malária: agrava-se o quadro da doença no Brasil
- Cálcio e contração muscular

Nº 13 — Julho/Agosto de 1984

- Família trabalhadora: um jeito de sobreviver
- Hortaliças da Amazônia
- USP, meio século
- Manguezais: florestas de beira-mar
- Indexação x desindexação: inflação com ou sem anestesia
- Criogenia: quanto mais frio melhor

Nº 14 — Setembro/Octubre de 1984

- Terra de índio
- Família século XIX
- A matéria indivisível
- A microrrevolução
- Anemias imigrantes
- Bromélias

Nº 15 — Novembro/Dezembro de 1984

- A estereologia e a tomografia computadorizada
- Arte e ciência no Brasil holandês
- Tapiragem
- Rastros de um mundo perdido
- A energia do gás

Nº 16 — Janeiro/Fevereiro de 1985

- Malária: a vacina é possível
- Holografia: a luz congelada
- Terra ardendo: o aproveitamento dos solos como combustíveis
- A floresta e as águas

Nº 17 — Março/Abril de 1985

- Os deserdados da terra
- O trigo nosso de cada dia
- Aspirinas x dor: como funcionam estas drogas
- O pesquisador e seus papéis
- Vidros de spin: novos desafios do magnetismo

Nº 18 — Maio/Junho de 1985

ESPECIAL NORDESTE

- Nordeste: o tempo perdido
- Secas: o eterno retorno
- Vida severina
- Os sertões: a originalidade da terra
- Insulina de gambá
- O cérebro desnutrido
- O caju que um dia foi brasileiro
- Mocambos do Recife: o direito de morar

Nº 19 — Julho/Agosto de 1985

- Adesão de superfícies
- Pré-história do Brasil
- Plataforma de petróleo: o cálculo das ondas
- As galhas: tumores de plantas
- O sono, um terço da vida
- Entrevista: os cientistas que saem do país e não voltam, com: Luis Hildebrando, Bóris Vargaftig, Michel Rabinovitch e Júlio Puddles

Nº 20 — Setembro/Octubre de 1985

- O trabalho nas usinas de açúcar
- Caça às bruxas: o novo saber das mulheres como obra do diabo
- Tomografia: novas imagens do corpo
- Babaçu: a palmeira de muitas vidas
- Ansiedade: uma perspectiva biológica

Nº 21 — Novembro/Dezembro de 1985

- Bem-vindo, Halley!
- Bromélias: na trama da malária
- A estética dos índios
- Modulação da dor: mecanismos analgésicos endógenos
- Encarte especial: rumos da economia brasileira com: João Sayad, Reis Veloso, Paul Singer, Celso Furtado, Lara Resende, Francisco Lopes e outros

Nº 22 — Janeiro/Fevereiro de 1986

- Ensino e/ou pesquisa: a teoria na prática é outra
- Transposons: a dança dos genes
- Defensivos agrícolas ou agrotóxicos?
- Meteoritos, o material primitivo
- Perfil: Bernhard Gross

Nº 23 — Março/Abril de 1986

- IPC: a temperatura da inflação
- Uma *demoiselle* que não envelheceu
- Nas malhas da energia
- Alta-tensão por um fio
- De aromas, insetos e plantas
- Capivaras: uma vida em família
- Perfil: Maria da Conceição Tavares

Aproveite esta promoção

PAGUE 5 - LEVE 6

Preencha o cupom de assinaturas que acompanha esta revista

Nº 24 — Maio/Junho de 1986

- Cruzado x Austral: inflação nunca mais?
- A hiperinflação alemã de 1923
- Gaivotas e trinta-réis
- Pintores e macucos
- Galhas e canções
- Viagem no tempo da Antártida
- Política energética: na gangorra do petróleo
- Vidas irrigantes

Nº 25 — Julho/Agosto de 1986

- Filhos do milagre
- Campos rupestres: paraíso botânico na serra do Cipó
- A estratégia do branqueamento
- Supercomputadores: a batalha dos nanossegundos
- Fraude em ciência
- Momentos da memória

Nº 26 - Setembro/Octubre de 1986

- Distrofias musculares
- S.O.S. corais
- Tâquions
- Políticos e militares: quem consente cala
- Percevejos sugadores de sementes
- O aço tratado

Nº 27 - Novembro/Dezembro de 1986

- AIDS: origem, controle, tratamento, cura?
- Luz e matéria: as surpresas da interação
- Ambiente, represas e barragens
- Eutrofização artificial: a doença dos lagos
- As queixas do povo no início do século

Nº 28 — Janeiro/Fevereiro de 1987

- Camada de ozônio: um filtro ameaçado
- Manejo integrado de pragas
- Orquídeas: entrada e dispersão na Amazônia
- A toxicidade do oxigênio
- Mulheres: o peso do trabalho leve
- Encarte especial: a violência no Brasil

Nº 29 — Março de 1987

- Energia e sociedade
- Pupunha: uma árvore domesticada
- Efeito estufa: uma ameaça no ar
- O pensamento autoritário: Oliveira Vianna, hoje
- Encarte infantil: fogo, carnaval, beija-flor, jogos

Nº 30 — Abril de 1987

- Cactáceas: os segredos da sobrevivência
- Terremotos: o movimento das terras no Brasil
- Inflação x cruzado: de volta para o futuro
- Inverno nuclear: e o Brasil?
- Constituinte 87: propostas da SBPC

Nº 31 — Maio de 1987

- Agricultura: a ciência vai à roça
- O efeito Hall quântico
- Reflorestamento indígena
- Escola e família: constelação imperfeita
- Sistemas estaduais de C & T. Constituinte e sindicatos
- Encarte infantil: do ovo ao pinto, experiências, química

Nº 32 — Junho de 1987

- Tchernobyl, um ano depois
- Lições de Tchernobyl: os alimentos importados
- História: capitão Cook sob suspeita
- Metemoglobinemia: células sem ar
- Perfil: os Deane, 50 anos de parasitologia
- Encarte especial: ciência e tecnologia na Constituinte

Nº 33 — Julho de 1987

- Soja: proteína para milhões
- O início e o fim do universo
- A natureza das restingas
- Sambaquis na pré-história
- Reforma sanitária: propostas
- Perfil: Alcides Carvalho — Instituto Agrônomo de Campinas
- Encarte infantil: ouriço, índios, experiências, o que é, o que é?

Nº 34 — Agosto de 1987

- Sementes germinantes
- Poluição: acidez na chuva
- Paleontologia no sul do Brasil
- Saúde pública: positivismo e dilemas
- Perfil: Nise da Silveira, viagem ao reino dos homens tristes
- Encarte especial: principais discussões da 39ª Reunião Anual da SBPC

Nº 35 — Setembro de 1987

- Formigas cortadeiras: a linguagem dos odores
- Medicina popular: rezas e curas de corpo e alma
- Super-redes: harmonia das bandas cristalinas
- Choque (hiper)térmico
- Perfil: Isaías Raw
- Encarte infantil: experiências de magnetismo, tartarugas da Amazônia, as bruxas brasileiras e a inquisição

Nº 36 — Outubro de 1987

- Polímeros condutores de eletricidade
- Rondônia devastada
- Chuvas e constelações: calendário dos índios desana
- Banhos de cheiro e rituais amazônicos
- Perfil: Antônio Houaiss
- Constituinte 87: quem controla a administração pública

Nº 37 — Novembro de 1987

- Depressão alastrante
- Imagens e computadores: o olho que tudo vê
- Experimentação com seres humanos
- A mulher faz e (desfaz) o homem
- Entrevista: Sérgio Paulo Rouanet, filósofo, diplomata
- Encarte infantil: Zumbi dos Palmares, experiências com eletromagnetismo

Nº 38 — Dezembro de 1987

- Parque das emas
- Imagens e computadores: vegetação à vista
- Colorindo o invisível: quando os fótons se somam
- Inteligência artificial
- Repensando a tradição
- A indústria brasileira de armamentos: mitos e questões

Nº 39 — Janeiro/Fevereiro de 1988

- A homeopatia em questão: abordagem científica, práticas e a implantação no Brasil
- Fotografia e história
- Ressonâncias nucleares gigantes
- O açúcar das plantas
- Encarte infantil: os dinossauros, é bicho ou máquina?

Nº 40 — Março de 1988

- Autos de Goiânia: artigos científicos sobre física da radiação, efeitos biológicos, radioatividade ambiental, aspectos sociológicos e jurídicos e depoimentos de médicos e da equipe de descontaminação
- Feitiços e bruxarias no Brasil colonial
- Queimadas na Amazônia
- Política nacional de informática

Nº 41 — Abril de 1988

- Monoclonais contra leucemia
- Os homens da mina
- Fusão termonuclear controlada
- Newton: principia mathematica, 300 anos
- Encarte infantil: raça ou espécie, luz e sombra, o fogo, passatempos

Nº 42 — Maio de 1988

- O futuro da energia nuclear
- No rastro dos terremotos
- Homeopatia: os leitores opinam
- O fascínio das serpentes
- Perfil: Alberto Carvalho da Silva

Nº 43 — Junho de 1988

- Vacina contra esquistossomose
- A mulher nas Olimpíadas
- Brasil: para onde vai a informática?
- Sensoriamento remoto e agricultura
- Encarte infantil: escravos no Brasil, galáxias, viva São João, abelha operária

Nº 44 — Julho de 1988

- Reserva biológica para o Maranhão
- Envelhecimento e representação da velhice
- O jogo da inflação
- Pioneiros da ciência no Brasil
- Cavalos, um brasileiro antigo
- Perfil: Ricardo Ferreira, química, política e vida

Nº 45 — Agosto de 1988

- Tartarugas marinhas
- Estabilidade no emprego: ameaça ao capital?
- Nova pedagogia, velha vigilância
- Epilepsia: a persistência de um preconceito
- Perfil: Alberto Luiz Galvão Coimbra, o criador da COPPE
- A universidade em busca de si mesma
- Encarte infantil: energia elétrica, macacos brasileiros, labirintos, passatempos

Nº 46 — Setembro de 1988

- A química nos mares
- Integração: Brasil-Argentina
- Floresta amazônica: maneje com cuidado, frágil
- O inhame, esse desconhecido
- Racismo no Brasil: entrevista com Peter Fry
- A matéria superaquecida e supercomprimida



BIOLOGIA

QUEM CONTROLA A DIFERENCIAÇÃO SEXUAL?

Já há muito tempo é consenso, na biologia, que a diferenciação sexual nos mamíferos é determinada por um gene do cromossomo Y. Este é o cromossomo sexual, próprio do sexo heterogamético, isto é, aquele em que metade das células sexuais (gametas) tem um cromossomo de tipo X e a outra metade um diferente, Y (às vezes inexistente). Nos mamíferos é o macho que é heterogamético. Considera-se, portanto, que os indivíduos providos do cromossomo Y teriam genes capazes de levar as gônadas indiferenciadas do embrião a se transformarem em testículos.

Ainda segundo essa concepção, predominante até os dias atuais, durante a diferenciação a transformação dos demais tecidos seria induzida ou impedida pelos hormônios secretados pelas gônadas do macho. Toda a diferenciação sexual ocorreria, portanto, em consequência da prévia diferenciação das gônadas, sob o controle dos hormônios delas. Apenas a diferenciação das gônadas é que estaria submetida ao controle genético.

Um estudo recente,* conduzido na Austrália sob a liderança do pesquisador chinês Wai-Sum O, veio no entanto pôr em xeque essa versão corrente sobre a diferenciação sexual entre os mamíferos. A pesquisa foi realizada em cangurus *Macropus eugenii* recém-nascidos e em embriões obtidos de fêmeas dessa espécie em estádios conhecidos de gravidez.

Os cangurus — juntamente com os gambás, as cuicas e os coalas — pertencem à ordem dos marsupiais, que se caracterizam por nascerem num estádio de desenvolvimento em que os órgãos e tecidos apresentam um grau de diferenciação muito rudimentar. Assim, os marsupiais recém-nascidos assemelham-se a embriões de outras ordens de mamíferos, o que os torna especialmente adequados para diversos estudos.

No experimento do grupo australiano, embriões e recém-nascidos tiveram o sexo determinado a partir de seus cromossomos e seus órgãos foram estudados ao microscópio. Constatou-se que as gônadas de am-



ilustração Racy



bos os sexos se apresentavam completamente indiferenciadas: eram pequenas e não exibiam o aspecto característico das gônadas de indivíduos sexualmente maduros. Não havia diferença na posição entre gônadas de fêmeas e machos, que tampouco podiam ser distinguidas pelo volume ou por características histológicas. Não havia também qualquer indicação de secreção hormonal nos machos estudados.

No entanto, apesar de não haver hormônios ou diferenciação das gônadas masculinas, cinco dias antes do nascimento já apareciam nos machos as estruturas precursoras do pênis e nas fêmeas aquelas predecessoras dos órgãos sexuais femininos, inclusive das glândulas mamárias. No nascimento, apesar da falta de diferenciação sexual, já havia clara evidência de dimorfismo sexual. Em todos os machos, mas não nas fêmeas, as protuberâncias escrotais podiam ser vistas em posição anterior ao falo.

Outros estudos, feitos com ratos, coelhos e porcos, demonstraram que a produção do

hormônio testicular — até agora considerada responsável pela diferenciação sexual — também só se inicia depois que as gônadas se diferenciam morfologicamente.

As novas observações indicam que nos seus antigos conceitos devem ser repensados: já não se pode considerar que, nos mamíferos, as diferenças somáticas entre machos e fêmeas são consequência apenas da secreção de hormônios. O que se constata é que elas surgem já durante o desenvolvimento embrionário, antes da diferenciação das gônadas, o que parece sugerir que existiria um controle por genes ainda não conhecidos. Isso significa que a diferenciação dos sexos talvez esteja sob controle genético primário, não sendo portanto induzida somente depois que surgem os hormônios das gônadas.

* *Nature*, vol. 331, 1988, pp. 716-717.

Rui Cerqueira

Instituto de Biologia, Departamento de Ecologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro



Memórias sobre a escravidão, de João Severiano Maciel da Costa et alii. Introdução de Graça Salgado. Rio de Janeiro/Brasília, Arquivo Nacional/Fundação Petrônio Portella, 1988, 222 p.

Entre uma frase e outra, enquanto se molhava a pena no tinteiro, podia-se denegar a um escravo que servisse um refresco antes da refeição, também preparada e servida por escravos. Até aqui nada a estranhar de pessoas que não raro possuíam dez ou mais cativos dentro de casa. A situação começa a ficar curiosa se pensarmos que a pessoa assim cercada de escravos justamente escrevia sobre... a abolição da escravidão.

No programa de comemorações do centenário da Lei Áurea o Arquivo Nacional publicou um volume que contém quatro desses escritos, todos da primeira metade do século XIX e com uma proposta comum: acabar com o trabalho escravo, considerado como principal entrave ao desenvolvimento da indústria e do comércio no Brasil. São eles:

1) 'Memória sobre a necessidade de abolir a introdução de escravos africanos no Brasil, sobre o modo e condições com que esta abolição se deve fazer e sobre os meios de remediar a falta de braços que ela pode ocasionar' (1821), de João Severiano Maciel da Costa (1769-1833), futuro marquês de Queluz e que já fora desembargador do Paço e governador da Guiana Francesa de 1809 a 1819.

2) 'Representação à Assembléa Geral Constituinte e Legislativa do Brasil sobre a escravatura' (1823), de José Bonifácio de Andrada e Silva (1763-1838), um dos maiores representantes da geração que participou da Independência.

3) 'Memória sobre a abolição do comércio da escravatura', de Domingos Alves Branco Muniz Barreto (?-1831), marechal-de-campo do Exército e vogal do Conselho Su-

CONTEMPORÂNEOS DO CATIVEIRO

premo Militar, que também participou do movimento da Independência; o escrito acima foi publicado *post mortem*.

4) 'Memória analítica acerca do comércio de escravos e acerca dos males da escravidão doméstica' (1837), de Frederico Leopoldo César Burlamaque (1803-1866), membro do Conselho do imperador e da Sociedade Auxiliadora da Indústria Nacional.

Todos, como se observa, eram indivíduos bem-postos da elite que fundava uma jovem nação. E acreditavam, sintonizados com experiências de países europeus, que a modernização econômica só poderia vingar quando se implantasse um verdadeiro parque industrial e se modificassem radicalmente as relações de trabalho tanto na cidade quanto no campo. No mais antigo dos quatro escritos, o de Maciel da Costa, essa idéia se expressa de forma inequívoca; uma vez mantido o sistema escravista, argumenta ele, "o trabalho industrial, relegado na classe dos escravos, se aviltará aos olhos da multidão e por isso a classe livre o detestará como acontece já entre nós com o trabalho agrícola, que na opinião geral é só para escravos. (...) E que esperança podemos ter de que prospere a indústria em um país onde o trabalho, alma dela e de toda riqueza, é infamante e indecoroso? A história dos progressos da indústria, nos tempos feudais, mostra bem claramente que a condição servil dos homens lhe opõe grandes barreiras. (...) Nem se diga que o Brasil não deve ocupar-se tão cedo de indústria. (...) Uma grande nação puramente agrícola (...) é um ente imaginário, porque não pode haver sólida grandeza sem indústria e comércio. (...) Portanto, o meio sólido e eficaz de proteger a agricultura é proteger a indústria; não há que separar uma da outra. Quereis um país cultivado? Dai-lhe fábricas, que vale tanto como dizer dai consumidores numerosos e certos aos produtos da sua agricultura".

A manutenção do sistema escravista, sustentavam os quatro autores, era de todo incompatível com o desenvolvimento industrial necessário ao crescimento econômico do país segundo um modelo de que a Inglaterra constituía o protótipo. Já não se repisavam aqui os velhos argumentos humanitários contra a servidão. Até o século XVIII, na tradição de moralistas como os padres Jorge Benci e Manuel Ribeiro da Rocha, pretendia-se com efeito apenas minorar a carga da condição servil, sem que em nada se alterasse o sistema.

O liberalismo ilustrado de inícios do século XIX almejava, ao contrário, uma ordem sócio-econômica moderna, na qual não havia lugar para o escravismo. Ademais, tratava-se, ao que presumiam, da própria segurança do Estado. Havia medo, um enorme e generalizado medo de que a população negra suplantasse a branca e se revoltasse. "Se a população livre cresce", raciocinava Maciel da Costa, "cresce também a dos escravos e sempre numa proporção desvantajosa porque, primeiro, cada homem livre não pode dispensar ao menos um escravo, e os que se ocupam da agricultura e dos outros trabalhos lucrativos possuem centenas". Era aterrador. Nesse caso, indagava o assustado ensaísta, "que faremos, pois, desta maioridade de população heterogênea incompatível com os brancos, antes inimiga declarada?"

A solução vislumbrada parece hoje surpreendentemente simplória: incorporar o negro à sociedade dos brancos, fazendo-o 'ascender à civilização', até pelo 'branqueamento' progressivo dos mestiços. Tudo se faria sem traumas, harmoniosa e pacificamente. José Bonifácio, por exemplo, fala da premência de "que venhamos a formar, em poucas gerações, uma nação homogênea, sem o que nunca seremos verdadeiramente livres, respeitáveis e felizes. É da maior necessidade ir acabando tanta heterogeneidade física e civil; cuidemos, pois, desde já, em combinar sabiamente tantos elementos discordes e contrários e em amalgamar tantos metais diversos, para que saia um todo homogêneo e compacto". Estamos a um passo, aqui, do mito da democracia racial. Mas essa já é outra história.

Nossos quatro autores escreveram há uns 150 anos, mas suas dissertações permanecem valiosas como fonte de reflexão sobre o Brasil que se queria construir e no que afinal vem resultando hoje, quando as elites agrárias ainda impõem a força de um poder centenário e o vastíssimo contingente negro ainda está longe de usufruir as vantagens da tal democracia racial.

Essa publicação do Arquivo Nacional, valorizada por breve e segura introdução de Graça Salgado, é em tudo oportuna por tornar acessível em volume único edições havia muito esgotadas, portanto de acesso restrito a pesquisadores e subtraídas à leitura do grande público.

Emanuel Araújo
Ciência Hoje, Rio de Janeiro

A NATUREZA NÃO É DE FERRO.

A Vale do Rio Doce trabalha com mineração há quase 50 anos.

Hoje ela é a maior exportadora de minério de ferro do mundo, além de atuar em outros setores básicos da economia nacional.

A Vale do Rio Doce produz celulose, alumínio, manganês, titânio e realiza Carajás — uma província mineral com 18 bilhões de toneladas de ferro, 80 milhões de toneladas de manganês, 40 milhões de toneladas de bauxita.

E mais cobre, níquel, cromo, estanho e ouro.

Os projetos da Vale do Rio Doce sempre resultam em desenvolvimento para as

regiões em que se instalam.

A Estrada de Ferro Carajás, por exemplo, liga as minas da Serra de Carajás, no Pará, a São Luís do Maranhão, com 890 quilômetros de extensão.

Rasgando boa parte da Selva Amazônica e transportando progresso.

Mas a Vale do Rio Doce sabe que a natureza é tão importante para o homem quanto o progresso. E que os dois têm que conviver em harmonia.

Para isso, ela desenvolve importante política de preservação, segundo diretrizes ditas por cientistas brasileiros. Como, por exemplo, os cientistas do Grupo Executivo de

Assessoramento do Meio Ambiente, especializado em ecologia da Amazônia.

A Vale do Rio Doce combate a erosão, protege as espécies ameaçadas de extinção, refloresta diversas áreas do país e ensina as populações locais a respeitarem o ambiente em que vivem.

Estas são responsabilidades de uma empresa que sabe que o equilíbrio econômico de uma região também se deve ao equilíbrio de seu meio ambiente.

São responsabilidades de uma mineradora que conhece mais do que ninguém a força da natureza. E sabe que ela não é de ferro.



Companhia
Vale do Rio Doce

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA

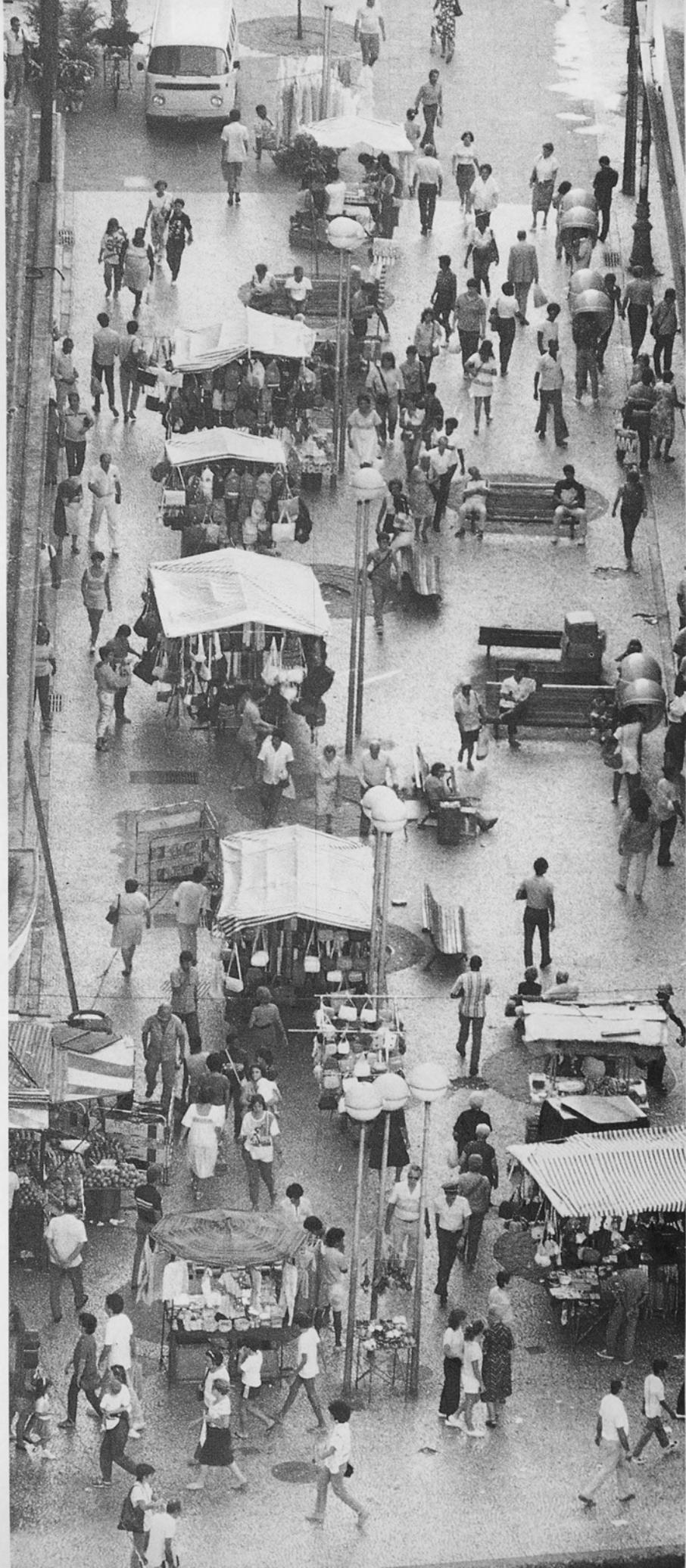
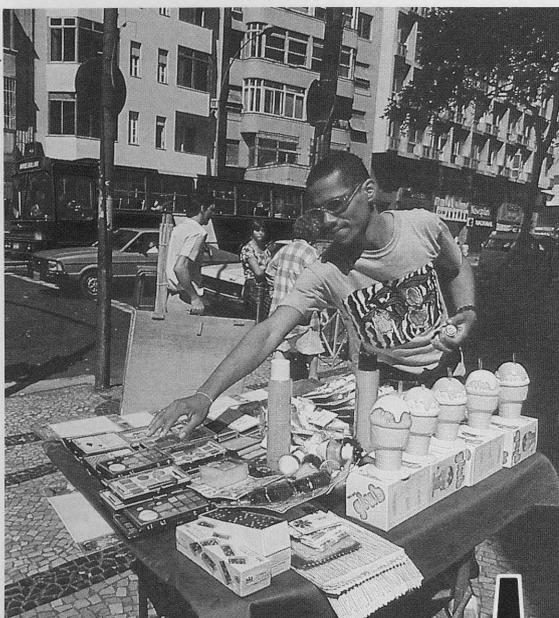


foto Agência O Globo — Luiz Bitencourt — 1986



A falta de apoio ao desempregado é mencionada como uma das causas da proliferação dos camelôs nas grandes cidades. No Rio, porém, muitos deles deixaram seus empregos para não ter patrão. Essa ocupação congrega mão-de-obra basicamente de origem urbana e constitui-se ao mesmo tempo em estratégia de sobrevivência e de ascensão social para quem não recebeu uma boa educação formal, dispõe de certas qualidades e de capital inicial para se estabelecer.

Bila Sorj

Departamento de Ciências Sociais,
Universidade Federal do Rio de Janeiro

CAMELÔS

O SONHO PERSEGUIDO

O SETOR INFORMAL NA ECONOMIA

Elas são alvos constantes de ações repressivas por parte de agentes governamentais, atraem aversões ou simpatias da população e costumam ser interpelados nos discursos políticos de candidatos a cargos de gestão urbana. Os vendedores ambulantes ou camelôs se constituem, entretanto, numa categoria pouco conhecida sociologicamente. Rótulos como 'carentes', 'marginais' e 'desempregados', usualmente atribuídos a esse segmento, não correspondem ao perfil sociológico da ocupação. A sua situação pode ser mais bem compreendida na chave das estratégias individuais de ascensão social.

É conhecida a importância do setor informal na economia brasileira, tanto pelo volume de renda gerado quanto por sua significativa participação na ocupação de mão-de-obra urbana (ver 'O setor informal na economia'). Objeto de estudo e pesquisa há várias décadas, esse setor vem sendo apresentado como reduto de ocupações altamente instáveis, provedor de parques rendimentos, congregando baixos níveis de escolaridade e apresentando atividades de caráter temporário.

Esta pesquisa, que focaliza um segmento do setor informal — os vendedores ambulantes que ocupam as áreas centrais da cidade do Rio de Janeiro —, foi realizada no início de 1987. Foram entrevistados quarenta camelôs escolhidos aleatoriamente nas ruas do Centro da cidade e de Copacabana.

A designação genérica de 'vendedor ambulante' engloba uma intensa diversidade de situações sociais até mesmo hierarquicamente organizadas. Podemos identificar, empiricamente, três posições que convivem no exercício dessa atividade: a do titular da barraca (os 'proprietários' de um 'ponto fixo' de venda); a dos ajudantes (empregados assalariados e/ou comissionados pelo titular da barraca); e a do 'proprietário legal' de um ponto de venda (pessoa credenciada pelos órgãos públicos que geralmente 'aluga' o ponto para um vendedor, auferindo daí uma renda mensal).

O emprego de ajudantes nesse ramo é uma prática bastante generalizada. Cerca de 50% dos titulares de barraca entrevistados faziam uso dessa força de trabalho. A posição de ajudante é uma importante porta de entrada na atividade de vendedor autônomo. Um terço dos entrevistados havia alcançado a posição de titular após um período de permanência nessa função. Nesse estágio são adquiridos os conhecimentos necessários ao bom desempenho do negócio: identificação de fornecedores de mercadorias, avaliação de locais disponíveis, confirmação das preferências do consumidor, familiaridade no trato com as autoridades públicas e, finalmente, a acumulação de um capital inicial. A partir de um

O conceito de setor informal, embora utilizado anteriormente por diversos sociólogos, teve seu uso disseminado a partir de um conjunto de estudos sobre os mercados de trabalho na África, patrocinados pela Organização Internacional do Trabalho (OIT) no início da década de 1970. A motivação para o surgimento desse conceito era explicar um aparente paradoxo constatado em economias em desenvolvimento: ao mesmo tempo em que a absorção da mão-de-obra pelo setor moderno ocorria a taxas bem inferiores às do crescimento da população economicamente ativa em áreas urbanas, os níveis de desemprego aberto permaneciam, surpreendentemente, bastante reduzidos.

Os estudos da OIT documentaram que nesses países, por não existir salário-desemprego ou outros programas sociais de assistência aos desempregados, aqueles que não encontravam emprego no setor moderno passavam a exercer por conta própria uma série de atividades marginais ou periféricas. Tradicionalmente excluídas nas estatísticas oficiais, tais atividades recebiam muito pouco apoio governamental, quando não eram explicitamente desestimuladas ou mesmo combatidas. Representavam, contudo, a estratégia de sobrevivência de uma parcela significativa da força de trabalho.

Esses fatos conduziram a um intenso estudo sobre a natureza das atividades ditas informais. Questionava-se, fundamentalmente, se a parcela da força de trabalho assim empregada não estaria sendo subutilizada, ou mesmo se não seria esta uma forma de desemprego escondido, dada sua baixa produtividade.

De acordo com a OIT, o setor informal urbano é definido em função de suas características econômicas: facilidade de entrada, dependência de recursos nacionais, propriedade familiar, pequena escala de operação, tecnologia intensiva no uso de trabalho, qualificação dos trabalhadores adquirida fora do sistema de educação formal e mercados competitivos sem regulamentação por parte do governo.

A investigação sistemática realizada nos últimos 15 anos tem simultaneamente ratificado expectativas e revelado aspectos surpreendentes. Confirmando o que se esperava, as atividades informais têm sido identificadas como aquelas que, por motivos tecnológicos ou por insuficiência de demanda, não interessam às corporações de grande porte. O proces-

so do desenvolvimento da economia, no entanto, faz com que algumas delas se tornem atrativas às grandes empresas, que passam a incorporá-las. Esse mesmo processo de desenvolvimento leva a que atividades informais sejam a todo instante destruídas e criadas, num dinamismo que acarreta constante mudança na constituição do setor, mas não parece conduzir à sua extinção a longo prazo. O setor informal, ao que tudo indica, é extremamente heterogêneo — é bem provável que inclua tanto atividades extremamente dinâmicas, quanto outras estagnadas (pequenas e microempresas usando tecnologias ultrapassadas) e em vias de extinção.

Costuma-se argumentar que, por ser um reservatório de atividades de baixa produtividade, o setor informal desmotiva e marginaliza o trabalhador, contribuindo para uma mobilidade social mais baixa. A realidade, no entanto, pode ser bastante diversa. Como a capacidade de ascensão social no setor moderno depende em grande parte do nível e da qualidade da educação obtida pelo trabalhador, o setor informal pode ser precisamente a única opção para tal ascensão daqueles que por qualquer razão não tiveram acesso a uma educação de boa qualidade.

A importância do setor informal depende, obviamente, de sua natureza, que não é perfeitamente conhecida. Alguns fatos, porém, não deixam dúvidas. Sua principal contribuição é a geração de emprego e qualquer política que o reprima terá impactos sérios sobre o nível de desemprego. Englobando também atividades dinâmicas e competitivas, é relevante não só na geração de novas idéias e produtos, mas igualmente como uma via alternativa de ascensão social.

Há, por outro lado, diversos problemas sociais inerentes ao setor informal, como, por exemplo, a evasão tributária e o custo social de subutilizar a força de trabalho. É legítima a previsão de que, como certas atividades informais não provêm oportunidades de treinamento e aperfeiçoamento adequado, poderão gerar no futuro uma força de trabalho pouco qualificada se comparada com a que se obteria caso as oportunidades de treinamento fossem similares às que prevalecem no setor moderno.

**Ricardo Paes de Barros e
Simone Varandas**

Instituto de Planejamento Econômico e Social,
Rio de Janeiro

determinado momento, já conhecendo melhor o mercado e seu funcionamento, o ajudante separa-se do seu empregador e passa a trabalhar por conta própria. Existe, portanto, no interior mesmo dessa ocupação, um sistema bastante eficaz de mobilidade vertical.

O 'proprietário de um ponto' é o indivíduo legalmente autorizado ao exercício da atividade de ambulante. O caso mais típico é o deficiente físico. Com frequência, a categoria tem preferido ceder o ponto a um vendedor mediante pagamento de aluguel a operá-lo por conta própria. Muitos ambulantes possuem esposas ou maridos que são deficientes físicos credenciados, o que lhes permite explorar uma autorização como 'aluguel' e a outra como negócio. Estes são os pontos mais valorizados, não apenas por se situarem em logradouros públicos de maior movimento, mas principalmente porque a situação de semilegalidade possibilita ao titular da barraca (o 'inquilino') a segurança de permanecer no local, evitando os constrangimentos causados pela ocupação ilegal do espaço público. A apresentação pelo 'inquilino' da autorização do deficiente físico combinada com alguma desculpa sobre a sua ausência temporária do local são suficientes para protegê-lo da ação repressiva dos agentes fiscalizadores. A relativa tranquilidade assim obtida motiva o vendedor a desenvolver o negócio, planejando cuidadosamente seus estoques, consolidando uma clientela própria e providenciando espaço nas proximidades para o armazenamento noturno da mercadoria. Geralmente, esse espaço é 'alugado' de zeladores de edifícios comerciais, que utilizam as portarias e corredores de prédios para a finalidade.

A condição de semilegalidade é responsável pela diferenciação social interna dos ambulantes, que se manifesta também na distribuição espacial. Assim, os pontos credenciados, situados nas avenidas ou nas ruas mais largas, são os mais prósperos, apresentando barracas maiores, adensadas de produtos de valor superior (como mochilas, cintos, bolsas e roupas), onde vários clientes são atendidos simultaneamente. É outra a situação dos pontos localizados nas ruas transversais e laterais. Aí, prevalece a ocupação ilegal, com tabuleiros pequenos, fluxo altamente descontínuo de consumidores, pouca mercadoria em exposição e de pequeno porte (como relógios, bijuterias, armarinho, balas e doces), o que facilita a rápida desocupação do espaço.

É possível concluir que, quanto mais próximo de uma situação legal, mais próspero será o negócio. Não é de estranhar, portanto, que a reivindicação que conta com maior grau de adesão por parte dos vendedores seja a eliminação das restrições legais à prática cotidiana dessa atividade.

Quanto à origem, 65% dos vendedores ambulantes nasceram no estado do Rio de Janeiro, sendo que 80% destes procedem da capital. Mesmo entre os 35% que nasceram em outros estados, uma significativa maioria de 85% é oriunda de áreas urbanas e 90% moram na cidade há mais de seis anos. Não se pode, então, atribuir a prática do comércio ambulante a uma inserção ainda precária no mundo urbano-industrial e nas alternativas de emprego que este oferece. Ao contrário, os vendedores ambulantes demonstram ter uma visão bastante elaborada das suas chances no mercado de trabalho e esta opinião é formada a partir de sua socialização no meio urbano-industrial.

foto Agência O Globo — J. Renato — 1983



O comércio ambulante não é a primeira experiência de trabalho dos seus praticantes. Cerca de 77,5% dos entrevistados já estiveram empregados anteriormente em outros empregos, uma parte significativa (71%) no setor de serviços. A maioria (54,8%) demitiu-se voluntariamente do último emprego, enquanto 38,7% foram demitidos e 6,5% são aposentados. Esses dados contrariam a afirmação de que o setor reúne os desempregados, ou seja, um contingente de mão-de-obra disponível que não obtém colocação no mercado formal de trabalho. Podemos afirmar, contrariamente, que o comércio ambulante se constitui numa opção de trabalho para a maioria dos indivíduos que dele se ocupam.

Entre as várias motivações que levaram à demissão voluntária do último emprego,

salários baixos são frequentemente alegados. De fato, enquanto 67,6% dos que possuíam um emprego antes de ingressarem na nova atividade ganhavam até um salário mínimo, apenas 32,5% dos vendedores ambulantes se encontram neste caso. As condições de trabalho também aparecem como um elemento desabonador do emprego progressivo. A rigidez de horários, o estreito controle de chefias e a circunstância de 'viver de vale' efetivamente contrastam com as condições de trabalho na atividade atual. O vendedor ambulante dispõe de uma maior flexibilidade de horário, atuando conforme a situação e as exigências do mercado. Em períodos que precedem festividades cívicas e religiosas ou no início do

calendário escolar, o trabalho é estendido além da jornada normal em torno de cinco dias semanais e oito horas diárias. Tanto a ausência de chefias quanto a obtenção de dinheiro em base diária são imensamente valorizadas na comparação com o estado anterior.

Uma das motivações mais fortes para o ingresso e a permanência na atividade, segundo destacam os vendedores ambulantes, é a perspectiva de ascensão social. A maioria percebe que dentro do ramo existem inúmeras possibilidades de crescer e fazer progredir o negócio. Dependendo da fase em que se encontra o empreendimento, o próximo passo pode ser a diversificação das mercadorias, a transferência para pontos mais bem situados ou ainda a operação de vários pontos simultaneamente. A



Formam exceção os vendedores que produzem suas mercadorias em pequenas empresas chamadas de 'fundo de quintal'. São pequenos empresários informais, que possuem até mais do que um 'ponto', e abastecem simultaneamente outros vendedores ambulantes. Mas o produtor direto, entendido como uma categoria mais próxima da de artesão, é o que obtém os níveis mais baixos de renda na hierarquia da ocupação. Cabe ressaltar que a situação dos participantes das Feirartes (feiras promovidas pela Prefeitura para expositores de 'capacidade artística comprovada') difere bastante da dos artesãos sediados diariamente no Centro da cidade.

Talvez porque a profissão exija uma série de conhecimentos, como contabilidade (muitas vezes operada apenas mentalmente), a habilidade de realizar negócios, relacionar-se com público, colegas e autoridades, além de defender-se da concorrência, foram encontradas taxas relativamente altas de escolaridade: 37,5% têm primário completo, 22,5% secundário incompleto, 25% primário incompleto, 12,5% secundário completo e 2,5% curso superior incompleto.

As expectativas dos vendedores ambulantes são de permanecer em sua ocupação e, mais ainda, de expandir e aperfeiçoar o negócio. O maior obstáculo reside na ilegalidade a que está relegada a atividade, o que, paradoxalmente, permite ao Estado uma margem muito ampla de manipulação desta ilegalidade.

expectativa de mobilidade ascensional explica, mais do que qualquer outro elemento, a preferência por essa ocupação quando comparada à de assalariado.

Pudemos verificar realmente a existência de carreiras quando correlacionamos tempo de exercício e nível de faturamento. Enquanto os ambulantes com menos tempo de atividade situavam-se todos nas faixas de renda mais baixas, o aumento da antiguidade correspondia a uma elevação da renda. Os que têm mais de dez anos de profissão, no entanto, curiosamente constituem uma exceção — inserem-se frequentemente na faixa de menor renda. Este dado talvez indique a ocorrência nesses últimos anos de uma mudança na dinâmica do mercado que os antigos possivelmente não acompanharam e que foi mais bem percebida pelos mais experientes da nova geração. Muito provavelmente a velha geração se manteve na comercialização de produtos de margem de lucro mais limitada, deixando de empreender a diversificação de mercadorias que se tornou mais comum no período recente. Outra explicação, de difícil verificação, é de que, após dez anos de trabalho, os mais bem sucedidos teriam

se deslocado para atividades comerciais no setor formal, permanecendo como ambulantes os menos bem sucedidos.

Maior tempo de experiência significa concretamente a oportunidade de conseguir um ponto mais bem situado (inclusive mediante 'aluguel'), acumular informações sobre fornecedores e custos de mercadorias com vistas a realizar negócios mais vantajosos, habituar-se às necessidades e gostos da freguesia, formar clientela regular e, finalmente, familiarizar-se ao trato com os agentes governamentais.

As mercadorias, em larga maioria, constituem-se de produtos industrializados. São abastecidos por fábricas 27,5% dos vendedores, 35% por depósitos ou pela Companhia Estadual de Abastecimento Sociedade Anônima (CEASA), 20% por lojas, 10% não revelaram a origem do que vendem e apenas 7,5% são igualmente produtores. Os mais bem sucedidos nos negócios são aqueles que comercializam produtos comprados em fábricas, depósitos atacadistas ou lojas, vale dizer, produtos industrializados. Os que são ao mesmo tempo produtores dos bens vendidos situam-se, inversamente, nas faixas de renda inferiores.

Não se pode dizer que as autoridades públicas tenham para o setor uma política efetivamente pública, o que implicaria definição e elaboração de objetivos específicos, promoção e alocação de recursos às categorias e desenvolvimento de ações específicas por parte de órgãos estatais. O que existe, a rigor, para o segmento em consideração é uma estratégia de regulação e controle da ocupação do espaço urbano operada através de um conjunto de decretos da Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro (o que regulamenta a atividade é o de número 4.477, de 22 de março de 1984: Exercício do Comércio e Atividades Profissionais pelos Deficientes Físicos, Carentes e Ambulantes).

A primeira característica dessa legislação é a concessão, sempre em caráter precário, de autorização de funcionamento. A qualquer tempo, o consentimento pode ser modificado, suspenso ou transferido em 'razão do interesse público' ou por 'conveniência da administração' quanto aos locais, dias e horários de atividade. A segunda diz respeito à identificação das categorias sociais passíveis de credenciamento, como incapacitados físicos, carentes (faixa etária superior a sessenta anos e egressos

do sistema penitenciário) e ambulantes (todos aqueles que exercem atividade profissional ou comercial em logradouros públicos).

Outra característica refere-se ao elenco de produtos autorizados e ao local de funcionamento. A legislação contempla quase que exclusivamente artigos destinados à alimentação, embora, na prática, apenas 22,5% dos ambulantes atuem nesse campo. Quanto ao local, praticamente exclui as áreas centrais e residenciais, onde o fluxo da população apresenta maior densidade. Finalmente, dispõe sobre infrações e penalidades correspondentes. Mercadejar sem autorização, estacionar em locais proibidos, não se apresentar em rigorosas condições de asseio e não possuir os documentos a que se refere a legislação resultam no pagamento de multas. Como garantia do pagamento são apreendidos veículos, mercadorias e tudo o mais que, direta ou indiretamente, estiver ligado à infração.

O caráter precário e restritivo da autorização para o exercício do comércio ambulante está associado a uma visão particular da clientela que se dirige ao ramo. Supõe-se que são pessoas portadoras de um mínimo de capital, visando a mera sobrevivência física e desenvolvendo o ofício a título precário e temporário. Assim se pode entender as prerrogativas da administração de cancelar, alterar e remanejar a autorização concedida a qualquer tempo e os limites impostos à natureza e porte das mercadorias.

Há vários agentes governamentais envolvidos na fiscalização e coibição da atividade, correspondendo às diferentes infrações



foto Agência O Globo — Hipólito Pereira — 1983

cometidas. O fiscal fazendário porque se trata de um comércio realizado sem nota fiscal, a polícia civil por ser uma atividade proibida em logradouro público e a polícia militar por provocar a obstrução das vias públicas. Os vendedores ambulantes desembolsam por mês em média 25% do seu faturamento para subornar a fiscalização, percentual que pode ser bem maior se são produtos de contrabando. O desembol-

so é altamente compensador, pois a blitz implica o pagamento de multas, a apreensão da mercadoria e a espera de dez dias para retirá-la, sendo que esta, em geral, não retorna inteira. Os fiscais funcionam também como informantes, avisando com antecedência sobre as ações repressivas em preparação nos seus órgãos. Assim, de tempos em tempos, circulam boatos e difundem-se rumores de que uma grande ação repressiva está em marcha. Nesse dia, os ambulantes não comparecem ou deixam de expor suas mercadorias, aguardando uma definição das autoridades. Acontecendo ou não tal operação, nos dias seguintes a rotina volta a se estabelecer e os prejuízos são contabilizados.

Supor que a informalidade não produz uma transferência de renda para a esfera do Estado não é exatamente correto, quando são considerados os agentes investidos da autoridade pública que recebem subornos para consentir o negócio. A transferência, é claro, não se faz da maneira típica da arrecadação de taxas e impostos, mas sem dúvida a renda circula e é distribuída entre as diferentes hierarquias dos órgãos responsáveis pelo controle da atividade. Ou seja, manter-se na ilegalidade custa dinheiro ao vendedor ambulante — um dinheiro que não é pago ao Estado como entidade pública, mas controlado privadamente por seus agentes.

Manter a situação de ilegalidade amplia a margem de manobra dos governantes, que podem optar entre repressão e consentimento de acordo com as conjunturas e a



foto Agência O Globo — Luiz Pinto — 1986

natureza das alianças desejadas. Aplicando-se a lei, mobiliza-se a aprovação do setor lojista; dispensando-se a lei, fomenta-se o apoio entre os camelôs. A primeira alternativa corresponde, *grosso modo*, à atuação dos governos estadual e municipal atuais. Já a segunda caracteriza o período de gestão do governo anterior após o fracasso da experiência do 'camelódromo' (local que seria reservado para a prática do comércio ambulante).

À margem da legislação, as partes diretamente envolvidas na questão, como ambulantes, lojistas e autoridades públicas, se vêem por vezes celebrando acordos informais que permitem estabelecer um *modus vivendi* entre interesses conflitantes, como, por exemplo, a distância a ser mantida entre as barracas e a entrada das lojas no Centro da cidade. Esses acordos, porém, não significam de maneira alguma a aceitação da presença de vendedores ambulantes nas vias públicas; os lojistas continuam pressionando para a sua retirada definitiva das ruas centrais.

Os vendedores ambulantes da cidade do Rio de Janeiro contam com diferentes entidades representativas. A mais antiga é o Sindicato dos Vendedores Ambulantes do Rio de Janeiro, reconhecida pelo Ministério do Trabalho. A baixa representatividade desta entidade e a heterogeneidade da ocupação ensejaram a criação de outros organismos mais atuantes por local de trabalho. Assim, há a Associação dos Trabalhadores Ambulantes da Feira Turística de Copacabana, a Associação Bom Rio (que congrega os que atuam nas praias), a Associação dos Vendedores Ambulantes da Central do Brasil e a Associação dos Ambulantes do Centro da Cidade do Rio de Janeiro.

As propostas desta última entidade podem ser resumidas da seguinte maneira: reconhecimento, por parte das autoridades, do direito de trabalho dos vendedores ambulantes; transferência do órgão regulador e fiscalizador da Secretaria Municipal da Fazenda para a Secretaria de Desenvolvimento Social, através da qual se conseguiria a participação do governo no provimento de benefícios de infra-estrutura à atividade, o que foge completamente das atribuições da Secretaria da Fazenda; distribuição do espaço das ruas centrais da cidade por um número de barracas que não atrapalhe o comércio lojista ou os transeuntes; uniformização das barracas (tamanho, cor, teto) para não ferir a paisagem urbana; credenciamento para vendedores ambulantes profissionais, ou seja, para os que não exercem atividades ilegais como o contrabando; consulta constante às entidades representativas na elaboração e implementação de políticas para o setor.



foto Agência O Globo — Jorge William — 1987

Fundada em agosto de 1986, a Associação dos Vendedores Ambulantes do Centro da Cidade do Rio de Janeiro contava com mil filiados. Passados alguns meses, o número de associados quites com suas contribuições diminuiu, impondo severos limites para o seu funcionamento. A filiação à entidade parece expressar menos uma crença na sua capacidade organizativa e reivindicativa e mais uma resposta a alguns problemas da prática cotidiana. A obtenção da carteirinha de sócio expedida pela associação serve como documento de identidade e pode ser apresentada às autoridades em substituição à carteira de trabalho, aumentando a liberdade de circulação pela cidade e afastando a suspeita policial de se tratar de um indigente. O presidente do órgão, por sua vez, atua principalmente quando a fiscalização aparece, agindo como moderador dos conflitos e auxiliando seus filiados na ocorrência de prisões e/ou apreensões de mercadorias.

À guisa de conclusão, poderíamos afirmar que este segmento do setor informal apresenta intenso dinamismo e representa

para os que dele se ocupam uma oportunidade de ascensão social. Seria possível concluir, então, que tal situação é produto do livre desenvolvimento das leis do mercado e da retração da presença do Estado? Certamente, não. Primeiro, porque o Estado de fato está presente, e da pior forma possível: através da violência e da corrupção. Segundo, porque os vendedores ambulantes desejam alcançar uma situação de estabilidade por meio do reconhecimento e da regulamentação da atividade pelos poderes públicos.



SUGESTÕES PARA LEITURA

- DUARTE, R. (org.) *Emprego e renda na economia informal da América Latina*. Recife, Fundação Joaquim Nabuco, 1984.
- KOWARICK, L. *Capitalismo e marginalidade na América Latina*. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1975.
- PRANDI, J.R. *O trabalhador por conta própria sob o capital*. São Paulo, Símbolo, 1978.
- SOTO, H. *Economia subterrânea*. Rio de Janeiro, Globo, 1987.

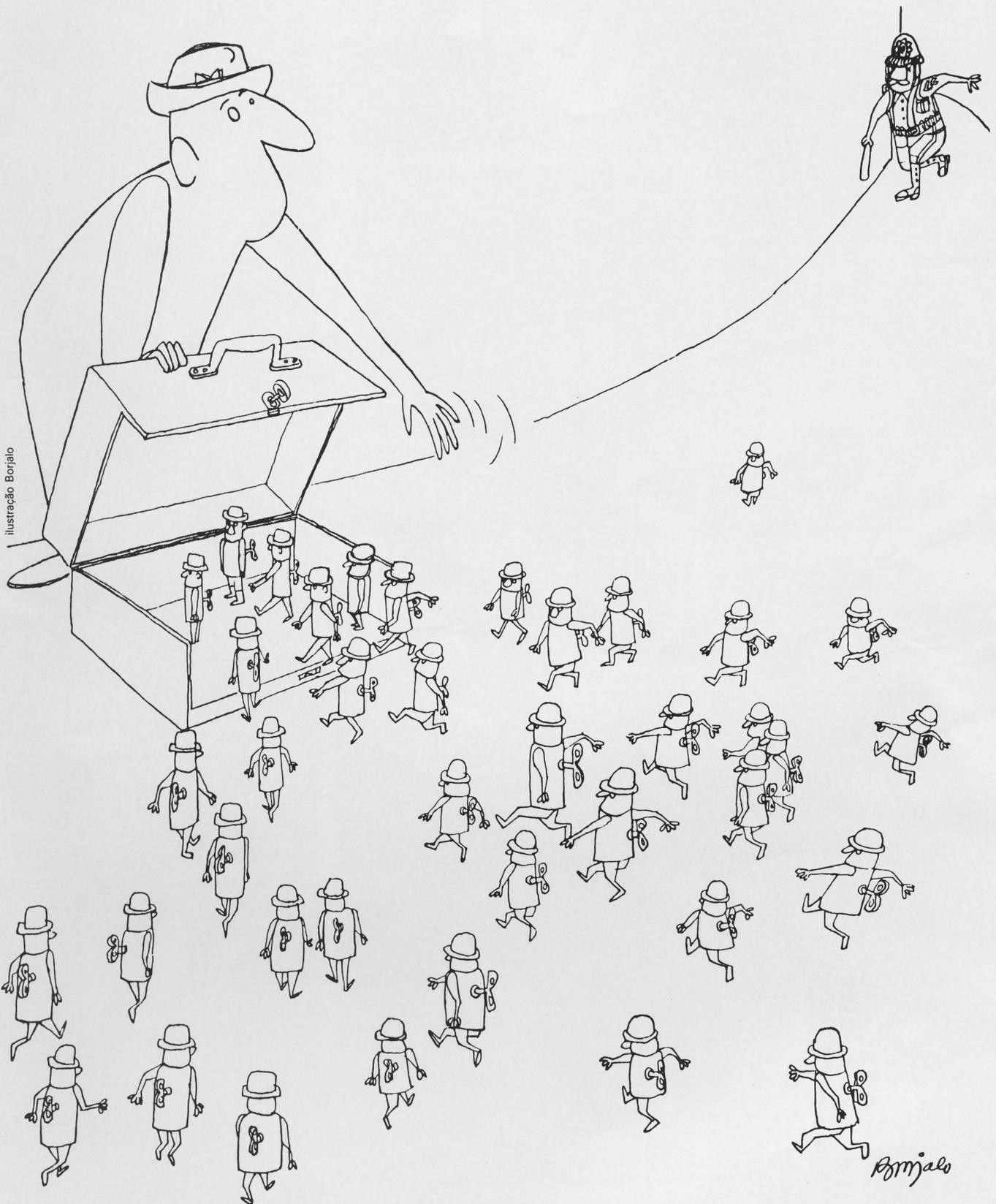


ilustração Borjalo

Borjalo

AVES



Na trilha das formigas carnívoras

Edwin O. Willis e
Yoshika Oniki

Departamento de Zoologia,
UNESP/Rio Claro

A aventura de seguir pela mata as aves que acompanham a marcha das formigas-correição é recompensada quando se encontram espécies como *Phaenostictus mcleannani*, de apenas 30 gramas, observada no Panamá. Dependentes da atividade das formigas, elas só sobrevivem se grandes extensões de mata são preservadas.

Quando as colônias de taocas procuram alimento, elas se locomovem através da floresta em fileiras que alcançam várias centenas de metros de extensão, chamadas correições. Em sua marcha, essas formigas afugentam insetos e outros pequenos animais, que se tornam assim presa fácil das aves. Por isso, as taocas — conhecidas também como saca-saias, marabuntas ou, simplesmente, formigas-correição — são regularmente seguidas por aves que capturam esses animais e deles se alimentam. Esse fenômeno pode ser apreciado tanto na América — desde o México até a Argentina — como na África, onde as taocas são chamadas formigas-safári. Em suaíle (língua franca do leste africano) safári quer dizer viagem.

Muitas vezes as taocas são confundidas com as formigas-cortadeiras ou quenquéns (ver 'A linguagem dos odores', em *Ciência Hoje*, nº 35). Os cientistas, entretanto, sabem que as verdadeiras formigas-correição são nômades e carnívoras. Com suas fortes mandíbulas, cortam os artrópodes que capturam durante a caminhada e levam os pedaços para ninhos temporários ou 'bivaches'. Estes são verdadeiros tecidos vivos, formados por todos os indivíduos da colônia, pendurados em troncos de árvores ou enterrados num buraco do chão. Ali a rainha e milhares de larvas são protegidas pelos ferrões de centenas de milhares de soldados e operárias. De tempos em tempos a colônia se desfaz e migra, o que depende em parte de seus ciclos reprodutivos.

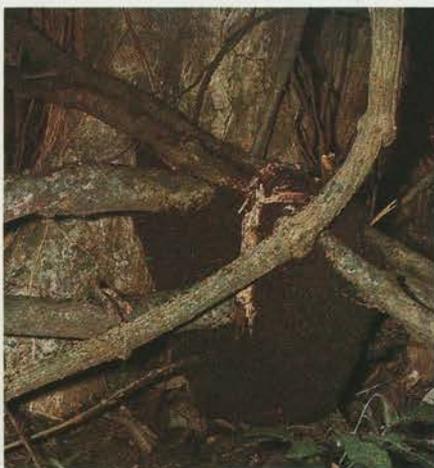
As principais espécies de formigas-correição na região neotropical são *Eciton burchelli*, formiga marrom e laranja claros com cerca de 10 mm de comprimento, e *Labidus praedator*, uma espécie preta e pequena. Ambas formam largas frentes de caça de milhares de indivíduos, que avançam à razão de cinco a 15 metros por hora através do chão da floresta e entre outras vegetações sombreadas. *Eciton burchelli* envia colunas laterais de caça que sobem os troncos de árvores e adentram os emaranhados de plantas e cipós no chão e acima

dele. Seu ninho e as colunas de caça raramente são cobertos pela terra, exceto nas regiões frias. Em decorrência de sua atividade na superfície, essas formigas são muito sensíveis ao calor do sol e ao frio do inverno, ou das altitudes acima de 1.400 metros. São também muito importantes para as aves, porque caçam o dia inteiro, mesmo na estação seca, nunca passando à caça noturna em qualquer época do ano. Resistem à estiagem, desde que haja áreas grandes de mata sombreada para percorrer a cada dia. *Labidus praedator* tem ninhos subterrâneos. Suas trilhas são cobertas de terra desde o ninho até as frentes de caça. Como resultado, são relativamente insensíveis ao frio ou ao calor e suportam até mesmo os quentes cerrados ou as florestas no topo de montanhas, onde *E. burchelli* não pode sobreviver. Evitam, entretanto, o clima seco, enviando suas colunas de caça principalmente à noite, ou após a chuva (daí seu outro nome, formiga-da-chuva). Por esse motivo as aves têm mais dificuldades em segui-las.

As formigas-safári da África, do gênero *Dorylus* e subgênero *Anomma*, são minúsculas formigas pretas. Assemelham-se a *L. praedator*, pois nidificam sob a terra, conseguem viver tanto em montanhas altas e frias como nas áreas quentes da savana, e também lançam suas colunas de caça à noite ou após a chuva, para escapar ao ar seco. No entanto suas colônias são bem maiores. Uma das espécies, *Dorylus (Anomma) wilverthi*, forma algumas vezes correições coordenadas com 50 metros de largura, bem mais largas portanto do que as frentes de 15 metros de largura de uma grande colônia de *E. burchelli*, ou que as de dez metros de *L. praedator*. Além disso, essas formigas africanas têm mandíbulas que se cruzam como tesouras e podem cortar os músculos de vertebrados e até mesmo a carne humana. Tal não ocorre com as taocas neotropicais, menos perigosas para o homem: picam e mordem mas, incapazes de cortar a carne de vertebrados, apenas separam os artrópodes pelas juntas.



Acima, trilha de *Eciton rapax* (Belém); ao lado, bivaque (ninho) de *Eciton burchelli*, no Panamá; à direita, trilhas de *Dorylus (Anomma) wilverthi*, minúsculas formigas-safári que fazem ninhos subterrâneos (Makokou, Gabão).



Para descobrir as correições e seus seguidores, é preciso andar muitos quilômetros na mata, por trilhas ou estradas estreitas, sempre alerta para uma coluna de formigas no chão e para os movimentos ou gritos de alarme das aves. Pernilongos, carrapatos, chuvas, cobras venenosas ou não, calor ou umidade podem interromper a pesquisa por um breve tempo. Às vezes precisamos sair à noite para seguir os movimentos noturnos de colônias. Com binóculos e gravadores esperamos horas pela aproximação de aves e outros animais ariscos. Redes esticadas na frente das formigas capturam aves, que são anilhadas nas pernas. Seguindo as aves assim marcadas podemos determinar, semanas depois e até mesmo anos mais tarde, suas áreas de atividade, o número de indivíduos e espécies por correição, seu comportamento sexual e alimentar, as brigas e outros comportamentos.

Nas florestas tropicais, quando as formigas-correição e as formigas-safári avançam em suas caçadas, pequenos animais voam e saltam em todas as direções. Mesmo animais um pouco maiores, como sapos e ouriços, têm de sair da frente. Em conseqüência, muitos outros predadores viram nisto um meio fácil de se alimentar e tornaram-se seguidores das formigas. Entre estes estão as moscas parasitas (família Tachinidae), os lagartos insetívoros (Teiidae e Iguanidae na região neotropical, Scincidae em ambos os hemisférios), alguns

macacos (Cebidae e Callicebidae nos neotrópicos, Pongidae na África), mangustos (Viverridae) e aves de várias famílias. Quando a caçada é à noite, as correições são acompanhadas por morcegos (Chiroptera) e galagos (Galagidae). Temos visto até gatos domésticos perseguindo baratas afugentadas pelas taocas, e pequenos peixes capturando insetos que pularam na água quando as correições passavam perto de riachos.

Em nenhum caso os seguidores alimentam-se das formigas que afugentam a presa. Por isso não é correto chamar as aves seguidoras de correição de papa-formigas, ou papa-taocas, embora esses nomes apareçam na literatura. As presas são os escorpiões, aranhas, centopéias, grilos, gafanhotos, besouros e outros artrópodes, ou pererecas e lagartos pequenos, mais raramente cobras. As aves, como outros animais seguidores, esperam pacientemente, acom-

panhando as formigas sem atacá-las, até vi-rem surgir esses pequenos animais. Quando formigas de outras espécies fogem, carregando as suas larvas, as aves bicam cada larva, jogando fora as formigas adultas com a precisão de um robô.

De todos os animais que acompanham as correições, as aves são realmente as mais importantes. Existe até mesmo uma família neotropical — a dos Formicariidae —, cujo nome deriva da sua associação à atividade das taocas. As aves formicariídeas



constituem uma família de cerca de 240 espécies que habitam florestas e matas secundárias, desde o México até a Argentina. Cerca de 50 dessas espécies têm sido registradas em algumas localidades amazônicas. Algumas vivem no topo das árvores, em emaranhados densos de cipós e taquaras, ou nas várzeas. Só as que vivem próximo do chão — cerca de uma espécie em cada dez — é que têm o comportamento de seguir as taocas.

Nas extensas florestas equatoriais, várias espécies de formicariídeos podem acompanhar uma mesma correição. No Panamá, onde estudamos durante muitos anos na famosa estação biológica da ilha de Barro Colorado, havia outrora três ou quatro espécies dessas aves que seguiam as formigas. Na alta Amazônia, cinco ou seis espécies ocorrem em algumas localidades. Cabe então a pergunta: como podem tantas espécies de aves seguir uma única colônia de formigas, se 'cada macaco deve ter o seu galho'? Acontece que alguns formicariídeos usam pousos horizontais, mais comuns nas matas secundárias e locais semiabertos, onde há luz suficiente para que os ramos e as folhas dos arbustos se desenvolvessem próximo ao chão. Outros, porém, só seguem as formigas quando elas adentram o interior sombrio das matas. Pousam, então, de lado nos ramos finos que se alongam verticalmente em busca da luz. Para isso, precisam ter pés e pernas especialmente fortes além de pouco peso. É o caso des-

sas espécies: a maior delas pesa apenas 55 gramas. Além disso a espécie maior sempre se incumbem de disciplinar a caça, atacando as menores e tomando os seus postos quando elas começam a capturar muitas presas. Os formicarídeos de maior porte têm de encontrar o centro agitado das grandes correições de formigas, a fim de obter alimento suficiente para suas necessidades. Portanto, deixam livres para as aves menores as bordas dessas correições, bem como as pequenas correições laterais.

Normalmente encontramos formicarídeos médios, de 35 gramas, ou menores, de aproximadamente 17 gramas, seguindo taocas nas regiões equatoriais. Os médios ficam nas margens da correição enquanto os grandes estão presentes; e os menores ficam ainda mais longe, entrando no centro da correição somente quando os grandes e médios estão ausentes. No sul do Brasil, onde as formigas-correição são menos freqüentes, somente sobrevivem os de tamanho médio (olhos-de-fogo-do-sul, *Pyri-glena leucoptera*). Ao norte da Guatemala, nenhum formicarídeo segue regularmente as formigas: seu substituto é um tiê de tamanho médio (Thraupidae, *Habia fuscicauda*). Ao norte do rio Amazonas, desde o Amapá até o norte do Peru, uma quarta

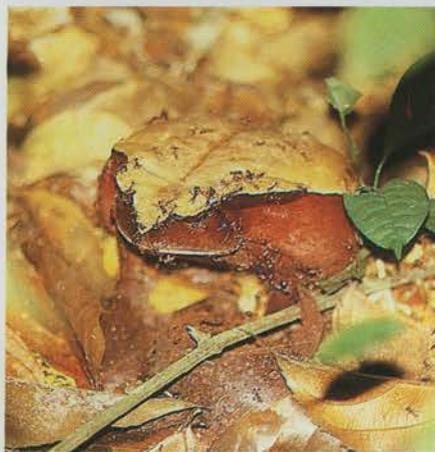
encontrar uma outra correição. Cada indivíduo tem de dispor de uma área florestal de pelo menos três quilômetros de diâmetro, ou não terá colônias de formigas suficientes para seguir, quando as aves maiores predominam. Por isso, *P. albifrons* é hoje uma ave rara e fatalmente estará destinada à extinção em parques com menos de dez quilômetros de diâmetro. Curiosamente, ela está entre as capturadas com maior freqüência pelas redes estendidas nos sub-bosques das florestas próximas a Manaus. Isso acontece não porque seja uma ave comum, mas porque, quando à procura de formigas, voa diariamente grandes distâncias rente ao chão, e cada indivíduo é

timos machos desapareceram após 1977. Somente quatro espécies pequenas de aves seguidoras ainda vivem na ilha, embora haja ali muitas colônias de taocas. Cerca de 40 outras espécies de aves outrora presentes já haviam desaparecido desde os primeiros levantamentos, entre 1920 e 1930. Para realmente proteger as aves, um parque tropical deve ter mais de 15 quilômetros quadrados. Uma vez que grandes parques se tornam raros, os cientistas temem que muitas espécies serão extintas com o desmatamento tropical. As taocas, especialmente *Eciton burchelli*, também desaparecem de matas pequenas.

Quando iniciamos nossos estudos, não se sabia como as aves seguidoras de correição podiam nidificar e manter seus territórios, ao mesmo tempo em que seguiam as formigas nômades em sua constante marcha. Acontece que as aves começam a nidificar quando há muitas colônias de formigas presentes. Raramente um par que está nidificando tem de viajar mais de 400 metros para encontrar uma dessas colônias, pelo menos conforme observamos no Panamá. Em Manaus, onde estudamos *P. albifrons* e oito outras espécies seguidoras de correições, somente o primeiro e, talvez, o arapaçu *Dendrocincla merula* tiveram de viajar regularmente mais de 400 metros das correições para os seus ninhos.

Alguns formicarídeos também mantêm territórios ao mesmo tempo em que seguem as formigas. Certas espécies pequenas dedicam-se a seguir as taocas apenas nos dias em que as correições atravessam seus territórios, e fora isso têm pouco o que comer. Para uma ave pequena, que necessita de pouco alimento, isto não é problema. Formicarídeos grandes ou médios tentam seguir as taocas permanentemente, o que significa caçar fora de seus territórios por muitos dias a cada ano. Desta forma pode haver dois, três ou quatro pares de uma espécie de formicarídeo seguindo a mesma colônia de formigas. Na maioria dos casos, o par que domina é aquele que acontece estar em seu próprio território. Outros pares são atacados se pousarem em ramos próximos ao do par dominante.

Assim que as formigas nômades se movem umas poucas dezenas de metros e cruzam os limites do território de outro par, este repentinamente torna-se o par dominante e a situação se inverte. Algumas espécies de formicarídeos têm sistemas sociais ainda mais complicados, nos quais a questão dos territórios não é tão óbvia. No caso de *Phaenostictus mcleannani*, do Panamá, o sucesso vai para o grupo formado pelos avós, pais e jovens. Há ainda outros, como *Pithys albifrons*, que parecem não manter territórios.



Acima, sapo atacado pelas ferozes *D. wilverthi*, em Makokou (Gabão); à direita, *Anolis frenatus* (Iguanidae) comendo um grilo que foi afugentado pelas formigas, fotografado no Panamá.



repetidamente recapturado. Com poucas redes, todas as aves são capturadas num raio de três quilômetros. Assim, nesses casos as redes de captura podem dar uma falsa estimativa sobre o número de aves.

Os formicarídeos seguidores de correição requerem em geral grandes extensões de floresta para sobreviver porque há poucas colônias de formigas ativas por quilômetro quadrado. São, por conseguinte, aves propensas à extinção, a menos que extensas áreas de mata sejam preservadas. A ilha do Barro Colorado, embora uma famosa reserva natural, tem só 15 quilômetros quadrados de mata. Isto não é suficiente, e mesmo sob total proteção as aves estão desaparecendo. Duas ou três espécies panamenhas seguidoras de formigas já não foram encontradas na ilha antes que iniciássemos os trabalhos ali, na década de 1960. Uma terceira espécie desapareceu em 1969, enquanto uma quarta espécie chegou a ter uma fêmea e cinco machos sobreviventes durante a estação seca de 1968; os dois úl-

Além dos Formicariidae, outras aves de famílias neotropicais, como certos tipos de arapaçus (família Dendrocolaptidae), são também seguidoras regulares de formigas-correição. Os arapaçus são aparentados aos joões-de-barro (*Furnarius rufus*, Furnariidae) e, como estes, tendem à cor amarronzada. Entretanto, as penas pontudas da cauda dos dendrocolaptídeos permitem que eles galguem os troncos, como os pica-paus. Ao invés de fazer ninhos de barro, eles nidificam em cavidades nas árvores. Os arapaçus podem pousar em grandes troncos verticais, largos demais para os formicarídeos usarem. Assim, toda vez que as formigas passam e os insetos pousam nesses troncos, os formicarídeos se afastam e os arapaçus se regalam. A única exceção é o arapaçu-de-taoca (*Dendrocincla merula*). Essa ave amazônica usa ramos verticais finos, assim como os formicarídeos. Como a leste do rio Negro não há formicarídeos com mais de 55 gramas, o arapaçu-de-taoca, que tem o mesmo peso, é bem-sucedido na caçada. No resto da Amazônia, *D. merula* é ave relativamente rara. Aparece em uma variedade com 40-45 gramas, que persegue os formicarídeos de 35-45 gramas mas é perseguida pelo de 55 gramas.

Poucos formicarídeos seguidores de formigas vivem em florestas secas subequatoriais ao norte da Nicarágua. Duas espécies bastante agressivas de dendrocincla fazem-se notar: *D. anabatina*, que se movimenta perto do chão, em ramos finos ou grossos acima das formigas, e *D. homochroa*, que trabalha nos troncos mais altos. Uma terceira espécie, *D. fuliginosa*, trabalha em troncos grandes, acima das formigas, mas só é encontrada da Nicarágua para o sul, onde os formicarídeos grandes bloqueiam a ação das duas primeiras espécies. No sul do Brasil, *D. fuliginosa* é substituída por *D. turdina*, uma forma aparentada. Todos esses arapaçus, de 40-45 gramas, podem forragear no alto dos troncos, longe das formigas, quando o tempo é muito frio ou seco para a atividade destas. Nisto os formicarídeos não os podem acompanhar. Os dias de clima desfavorável tornam-se mais frequentes à medida que nos afastamos da zona equatorial, dando aos arapaçus de tamanho médio algumas vantagens sobre os formicarídeos de igual porte.

Os arapaçus grandes também seguem as formigas. Em Manaus, *Hylexetastes perrotti*, de 125 gramas, *Dendrocolaptes picumnus*, de 85, e *Dendrocolaptes certhia*, de 60, acompanham correições, com *D. merula* e *D. fuliginosa*. Longe da linha do equador, entretanto, somente dendrocinclas e um arapaçu de 60 gramas sobrevivem. No sul do Brasil este arapaçu é *Dendrocolaptes platyrostris*; na América Central, é *D. certhia* ou, em florestas úmidas

das serras e montanhas, *D. picumnus*. Todos esses arapaçus grandes esperam as formigas pousados em grandes troncos, e voam para apanhar a presa na folhagem distante ou no chão, atacando os formicarídeos ou os pequenos arapaçus no seu caminho. Entretanto, eles são muitas vezes desajeitados quando têm de usar os ramos mais finos, e então os formicarídeos e os pequenos dendrocolaptídeos são mais eficientes.

Os grandes troncos são relativamente esparços, mesmo nas florestas altas, o que acarreta a falta de alimento para os arapaçus, especialmente as espécies menores e menos dominantes. Como resultado dessa circunstância, as fêmeas famintas são mui-

possível, como fazem os beija-flores e os tangarás.

Recentemente defendeu-se a tese de que as fêmeas dessas espécies promíscuas seriam justamente aquelas que se deslocam a grandes distâncias, em ambientes perigosos, para localizar alimentos. Essas fêmeas vagantes atacam ou evitam os machos, em vez de formar com eles casais permanentes. Assim, os machos abandonados precisariam tornar-se 'promíscuos', isto é, procurariam atrair fêmeas com cantos ou plumagens. Uma teoria anterior, defendida até há pouco tempo por cientistas do hemisfério norte, foi que a abundância de frutas ou néctar levaria os machos à indolência e à promiscuidade, já que não precisavam



tas vezes agressivas para com os seus machos e os jovens. A fêmea *Hylexetastes perrotti*, uma espécie grande que pode enxotar todas as outras, alimenta-se melhor e pode manter o único filhote e seu par durante todo o ano. As fêmeas relativamente grandes do gênero *Dendrocolaptes* expulsam seus jovens para longe após uns poucos meses e costumam tomar o lugar dos machos, sempre que eles começam a pegar muitos insetos.

As fêmeas de dendrocinclas, que são de tamanho médio, geralmente afugentam seus machos para longe, tolerando-os somente por poucos dias antes da nidificação e criando os filhos sozinhas. Presenciamos certa vez em Manaus machos de *D. merula* atacarem as fêmeas e, em outra ocasião, cortejarem duas ou mais fêmeas ao mesmo tempo. Esta espécie pode ser semipromíscua, aproximando-se do padrão reprodutivo em que os machos cantam ou dançam para atrair tantas fêmeas quanto



Gymnopithys bicolor, ave de 30 gramas e, mais acima, um arapaçu (*Dendrocincla fuliginosa*), anilhado, seguindo as formigas, no Panamá. No sul do Brasil existe uma espécie aparentada a este pássaro, *D. turdina*.

auxiliar as fêmeas na nidificação. A nova teoria da falta de alimentos como pré-condição para a promiscuidade resultou da observação de fêmeas agressivas de arapacus seguidores de correição, e do fato de que é a fêmea nômade e pouco alimentada que se torna promíscua, e não a fêmea sedentária, com mais alimento.

Em adição aos formicarídeos e dendrocolaptídeos, umas poucas espécies de sanhaços ou tiês (*Thraupidae*) seguem as formigas neotropicais. A maioria dos traupídeos são aves de cores vivas e vôo rápido que se utilizam dos ramos horizontais, em copas ensolaradas ou margens das florestas. Um poucas espécies descem para perto das formigas-correição, sempre que os formicarídeos são raros. No sul do Brasil, o tiê-de-topete (*Trichothraupis melanops*) se alimenta de frutas e insetos longe das formigas, mas também visita as correições regularmente. Chega a atacar o olho-de-fogo-do-sul (*Pyrigle-*



Acima, *Pyriglena leucoptera*, de 50 gramas, fotografada em Rio Claro (SP). À esquerda, um tiê (*Trichothraupis penicillata*) no ninho, em palmeira espinhosa (Panamá).



fotos cedidas por E. O. Willis

na leucoptera), de tamanho levemente maior, mas que não é bom voador. Ao norte, o tiê-de-cabeça-cinza (*T. penicillata*) consegue seguir as formigas nas várzeas, porque os formicarídeos, seus competidores, têm dificuldade em atravessar os canais dos rios, em decorrência de suas adaptações à mata sombria (especialmente as asas fracas e a tendência a evitar a luz solar intensa).

Ao norte dos Andes, *T. penicillata* muda-se para as florestas secas e se dá muito bem, porque os formicarídeos rivais evitam as matas semi-abertas. Quando várias outras aves seguidoras de correição desapareceram da reserva de Barro Colorado,

T. penicillata tornou-se comum também no interior da floresta, mesmo que, por não encontrar ramos horizontais, tivesse de ficar em pé no chão. *Habia fuscicauda*, um tiê que segue as formigas na América Central, utiliza também os ramos horizontais às margens da floresta ao invés dos ramos verticais das matas, que os formicarídeos e dendrocolaptídeos preferem.

A outra família com seguidores regulares de correições neotropicais é a dos Cuculidae — os cucos. Um poucas espécies de cucos — especialmente o *roadrunner* ou 'bip-bip' dos desertos norte-americanos e dos desenhos animados (*Geococcyx velox*) — correm pelo chão. Um número reduzi-

do de pessoas sabe que os aracuões, aves de 350 gramas aparentadas a *G. velox*, ocorrem ao redor das correições nas florestas, desde o rio Doce, em Minas Gerais, até a Nicarágua. Ao perseguirem os insetos, elas estalam os bicos e levantam as cristas e as longas caudas antes de atacar as aves menores, justamente como os seus parentes dos desertos do norte.

Outras aves que ocasionalmente seguem as formigas neotropicais são os inhambus, jacus, jacamins, sabiás, gralhas e bem-te-vis. Por vezes os gaviões e falcões também o fazem. Em alguns casos eles atacam as aves seguidoras, mas em outros perseguem os insetos, as aranhas e os escorpiões. Mesmo os tucanos podem seguir as formigas, assim como os udus e muitas outras aves pequenas. Temos visto até galinhas atrás das correições. Aves migratórias, originárias da América do Sul ou do Norte, dependem das aves seguidoras regulares para localizar as correições. Elas são relativamente desajeitadas na caça e frequentemente perdem a disputa com as concorrentes especializadas.

O número total de aves seguindo uma correição pode variar até 20 espécies e 50 indivíduos ou mais, de um dia para o outro, sendo sempre menor em regiões secas — quentes ou frias — em matas secundárias ou de galeria (que margeiam os rios), ou fora da floresta. No oeste da Amazônia são cerca de 12 as espécies que seguem regularmente cada correição; em Belém, esse total não ultrapassa oito. Na América Central e a oeste dos Andes, o máximo é

cerca de dez espécies, enquanto ao norte da Nicarágua apenas três ou quatro espécies se dedicam regularmente a tal atividade. No sudeste brasileiro, há hoje apenas quatro ou cinco espécies regulares na maioria das matas. E em pequenos tratos de mata, a maioria das espécies já desapareceu.

O número de espécies seguidoras é geralmente semelhante nas duas margens dos grandes rios da Amazônia, mas muitas vezes suas combinações são diferentes. Os

(Pycnonotidae). Destas, *Bleda eximia* e *B. syndactyla* são ativas no oeste da África, mas somente a última pousa regularmente de lado nos ramos verticais, como os formicarídeos. Isso porque, como algumas espécies desta família, tem o pé sindáctilo, isto é, com dois dedos juntos na base, o que lhes dá melhor sustentação. Os sabiás (Turdidae) seguem regularmente as formigas-safári. Não usam os ramos verticais dentro das florestas: esperam a caça no chão

Ao invés de cucos, encontramos no oeste da África os grandes *Picathartes* sp (Picathartidae), de cauda longa, pulando nas bordas das correições. Essas aves, de cabeças parcialmente nuas, têm hábitos incomuns de nidificação e vivem em cavernas, podendo comer as baratas atraídas pelo guano dos morcegos. No leste da África, onde o clima é seco e a maioria das florestas se localiza no topo das montanhas, as correições são normalmente seguidas de forma regular por no máximo uma ou duas espécies do gênero *Alethe*. Em geral as formigas africanas são difíceis de seguir, porque frequentemente caçam à noite. Esse hábito favorece os morcegos e os galagos, mas reduz a lista de aves.

Entre os resultados novos produzidos pelas pesquisas de aves seguidoras de correição, podemos destacar o fato de que grandes reservas de florestas são necessárias para a sobrevivência de pequenas aves tão especializadas. Além disso, a descoberta de que o território pode ser uma área de dominância e não de exclusão parece indicar caminhos futuros para o conceito de propriedade entre as aves. O fato de que a repartição do ambiente é diferente na África e nas zonas neotrópicas, a despeito de algumas convergências, mostra os diversos caminhos que a evolução pode seguir. A dissolução dos pares monogâmicos quando é preciso buscar os alimentos foi confirmada nos arapaçus seguidores de correição. Vimos que aves com o mesmo nicho ecológico podem reparti-lo por dominância, mas dentro de limites. Verificamos também que as grandes aves seguidoras são dominantes nas correições, mas que, como precisam de muito alimento, não podem seguir as correições pequenas nem sobreviver longe das grandes correições. Elas se tornam muito especializadas e, portanto, acabam se tornando raras. Se conseguirmos preservar as florestas, talvez haja ainda tempo para aprender mais sobre esses animais.



SUGESTÕES PARA LEITURA

- WILLIS, E.O. 'Comportamento e ecologia da mão-de-taoca, *Phlegopsis nigromaculata* (D'Orbigny & Lafresnaye)', *Revista Brasileira de Biologia*, vol. 39, 1979.
- WILLIS, E.O. 'The composition of avian communities in remanent woodlots in southern Brazil', *Papéis avulsos de zoologia*, São Paulo, vol. 33, 1979.
- WILLIS, E.O. 'Diversity in adversity: the behaviors of two subordinate antbirds', *Arquivos de zoologia*, São Paulo, vol. 30, 1981.
- WILLIS, E.O. 'East African Turdidae as safari ant followers', *Le Gerfaut*, vol. 75, 1985.
- WILLIS, E.O. & ONIKI, Y. 'Birds and army ants', *Annual Review of Ecology Systematics*, vol. 9, 1978.



A tuta (*Bleda syndactyla*), originária do Gabão, pousa de lado nos ramos verticais.

formicarídeos de 55 gramas ocorrem a oeste do rio Negro e ao sul do Amazonas, mas nunca conseguiram atravessar esses rios. No Amapá, há cinco espécies de arapaçus seguidores e quatro de formicarídeos; ao sul, nas proximidades de Belém, há três espécies de arapaçus, três de formicarídeos, um traupídeo e um cuco. Evidentemente, não há legislação que regule a distribuição desses tipos de aves, mesmo que exista uma lei regulando o número máximo de espécies presentes ('macacos num galho só'). Pode haver diferenças entre as florestas das baixadas ribeirinhas e as de terra firme, distantes apenas uns poucos quilômetros entre si, como em Andoas, no nordeste do Peru. Lá os formicarídeos *Rhegmatorhina melanosticta* e *Pithys albifrons* seguem as formigas sobretudo em terra firme, enquanto *Myrmeciza fortis* e *Gymnopithys lunulata* as acompanham ao longo do rio Pastaza.

Ao atravessarmos o oceano Atlântico, descobrimos que os tipos de aves que seguem as formigas na África são completamente diferentes dos das regiões neotrópicas. Quase nenhuma pousa em troncos finos ou grossos nas florestas africanas, exceto algumas poucas espécies de tutas

ou em ramos horizontais à frente das formigas. Por isso têm às vezes de voar ou saltar longas distâncias para alcançar a presa. Na estação biológica de Makokou, no Gabão, duas espécies de *Alethe*, de 35 gramas cada, e duas de *Neocossyphus*, de 45-55 gramas, seguem as correições, ao lado das tutas.

As enormes correições formadas por algumas espécies de formigas africanas podem atrair grande número de aves. De uma vez, foram anilhados cerca de 50 indivíduos de *Alethe castanea* em uma única colônia em Makokou, e cerca de 100 aves de outras 15 espécies foram observadas em apenas alguns dias. Certos calaus (*Tropicarus albocristatus*, Bucerotidae), aves que se assemelham a tucanos, brancas e pretas, seguem ora os macacos, ora as formigas. Uma ave frugívora, o turaco verde e vermelho (*Touraco macrorhynchus*), às vezes desce perto das correições para procurar frutas caídas no chão. Aproveita-se assim das aves seguidoras das formigas, e não destas: com tantas aves em volta, o turaco está seguro de que será avisado se houver algum gavião ou mangusto ameaçador por perto (ver 'Pássaros que mentem', *Ciência Hoje*, n.º 32, p. 15).



LIQUIFLEX H

Tecnologia com consciência.

PoliButadieno Líquido Hidroxilado - PBLH.
Traduzindo: TECNOLOGIA.

O LIQUIFLEX H, nome comercial do PoliButadieno Líquido Hidroxilado, é química fina com processo desenvolvido totalmente no Brasil pelo Centro de Pesquisas da PETROBRÁS - o CENPES. Em escala industrial, o LIQUIFLEX H é produzido pela PETROFLEX. Isto constitui uma verdadeira integração tecnológica.

Matéria-prima essencial ao programa aero-espacial brasileiro, como propelente, o LIQUIFLEX H está presente na fabricação de inúmeros produtos, responsáveis por milhões de dólares de contratos de exportação, firmados pela indústria nacional. O LIQUIFLEX H já é utilizado com sucesso em asfaltos elastoméricos, "mastics" asfálticos, revestimento de cilindros de máquinas de papel e em encapsulamento de cabos e componentes eletrônicos.

Para que o progresso e a natureza possam conviver com mais tranquilidade, o LIQUIFLEX H é também empregado em membranas asfálticas impermeabilizantes, anti-abrasivas e anti-corrosivas, ideais para revestimento de reservatórios, poços, piscinas, lagoas e tanques para produtos químicos em solução aquosa.

E a PETROFLEX e o CENPES não param aí. Novos usos e produtos estão sendo constantemente pesquisados. Para que o progresso seja feito e a natureza preservada.

Com tecnologia, com consciência.



PETROFLEX

PETROFLEX Indústria e Comércio S.A.
Gerência Comercial - Av. Paulista nº 2073 - 22º andar
Conjunto Nacional - Ed. Horsa II - CEP 01311
São Paulo - SP - Brasil - Tel.: (011)283-1933
Telex: (011) 30633 UICB e (011) 38309 UICB

A PETROFLEX também oferece os seguintes produtos:
PETROFLEX SBR-1500, 1502, 1712, 1721 e 1778. PETROLÁTEX S-42, S-62 e
PETROLÁTEX CATIONICO - PETROPLAST A, NM, e NML
ESTIRENO, ENXOFRE E ETIL-BENZENO

Novos Terminais Scopus.



LIBERDADE NA ESCOLHA CERTA

Liberdade de escolha tem quem realmente dispõe de diferentes alternativas igualmente boas. É isso o que a SCOPUS passa a oferecer com sua nova linha de terminais de vídeo TVA 3078 e TVA 2078, voltados a sistemas IBM. As seis opções de terminais, com oito teclados alternativos, configuram 48 modelos à sua escolha. Cada um incorporando características próprias, voltadas para diferentes usos e necessidades. Todos concebidos com o que existe de mais avançado nessa área, igualmente robustos, igualmente duráveis e proporcionando novos padrões de conforto na operação.

DEZENAS DE ALTERNATIVAS

Você pode escolher entre comunicação coaxial e comunicação RS 232C. Você pode escolher entre o tradicional fósforo verde e o fósforo branco, reverso. Você pode escolher entre os que emulam o terminal modelo 2 da IBM, e os que emulam os modelos 2, 3, 4 e 5 da IBM.

Você ainda pode escolher entre os teclados APL, Entrada de Dados ou Máquina de Escrever.

QUALIDADE ASSEGURANDO ECONOMIA

Você pode escolher entre as inúmeras alternativas de terminais SCOPUS, com a certeza de que todos incorporam avanços e inovações que só uma empresa com 13 anos projetando e produzindo terminais poderia conceber. E tais inovações significam, quase sempre, economia. Esses equipamentos operam a temperaturas internas muito baixas, a que se traduz em durabilidade e também em economia na manutenção. Na eventualidade de existir intervenção técnica, estes produtos foram projetados para serem reparados em minutos: é menos tempo parado e mais economia. Outra economia vem do pequeno espaço que ocupa na mesa de trabalho: você irá se surpreender.

CONFORTO VISUAL NO USO

Conforto visual é uma exigência em qualquer equipamento que seja utilizado por horas a fio, dia após dia. Esse conforto vem da

Liberdade na escolha certa.



legibilidade, estabilidade, acuidade e uniformidade das letras desenhadas na tela.

Circuitos especiais, como o foco dinâmico, foram incorporados para assegurar a excepcional qualidade de imagem desta linha. Além disso, a tela branca com letras em preto permite natural acomodação visual entre o brilho da tela e a iluminação do ambiente. Maior descanso visual para o operador.

FACILIDADE NA OPERAÇÃO

As funções básicas de ajuste do terminal — brilho, contraste e volume do alarme sonoro e todas as características funcionais, inclusive algumas inovadoras, como as chaves Liga/Desliga, são acionadas pelo teclado. O conforto operacional também é oferecido por inúmeras facilidades de ajustes de posição dos terminais: o basculamento do monitor, o apoio de pulso do teclado e a base giratória permitem a adequada adaptação do terminal ao operador.

HARMONIA É FUNDAMENTAL

Importante requisito nesta linha de produtos são suas linhas leves, que combinam de maneira harmoniosa com o ambiente de trabalho, qualquer que seja ele. Observe o "design" desta nova série de produtos SCOPLUS e certifique-se de que ele irá integrar-se facilmente a seu escritório.

PEÇA MAIORES INFORMAÇÕES

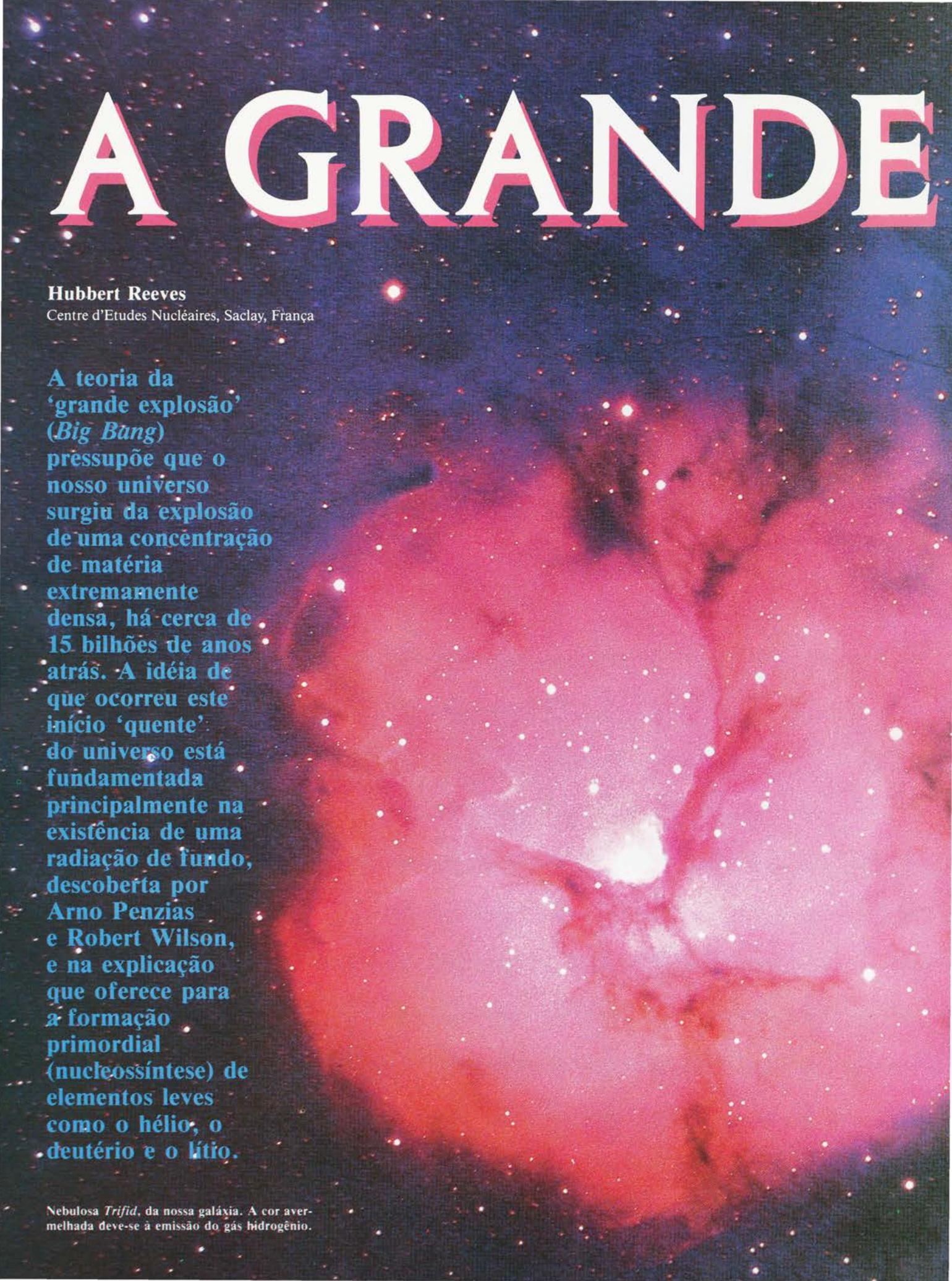
Essas são as principais características de nossos novos terminais. Chame a SCOPLUS para conhecê-los. A liberdade de escolher um deles e a certeza de estar escolhendo certo a SCOPLUS garante.

Depto. Comercial: (011) 813-9655

SCOPLUS

Privilegiando a Qualidade

A GRANDE



Hubbert Reeves

Centre d'Etudes Nucléaires, Saclay, França

A teoria da 'grande explosão' (*Big Bang*) pressupõe que o nosso universo surgiu da explosão de uma concentração de matéria extremamente densa, há cerca de 15 bilhões de anos atrás. A idéia de que ocorreu este início 'quente' do universo está fundamentada principalmente na existência de uma radiação de fundo, descoberta por Arno Penzias e Robert Wilson, e na explicação que oferece para a formação primordial (nucleossíntese) de elementos leves como o hélio, o deutério e o lítio.

Nebulosa *Trifid*, da nossa galáxia. A cor avermelhada deve-se à emissão do gás hidrogênio.

EXPLOSAÇÃO

Que credibilidade tem a teoria do *Big Bang*? Que nos ensina sobre o passado do universo? Para responder a essas questões, considerarei o conjunto da história térmica do cosmo, em especial a fase da geração de elementos leves (sobretudo o hélio), por volta de alguns bilhões de graus. Terá esse episódio efetivamente ocorrido? Adotarei uma posição análoga em relação à história térmica, examinando e avaliando as justificativas de cada passo rumo ao passado segundo sua solidez.

A idéia da nucleossíntese surgiu com a descoberta da física nuclear. As primeiras transmutações nucleares, nas décadas de 1920 e 1930, mostraram que se pode transformar um núcleo em outro, e portanto um átomo em outro. Daí ser possível explicar a origem e a distribuição dos elementos químicos pelo conjunto de reações naturais que teriam ocorrido ao longo de toda a história do cosmo.

Essa hipótese tornou-se mais precisa por volta de 1950, quando o físico George A. Gamow levou a sério, pela primeira vez, a idéia de uma origem do universo. Aceitando a interpretação do avermelhamento das galáxias como sinal do deslocamento desses corpos, e portanto de uma expansão do universo, introduziu a noção de um passado do universo em que a matéria teria sido quente e densa. Assim, recuando o suficiente no tempo, se poderia chegar a um momento em que a temperatura era tão elevada e a densidade tão grande que as reações nucleares podiam se produzir em escala cósmica (ver 'O início e o fim', em *Ciência Hoje*, nº 33, p. 32).

Enrico Fermi e Turkevich, da Universidade de Chicago, sugeriram nessa época que todos os elementos químicos da natureza poderiam ter sido gerados por reações nucleares nos primórdios do universo. Tal idéia chocou-se, contudo, com uma dificuldade maior: há brechas na seqüência dos núcleos que se podem compor associando núcleões (prótons e nêutrons). Não há, por exemplo, núcleos estáveis compostos de cinco ou de oito núcleões: eles se desintegram imediatamente e não suportam a combinatória que permitiria construir, por justaposição dos núcleões, todos os núcleos até o urânio.

No final da década de 1940 surgiu outra teoria da origem dos elementos químicos: a 'nucleossíntese estelar'. Sabia-se, a partir dos trabalhos de Hans Bethe, que o Sol e as estrelas brilham transformando hidrogênio em hélio. Fred Hoyle intuiu que poderia ser possível, por adições sucessivas de núcleons, uma estrela ao longo de toda a sua vida formar progressivamente todos os elementos químicos. Nas décadas seguintes descobriram-se boas razões para admitir tal hipótese. Aos poucos, a teoria da nucleossíntese estelar chegou a explicar a quase totalidade dos elementos químicos e de seus isótopos no universo.

Mas há exceções: a origem de certos núcleos resiste a explicações do tipo 'origem estelar'. E isto por duas ordens de motivos. Uma delas liga-se aos núcleos de hélio-4. O Sol é um grande produtor desses núcleos, mas hoje, no universo, a abundância fracionária deles situa-se entre 25 e 30%: há aproximadamente um hélio-4 para dez hidrogênios. A taxa de produção de hélio-4 no universo pode ser calculada. Sabe-se que a transmutação de quatro hidrogênios em um hélio libera uma energia de 26 milhões de elétron-volts (eV) ou cerca de sete megaelétron-volts (MeV) por núcleo. A partir disto, pode-se calibrar a luminosidade das estrelas em termos do número de hélio-4 necessário para explicá-la e estender esse cálculo a toda a galáxia e a todo o universo visível. Em seguida, multiplicando essa taxa de formação pela idade das galáxias, calcula-se o número de hélio-4 produzido ao longo da existência do universo. Chega-se assim a uma produção de hélio-4 de 3 a 5%, claramente insuficiente ante os 25 a 30% que a observação revela.

Certas hipóteses podem ser rediscutidas. É possível supor, por exemplo, que as galáxias, em seus primeiros anos, foram muito mais brilhantes e geraram muito hélio-4. Até certo ponto, isso é verificável. Basta observar as galáxias distantes, que, dado o tempo de viagem da luz até a Terra, vemos tal como eram no passado. Até agora não há indícios de um aumento na luminosidade das galáxias suficiente para explicar a quantidade observada de hélio-4. As pesquisas prosseguem, em particular no domínio espectral do infravermelho. É que, em razão da expansão do universo, estrelas jovens supergigantes azuis teriam emitido, no início da vida das galáxias, uma luz que hoje se situaria nesse domínio espectral. Ainda que as próprias galáxias não sejam visíveis por causa da grande distância, poderíamos encontrar um indicio de sua presença na radiação infravermelha de fundo. As medidas feitas a cada ano têm afastado essa possibilidade, mas a última palavra ainda não foi dita. O telescópio espacial que permiti-

rá analisar galáxias ainda muito mais jovens deverá esclarecer a questão.

Com o mesmo intuito, falou-se muito de uma população de estrelas que teria preexistido ao nascimento das galáxias — as chamadas 'estrelas da População III'. Mas sua credibilidade é frágil e o assunto é especulativo. Em suma, não há razão ponderável para se atribuir o excedente inexplicado de hélio-4 a fenômenos nucleares de tipo estelar ocorridos nos primórdios da vida do universo.

A isto se soma outra dificuldade, ligada à homogeneidade da relação de abundância entre o hélio e o hidrogênio. As observações mostram que tal relação fracionária situa-se entre 24 e 30%. Essa faixa, muito estreita, contrasta com as observações da abundância de outros elementos. O ferro, por exemplo, é cem vezes menos abundante nas estrelas mais antigas da nossa galáxia que nas mais recentes. Essas grandes variações de abundância explicam-se facilmente a partir da origem estelar desses elementos, o que é confirmado pelo fato de que em certas galáxias, ditas 'compactas', todos os elementos químicos (exceto o hélio) são muito mais raros que na nossa. É fácil ver uma correlação entre isto e a atividade estelar, muito maior em certos meios que em outros. Ou seja, esses elementos têm origem local, o que se confirma pelas variações de abundância no tempo e segundo o tipo de objeto considerado.

Voltemos às galáxias compactas, em que, aparentemente, houve pouca nucleossíntese estelar. August Kundt e Wallace Sargent mostraram que, enquanto a abundância de oxigênio varia mais de 30 vezes entre as galáxias compactas e, por exemplo, as nuvens

moleculares da nossa galáxia, a abundância de hélio varia de 5 a 6%. Mostraram ainda que nas galáxias mais pobres em oxigênio o hélio é também mais escasso que na nossa, mas seu nível nunca é inferior a cerca de 24%, ao passo que se eleva a 30% nos objetos mais recentes.

A explicação de um fenômeno tão global quanto a pequena variação das abundâncias relativas do hélio exige um mecanismo também global — não um fenômeno local, como a formação estelar, mas algo que abranja todo o cosmo, como a nucleossíntese primordial do *Big Bang*. Com isto, tudo se explica relativamente bem: uma contribuição inicial de cerca de 25% dada pelo *Big Bang*, seguida de uma adição progressiva de cerca de 5% pelos fenômenos estelares. As variações do hélio e do oxigênio registradas nas observações astronômicas teriam assim uma explicação razoavelmente simples.

O segundo tipo de dificuldade com que esbarra a idéia da origem estelar dos núcleos liga-se sobretudo ao núcleo do deutério, mas também aos núcleos estáveis de lítio-6 e 7, berílio-9, boro-10 e boro-11 (figura 1). A questão é que todos são imediatamente destruídos no calor intensíssimo dos interiores estelares, transformando-se em geral em hélio-4, muito mais estável. No mais frágil dos núcleos, o do deutério, composto de um próton e um nêutron, a energia de ligação não passa de 1 MeV por núcleo, em contraposição aos 7 ou 8 MeV dos núcleos comuns. Nele o próton e o nêutron estão, em média, a quatro fermis um do outro (um fermi = 10^{-13} cm), enquanto o alcance da

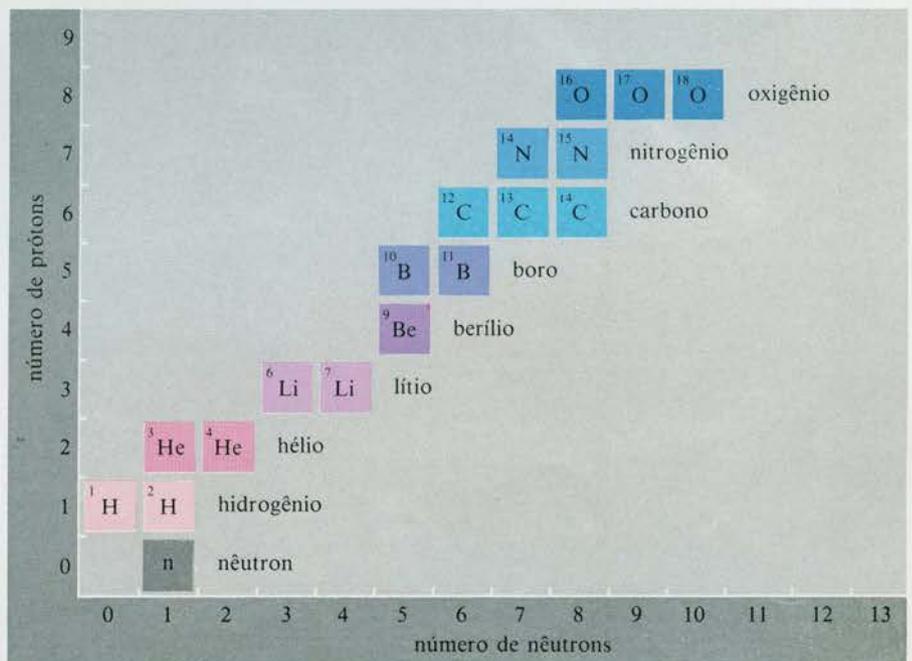


Fig. 1. Tabuleiro nuclear dos elementos leves.

força nuclear é de cerca de um fermi. Isto significa que os dois núcleons estão quase sempre fora do alcance um do outro, só permanecendo juntos pelo 'efeito túnel'. Uma temperatura de cerca de 500 mil K, nas densidades típicas nas estrelas, basta para destruí-lo.

Isso não significa que esse núcleo não se formou no interior das estrelas. De fato, a formação do deutério é um elo indispensável da transformação do hidrogênio em hélio no interior do Sol. A reação *próton + próton → deutério + elétron + neutrino* é logo seguida pela reação *deutério + próton → hélio-3 + fóton*. Dada a grande fragilidade do deutério, esta última reação é extremamente rápida. Há deutério no Sol, por exemplo, e a razão de formação do hélio-3 sobre a razão de formação do deutério indica que sua abundância é de cerca de 10^{-17} , ao passo que as abundâncias observadas são da ordem de 10^{-5} .

Dificuldade análoga apresenta-se quanto ao lítio-7. Seu núcleo, também muito instável, não resiste a uma temperatura de 2,5 milhões de graus e se transforma em hélio-4 por captura de um próton no interior das estrelas. Como o deutério, esse núcleo participa da rede de reações que produz o hélio solar e sua abundância é demasiado pequena para explicar as observações: lítio-7 = 10^{-10} . Veremos adiante que reações nucleares ocorridas em fases instáveis da vida das estrelas poderiam explicar a abundância do lítio-7. Mas as fases normais, em equilíbrio hidrostático, dos interiores estelares não são explicações aceitáveis.

O lítio-6, o berílio-9 e o boro-10 e 11 apresentam dificuldades ainda maiores em face da nucleossíntese estelar. Além de excessivamente frágeis às altas temperaturas dos interiores estelares, esses núcleos não intervêm nos ciclos de formação dos elementos químicos no interior das estrelas. Conhece-se outro mecanismo de formação desses elementos: o bombardeio do meio estelar pela radiação cósmica, galáctica. A vantagem é que, no espaço, eles se formam a frio, não correndo risco de destruição.

O espaço entre as estrelas é invadido por um gás de partículas de energias elevadíssimas: os raios cósmicos, cujo fluxo médio no espaço é de cerca de dez partículas por centímetro quadrado por segundo (ver 'A origem dos raios cósmicos', em *Ciência Hoje*, n.º 24, p. 9). Essas partículas, cujas energias se distribuem em bilhões de elétron-volts na escala de energia, bombardeiam continuamente os átomos e os grãos de poeira presentes no espaço interestelar, produzindo reações de fragmentação, isto é, a quebra do núcleo por uma partícula incidente. Assim, um núcleo de oxigênio-16 (oito prótons e oito nêutrons) atingido por um próton rápido perderá vários prótons

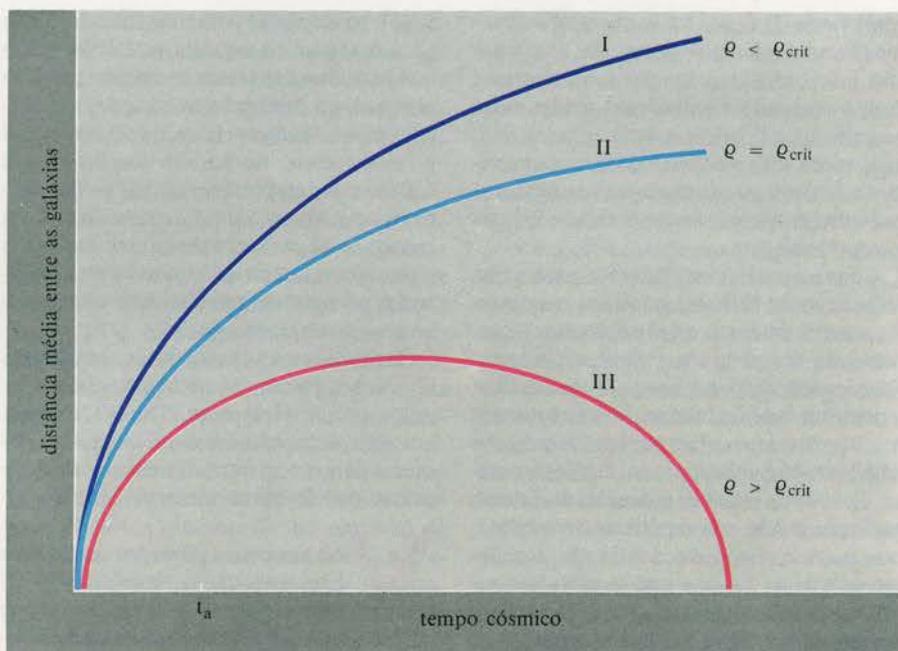


Fig. 2. Modelos para expansão e contração do universo. O universo começa com o Big Bang, em $t = 0$, a altíssima temperatura (t_a representa a época atual). Se a densidade média de matéria (ρ) for menor ou igual à densidade crítica (ρ_{crit}), o universo será especialmente infinito (aberto), com a separação entre as galáxias crescendo indefinidamente (casos I e II). Se a densidade for maior que ρ_{crit} , o universo será fechado e passará, após a expansão, por uma fase de contração (caso III).

e nêutrons, transformando-se num núcleo de lítio-7 (três prótons e quatro nêutrons) ou de berílio-9 (quatro prótons e cinco nêutrons), por exemplo.

Trabalhos desenvolvidos sobretudo no Laboratório René Bernas da Faculdade de Ciências de Orsay mostraram a probabilidade de formação desse ou daquele produto quando da colisão de uma partícula rápida com um átomo no meio interestelar. Conhecendo a densidade de elementos nesse meio e o fluxo da radiação cósmica, podemos calcular a taxa de produção desses elementos químicos na nossa galáxia. Em seguida, multiplicando essa taxa de produção pela idade da galáxia, podemos estimar a abundância formada por essas reações nucleares.

Tomemos o berílio-9. Sua abundância observada nas estrelas coincide perfeitamente com aquela calculada por esse método. O mesmo cálculo explica as abundâncias de lítio-6 e de boro-10 e 11, mas não a de lítio-7. A relação encontrada entre o lítio-7 e 6 no nosso sistema solar é de 12,5, ao passo que no momento dessas reações nucleares ela é de cerca de 1,5. A disparidade é inaceitável: não mais que 10% do lítio-7 observados na galáxia podem ser atribuídos à radiação galáctica. Poderia esta produzir o deutério e o hélio-3? Por meio de ações de tipo *próton + hélio-4* ao longo de toda a vida da galáxia esses elementos poderiam se formar, mas as abundâncias calculadas seriam cerca de mil vezes menores que as observadas (10^{-8} em vez de 10^{-5}).

Em suma, os fenômenos estelares explicam razoavelmente os elementos de massa superior a 11 (a partir do carbono-12). Já as radiações cósmicas galácticas dão conta da abundância dos núcleos de massa 6, 9, 10 e 11, mas não explicam a abundância dos elementos de massa 2, 3 e 7. Para os elementos de massa 3 e 7, fenômenos estelares podem talvez fornecer uma explicação adicional. Mas como explicar os elementos de massa 2 e a abundância dos de massa 4?

Esta era a situação no início da década de 1960. A descoberta da radiação fóssil por Arno Penzias e Robert Wilson redespertara o interesse dos astrofísicos pela teoria do Big Bang. Só se podia explicar a existência dessa radiação universal a 3 K pela hipótese de que o universo atingira no passado uma temperatura de pelo menos 3.000 K. Só nessas condições fenômenos físicos teriam podido produzir a radiação que chega até nós na forma de ondas milimétricas. Que temperaturas teria o universo atingido no passado?

Com o modelo cosmológico de Albert Einstein podemos prever o comportamento temporal dos parâmetros cosmológicos, desde que saibamos seu valor em dado instante. Uma primeira equação permite associar a densidade atual à taxa de expansão das galáxias, isto é, ao 'parâmetro de Hubble', que nos diz, *grosso modo*, daqui a quanto tempo a distância entre as galáxias será duas vezes maior que hoje (figura 2). Outra equação permite associar a distância média entre as galáxias (chamada

'parâmetro de escala') à temperatura da radiação no universo. Por sua vez, essa relação informa que a temperatura decresce com o aumento da distância média entre as galáxias e nos leva a uma terceira relação, muito útil: o número de fótons por núcleon (próton ou nêutron) permanece constante durante a expansão (exceto em fases excepcionais).

Com esses cálculos podemos conhecer a relação entre fótons e núcleons no passado a partir da atual, e é precisamente a evolução da temperatura e da densidade em função do tempo que nos permitirá avaliar a possibilidade de fabricação de elementos no *Big Bang*. A observação da radiação fóssil nos dá o número atual de fótons: cerca de $400/\text{cm}^3$ (isto é, a densidade de uma radiação a 3 K, em equilíbrio termodinâmico). A questão da densidade dos núcleons é mais difícil e tem desafiado a comunidade astrofísica há décadas. Por ora, digamos apenas que esse número se situa entre 1/10 e 20 átomos por metro cúbico, o que significa que a relação entre o número de fótons e o de bárions situa-se entre 2×10^7 e 4×10^9 . De posse desta informação, podemos remontar ao passado e explorar o comportamento da matéria a temperaturas muito elevadas.

Suponhamos que em dado momento no passado o universo tenha atingido uma temperatura superior a 10^{10} K. Nessas condições, as reações que fazem intervir as interações fracas estão em equilíbrio. Consideremos, por exemplo, as reações $n\bar{\nu} + e^- \rightleftharpoons \nu + p$ e $p + e^- \rightleftharpoons n + \bar{\nu}$. A 10^{10} K, a taxa dessas reações é tal que mesmo a mais lenta dura um tempo médio menor que o tempo de expansão do universo (isto é, o tempo que este leva para chegar a uma temperatura duas vezes menor).

Nessas condições, ditas 'de equilíbrio termodinâmico', as abundâncias relativas dos diferentes constituintes são dadas simplesmente pela energética do problema, segundo a 'lei da ação das massas'. Esta estipula que, nesse caso, os prótons e os nêutrons existirão em número aproximadamente igual. Os prótons, contudo, por terem um pouco menos de massa que os nêutrons, estarão em ligeira superioridade numérica, sendo por isso vantajoso, no plano do 'espaço de fase', ter um maior número deles que de nêutrons. A lei prevê ainda que, quando a temperatura se torna menor que a diferença de massa entre o nêutron e o próton (1,3 MeV), a superioridade numérica do próton cresce exponencialmente. Nessas condições, os nêutrons deveriam desaparecer, só restando prótons.

Mas, quase no mesmo instante, um novo fenômeno se produz. A diminuição da temperatura e da densidade faz com que a taxa de captura dos neutrinos pelos pró-

tons e nêutrons se torne demasiado baixa para assegurar o equilíbrio. Diz-se então que as interações fracas saem de equilíbrio ou que essa interação se congela. As reações mencionadas deixam de ser operantes e resta apenas, no âmbito das interações fracas, a desintegração espontânea dos nêutrons em prótons, elétrons e neutrinos. Essa reação se dá em cerca de mil segundos, ao passo que o tempo de expansão do universo no período em questão é de apenas algumas dezenas de segundos.

Nos minutos subsequentes, extintas as interações fracas, os nêutrons se desintegram progressivamente. Desapareceriam por completo, não fosse um terceiro fenômeno de grande importância: o congelamento das forças nucleares.

Voltamos aos períodos em que a temperatura era superior a 10^{10} K. Reações nucleares produziam-se continuamente entre os constituintes. Nêutrons, por exemplo, capturavam prótons para formar núcleos de deutério (deuteron). Mas, uma vez formado, esse sistema era logo fotodesintegrado pelo fluxo de radiação gama que existe em equilíbrio nessas temperaturas. A reação pode ser expressa: $n + p \rightleftharpoons d + \gamma$.

Sempre pela lei da ação das massas, pode-se calcular a densidade em equilíbrio dos núcleos de deutério antes da temperatura de 10^{10} K. Chega-se a quantidades da ordem de 10^{-17} ! Ou seja, todo o sistema nuclear formado desapareceria imediatamente. A situação muda quando a temperatura chega a cerca de um bilhão de graus: o gás de radiação gama já não é capaz de desintegrar os núcleos de deutério na mesma rapidez com que são criados. A reação $\gamma + d \rightleftharpoons n + p$ torna-se assim mais lenta que o tempo de expansão do universo: é o congelamento das forças nucleares. Núcleos de deutério aparecem aqui e ali na 'sopa' inicial, mas muito rapidamente capturam um próton ou um nêutron e transformam-se num hélio-3 ou num trício. Depois, nova reação leva o conjunto ao estado de hélio-4.

Pode-se calcular a quantidade aproximada de hélio-4 que se terá formado dessa maneira. Devemos supor que todos os nêutrons ainda disponíveis quando do congelamento das forças nucleares se transformam e passam pelo deutério e pelos núcleos de massa 3, para chegar afinal à massa 4 (hélio-4). Cabe considerar ainda que, dada a grande estabilidade desse núcleo, só uma fração ínfima de sua substância po-



deria progredir depois para massas mais pesadas (lembramos que não há estruturas estáveis de massa 5 e 8). Essa hipótese da transformação global de todos os nêutrons em hélio-4 permite calcular que apenas cerca de 30% dos núcleons iniciais serão transformados em hélio-4. Esse cálculo, que não envolve programas complexos e leva de modo tão impressionante ao valor previsto, é um dos melhores argumentos em favor da origem dos átomos de hélio-4 do cosmo pela nucleossíntese primordial.

A escolha das duas temperaturas (10^{10} K para o congelamento das interações fracas e 10^9 K para o das interações nucleares) levou em conta a variação das densidades presentes no universo. A abundância final de hélio, gerada durante a nucleossíntese primordial, varia pouco com a densidade já que, essencialmente, todos os nêutrons acabam por ser englobados no hélio-4.

Terá o deutério de fato se formado na nucleossíntese primordial? Até agora não se encontrou alternativa plausível. O argumento pode parecer fraco: quem sabe carecemos de imaginação? Ocorre que, dada a grande fragilidade desse elemento, é difícil imaginar outra origem. Além disso, encontramos na variação de densidade aquela necessária para produzi-lo em quan-

tidade suficiente. E a hipótese da formação primordial do deutério tem uma vantagem: diante da imensa sensibilidade da abundância de sua formação à densidade ambiente, ele pode servir de monitor da densidade.

No início o deutério cresce em número, mas, como a probabilidade de sua destruição por captura de prótons e nêutrons é grande, passa por um máximo e decresce progressivamente, dando lugar ao hélio-3 ou ao trício. Estes também passam por um crescimento, um máximo e um decréscimo, enquanto o hélio-4 se forma a partir de suas abundâncias: dada sua grande estabilidade, atinge seu máximo e engole todos os nêutrons presentes. O cálculo mostra que a abundância atual do deutério é incompatível com a hipótese de um universo de densidade crítica de natureza bariônica. Veremos adiante que as densidades necessárias para explicar sua abundância podem ser encontradas por outras vias.

Em suma, a hipótese de que o universo atingiu no passado temperaturas superiores a 10^{10} K explica tanto a abundância de hélio e sua homogeneidade em escala cósmica quanto a abundância de deutério, determinando ao mesmo tempo uma densidade plenamente compatível com aquelas obtidas por métodos astronômicos. Além disso, um cálculo detalhado mostra que os únicos elementos produzidos na nucleossíntese primordial em abundância comparável à revelada pelas observações são o deutério, o hélio-4, o hélio-3 e o lítio-7. Ora, ocorre que, como 'por milagre', são precisamente estes os núcleos que a nucleossíntese tradicional ou a radiação cósmica não podem explicar. Essa espécie de convivência entre os diferentes mecanismos de produção é mais um argumento em favor da nucleossíntese primordial.

Quanto ao hélio-3 e ao lítio-7, a situação não é tão simples. Sabemos que estrelas como o Sol geram hélio-3 e supomos que outros tipos de estrela possam, em fases tumultuadas de sua existência, gerar também lítio-7. Propomo-nos, em primeiro lugar, verificar se esse modo de formação de elementos não produz tal superabundância dos isótopos hélio-3 e lítio-7 que nos obrigaria, posteriormente, a explicar por que não se observam quantidades igualmente elevadas. De fato, concluímos que, com os parâmetros do *Big Bang* determinados pelo deutério, por exemplo, forma-se uma quantidade desses isótopos perfeitamente compatível com as observações. Não se pode excluir a hipótese de que parte deles provenha de fenômenos estelares, mas tampouco se pode excluir a de que sua origem seja principalmente de natureza primordial. Temos aqui um argumento de coerência interna da teoria, que acrescenta seu próprio peso à sua credibilidade.

Nas nuvens interestelares, como é o caso da nebulosa que deu origem ao sistema solar, conta-se cerca de um átomo de hidrogênio pesado (deutério) por 100 mil de hidrogênio leve. O confronto da teoria com a observação encontra neste ponto um duplo obstáculo: a imprecisão inerente às próprias observações e a dificuldade envolvida no retorno ao passado. As observações que temos se referem ao meio interestelar atual ou ao sistema solar, que tem 4,5 bilhões de anos. Como extrapolar daí a abundância de deutério a ser associada ao *Big Bang*? Neste caso, tiramos partido do fato de que esse elemento não tem, aparentemente, outra fonte senão a nucleossíntese primordial. Podemos nos valer também do fato de que ele não resiste à passagem pelo interior das estrelas. Fazemos a hipótese de que toda matéria interestelar que foi em algum momento englobada numa estrela e depois re-lançada no meio interestelar perde todos os átomos de deutério que continha de início. Daí chegamos a uma primeira conclusão: as abundâncias de deutério oriundas do *Big Bang* são necessariamente superiores às abundâncias que observamos no meio interestelar. Usando os conhecimentos atuais sobre a evolução da nossa galáxia e a fração da massa galáctica que foi um dia 'astrada', podemos ser mais quantitativos: a fração do meio estelar que pode alguma vez ter transitado no interior de uma estrela, ou, esclarecendo melhor, ter sido levada a uma temperatura superior a 700 mil K, situa-se entre 30 e 50%. Isso significa que a abundância inicial de deutério provavelmente foi entre duas e três vezes maior que a observada no meio interestelar presente.

Já o hélio-4 representa, nas galáxias muito pobres em elementos pesados (aquelas onde a atividade estelar foi fraca), de 24 a 26% da massa total. Nesse caso o problema da formação subsequente não se coloca: tal abundância pode ser diretamente comparada com as previsões da nucleossíntese primordial.

No caso do lítio-7 o problema do retorno ao passado não é simples. O Sol e as estrelas mais jovens mostram uma abundância inicial uniforme de cerca de 10^{-9} lítio-7 por hidrogênio. As estrelas muito antigas (ditas de População II) agrupam-se em torno de 10^{-10} . Daí a possibilidade de um mecanismo de formação estelar ainda hipotético. Contentemo-nos em exigir que esse modelo cosmológico não 'superproduza' esse isótopo em relação aos valores observados.

Sobre o hélio-3, os dados são escassos: não há observações sobre astros mais antigos que o Sol. Além disso, a geração estelar é possível. Como no caso do lítio-7, tentaremos apenas evitar a superprodução do hélio-3.



A galáxia M31 (Andrômeda) é a maior galáxia espiral próxima de nós, distando cerca de 2,2 milhões de anos-luz da Terra.

Extraído de Galáxias: Timothy Ferris — reproduzido por Mário da Costa Grisoli e Ana Regina Nogueira

Como calcular as abundâncias dos átomos gerados nos primeiros minutos do universo? Em primeiro lugar, formula-se a hipótese de que o universo alcançou em dado momento uma temperatura superior a 10^{10} K. Para chegar a um resultado sem ambigüidade, outras hipóteses são necessárias. Aqui, ao contrário do usual, a coerência da teoria com os resultados se tornará um teste do modelo. Essas hipóteses não são arbitrárias, não são meros 'parâmetros livres': podem ser testadas em planos não relacionados com o problema da nucleossíntese primordial.

A primeira hipótese refere-se à escolha da densidade dos núcleons no universo atual. Pode-se fixar um limite superior para a densidade total do universo (incluindo toda forma de matéria e de energia) com base na desaceleração que as galáxias devem sofrer em razão do campo de gravidade induzido pela matéria cósmica. Até o momento, porém, todas as tentativas de determinar essa desaceleração fracassaram. Devemos nos contentar em fixar um limite superior para ela e, conseqüentemente, para a densidade total do universo: o equivalente a cerca de 20 núcleons (prótons e nêutrons) por metro cúbico (ou 20 GeV/m^3 , uma vez que a massa do núcleon equivale a 1 GeV de energia).

Outras técnicas permitem obter densidades médias no interior de certos grandes volumes do universo (sem que isto nos autorize a estender tais estimativas a todo o universo). Pelo estudo do movimento das galáxias nos aglomerados de galáxias, e exigindo que a densidade total do aglomerado seja suficiente para 'ligar' as galáxias dentro dele, obtém-se uma densidade equivalente a um ou dois núcleons por metro cúbico. Ao que saibamos, nenhuma manifestação natural nos obriga a recorrer, para o conjunto do cosmo, a densidades superiores. Os valores superiores e inferiores estimados, que mencionamos, não especificam se estão em jogo sobretudo núcleons ou outras coisas.

Uma segunda hipótese de cálculo liga-se ao número de 'famílias' de partículas ditas 'elementares' existentes no universo. Essa enumeração é importante porque cada família está representada, no momento da nucleossíntese primordial, por uma população de indivíduos que afeta a densidade total e, portanto, o ritmo de expansão do universo. Este, por sua vez, afeta a população de nêutrons no momento da nucleossíntese (eles terão, por exemplo, mais ou menos tempo para se desintegrar, isto é, para evitar transformar-se em hélio), alterando assim a abundância final de hélio.

Que partículas habitavam o universo quando da nucleossíntese inicial? As que mais contribuem para a densidade total são

as partículas relativísticas (aquelas cuja massa é nitidamente inferior à energia térmica, isto é, cerca de 1 MeV). Há os fótons, os elétrons (que vão se anular por volta desse período) e os neutrinos. Destes, conhecemos hoje três tipos: os neutrinos-eletrônicos (nu-e), os muônicos (nu-mu) e os tauônicos (nu-tau). Não sabemos que massas têm, mas conhecemos seus limites superiores: a do nu-e é inferior a 60 eV (e, muito provavelmente, de menos de 1 eV); a do nu-mu é de menos de $0,5 \text{ MeV}$ e a do nu-tau é de menos de 300 MeV . Em outras palavras, no momento da nucleossíntese o nu-e era certamente relativístico e o nu-mu provavelmente também. Quanto ao nu-tau, não sabemos. Coloca-se pois a questão da existência possível de outros neutrinos e de outras partículas elementares relativísticas naquele momento.

A figura 3 mostra a abundância de hélio, no fim do período da nucleossíntese, em função da população de fótons com relação à de núcleons (uma medida da densidade de núcleons na matéria cósmica). As três curvas correspondem às hipóteses adotadas com relação ao número de espécies de neutrinos leves (massa de menos de um MeV). A curva inferior (dois nu leves) descreveria corretamente a situação desde que o neutrino tauônico possuísse uma massa superior a um MeV (possibilidade que, no estágio atual de nossos conhecimentos, nada permite excluir). A curva intermediária supõe, ao contrário, que os três neutrinos conhecidos são leves e que não há outros. Com a curva superior, representa-se a existência hipotética de uma quarta espécie de neutrino, igualmente leve. Levando em

conta as incertezas, tanto sobre a abundância de hélio quanto sobre a densidade do universo, mostra-se que a teoria pode admitir duas, três, quatro e talvez cinco espécies de neutrinos mais leves, não mais.

Por volta da década de 1950, a teoria do *Big Bang* permitiu prever a existência da radiação fóssil que, descoberta em 1965 por Penzias e Wilson, trouxe grande reforço à sua credibilidade. No tocante à nucleossíntese, ela leva a uma nova predição, que limita singularmente a proliferação das partículas elementares. Em ciência, as predições bem-sucedidas são a marca da adequação de uma teoria à realidade. Modelos que se contentam em explicar os fatos *a posteriori* permanecem sempre suspeitos. Outros quadros teóricos não poderiam apresentar igual coerência com a realidade?

Para o 'desempate', a teoria deve 'arriscar-se', fazer predições. Essas confrontações impõem-se mais ainda quando ela foge ao quadro de pensamento habitual da ciência. A teoria do *Big Bang* rompe com toda a tradição científica que vai de Aristóteles a Einstein, que jamais aventou a possibilidade de uma 'história do universo'. A extravagância de suas pretensões autoriza-nos a exigir dela sérios elementos de credibilidade. Por isso é importante assinalar que, a partir de 1985, graças às medidas das partículas ditas 'bósons intermediários' na Organização Européia para a Pesquisa Nuclear (CERN), em Genebra, a física moderna se tornou capaz de estimar o número das espécies de neutrino, confirmando plenamente as predições do *Big Bang*... É importante destacar esse novo êxito, sobretudo em se tratando de uma teoria conceitualmente litigiosa.

A abundância de hélio, muito sensível ao número de neutrinos leves, varia relativamente pouco com a densidade nucleônica; já o deutério é muito sensível a este último parâmetro. A compatibilidade com os dados experimentais leva-nos a escolher uma densidade nucleônica entre 0,1 e um núcleon por metro cúbico. A necessidade de não 'superproduzir' isótopos He-3 e Li-7 (lembramos que se as estrelas podem eventualmente ter contribuído para sua fabricação é difícil invocar mecanismos de destruição plausíveis para eles) limita também a variação de densidade aceitável. Mas é preciso insistir num aspecto: com dois parâmetros — o número de neutrinos e a densidade nucleônica — explica-se a abundância de quatro isótopos sem superproduzir os outros (Li-6, Be-9, B-10, B-11 etc.). Será essa concordância significativa? Creio que sim. A teoria do *Big Bang* é a única que explica de maneira natural (sem fazer intervir fatores externos que só se justificam pela necessidade de 'explicar' os dados) a abundância dos isótopos He-4, He-3, Li-7 e deutério que escapam às proezas da

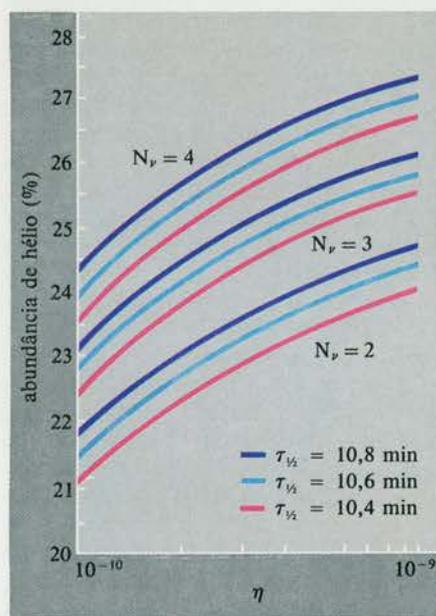


Fig. 3. O gráfico representa a abundância primordial de hélio versus a razão bárion/fóton (η) para diferentes números de famílias de nêutrons e diferentes vidas médias para o nêutron.

nucleossíntese estelar ou do bombardeio da radiação cósmica galáctica.

Comparado às teorias rivais, o *Big Bang* tem duas vantagens. Uma é a que acabamos de expor. A outra liga-se ao encontro que provoca com a física e impõe a ela. Seus parâmetros, longe de serem livres, remetem ao laboratório de física ou à observação astronômica, onde são passíveis de medidas que os confirmem ou refutem.

semos mão de várias daquelas hipóteses que só entram para explicar os dados. Não fosse o amor imoderado que impele certos astrofísicos ao universo 'fechado', acredito que há muito já não se falaria disso...

E o futuro do mundo? As densidades estimadas não são suficientes para deter o movimento de expansão. Divisa-se dentro desse quadro uma diluição e um resfriamento que prosseguem indefinidamente.

resumi-lo para levar adiante essa 'história térmica do universo'.

Admite-se nessa abordagem a possibilidade de que as quatro forças naturais conhecidas — gravitação, eletromagnetismo, nuclear-forte e nuclear-fraca — sejam na realidade manifestações diversas de um mesmo fenômeno fundamental: a força unificada. A uma temperatura suficientemente alta, as diferenças não existiriam. Esse esquema explicativo já foi parcialmente confirmado no tocante às formas E-M e N-fraca. Acima de 100 GeV elas estão intimamente ligadas. A detecção das partículas chamadas 'bósons intermediários', no CERN, deu esplêndida confirmação à realidade dessa unificação. Foi-se ainda mais longe na teoria dita 'grande unificada' (GUT). Em torno de 10^{15} GeV (10^{28} K), assistiríamos à unificação de três forças: E-M, N-fraca e N-forte. Essa teoria, muito popular há alguns anos, previa a desintegração do núcleon após um período de cerca de 10^{30} anos. Mas, a despeito de enormes trabalhos de pesquisa, essa desintegração não foi observada e a teoria perdeu parte de seu crédito. A idéia é provavelmente correta, mas a formulação, inadequada.

A unificação das quatro forças vem sendo arduamente pesquisada, mas os resultados são parcos. O encontro se daria provavelmente na chamada energia de Planck: 10^{19} GeV ou 10^{32} K. Mas surge aqui uma dificuldade básica: não dispomos de uma teoria quântica da gravidade, ou seja, não sabemos descrever corretamente o comportamento das partículas em energias tão elevadas. Essa ignorância impõe um limite à nossa exploração da história do cosmo.

Como esse esquema de unificação de forças repercute sobre o *Big Bang*? Ele nos permite retomar nosso caminho rumo aos instantes quentes do universo. Recordemos que os mais potentes aceleradores terrestres não ultrapassam 10^3 GeV, ao passo que para o *Big Bang* não há limitações. Em outras palavras, se não temos hoje aceleradores capazes de testar os modelos de unificação, talvez tenha havido um, no passado remoto do mundo. E talvez ele tenha deixado vestígios capazes de orientar a física de altas energias. Essa confrontação potencialmente fértil da física com a cosmologia é um dos aspectos mais entusiasmantes de nosso tempo, no plano do conhecimento.

Suponhamos que o universo atingiu 10^{28} K — a temperatura estimada da unificação das forças, exceto a da gravidade —, e aceitemos provisoriamente a teoria GUT. Nesse período em que a energia térmica é bem superior às massas (Mc^2) das partículas conhecidas (elétrons, prótons, nêutrons), as populações de partículas e de antipartículas são iguais entre si e quase iguais à de fótons. Mas quando a tempe-

Extrato de Galáxias, Timothy Ferris — reproduzido por Mano da Costa Grisoli e Ana Regina Nogueira



A nebulosa 'planetária' M27 consiste em um envelope de gás em expansão que foi ejetado de uma estrela central há 50 mil anos.

Ainda uma palavra sobre a questão da densidade do universo e sobre seu futuro. O estudo dos elementos leves indica que a densidade nucleônica é de aproximadamente um núcleon por metro cúbico. Nada nos informa sobre a densidade do componente não nucleônico (embora limite o número de espécies de partículas de interação fraca, como os neutrinos). Por outro lado, a análise dos movimentos das galáxias nos aglomerados indica a densidade total, sem especificar se se trata de núcleons ou de outra coisa. A densidade assim obtida é cerca de duas vezes superior à densidade nucleônica. Uma primeira conclusão: a densidade do componente não nucleônico parece maior que a do nucleônico. Uma segunda conclusão: nada corrobora a hipótese de um componente dito de 'massa ausente', que cobriria o déficit e permitiria afirmar que o universo possui a densidade crítica.

Formulemos a pergunta de outro modo: é possível excluir hoje a hipótese de que a densidade seja igual à densidade crítica? A rigor, não. Isso só seria possível se lançás-

Podemos recuar mais ainda? Há razões para pensar que o universo atravessou fases ainda mais quentes que os 10^{10} K necessários à síntese do hélio? Mais precisamente: temos 'fósseis' para apoiar essa extrapolação?

Retomemos dois fatos já mencionados. Primeiro, a população relativa dos fótons e dos núcleons. Por que há em nosso universo cerca de um bilhão de fótons para cada núcleon? Em seguida, uma constatação enigmática: a ausência de antimatéria na escala astronômica. Para o físico habituado ao comportamento dos aceleradores, ela gera um problema: não é compatível com a simetria matéria-antimatéria que se manifesta nas experiências de física de altas energias. No laboratório, cada criação de matéria acompanha-se da criação de uma quantidade estritamente igual de antimatéria. Essa simetria de população não é respeitada (felizmente!) no curso dos eventos cosmológicos. Por quê? A resposta a essas duas perguntas situa-se num capítulo muito atual da física moderna: a unificação das forças da física. Será preciso

AS ERAS DO UNIVERSO

Tempo cósmico	Temperatura	Eventos
10^{-43} s	10^{32} K	Fim da era de Planck. Expansão do universo descrita pela teoria de Einstein.
10^{-35} s	10^{28} K	Fim da unificação das forças N-fortes com as eletro-fracas.
10^{-9} s	10^{15} K	Fim da unificação das forças N-fracas com as eletromagnéticas.
10^{-3} s	10^{12} K	Fim da era dos quarks. Surgem os hádrons. Aparecimento da matéria.
1 s	10^{10} K	Início da nucleossíntese.
10^5 anos	4.000 K	Recombinação do hidrogênio. Início da formação das galáxias.

Quadro aproximado para as eras do universo de acordo com a teoria da grande unificação (GUT), a partir do *Big Bang* ocorrido no tempo zero. A descoberta recente de uma galáxia, em uma época de um passado bastante remoto em que se deveriam esperar apenas 'embriões' de galáxias, em nada altera a teoria do *Big Bang*, mostrando tão-somente que continuamos a ignorar os mecanismos que formam tais objetos no cosmo.

ratura cai, a teoria prevê a possibilidade de um fenômeno quase imperceptível. Com a diferenciação da força N-forte, criar-se-ia um pequeno suplemento de núcleons e de elétrons em relação aos antinúcleons e antielétrons. Para um bilhão de partículas de antimatéria e de fótons, passaria a haver um bilhão mais uma partícula de matéria; maioria ínfima, absolutamente indiscernível na época.

Acompanhemos o resfriamento. Quando a temperatura chega a 10^{13} K (isto é, 1 GeV, a massa de um próton), entramos numa fase de anulação maciça. Cada partícula se emparelha com uma antipartícula apropriada e desaparece. Exceto, é claro, um pequeno resíduo de matéria, aquele mesmo que antes lhe proporcionava sua ligeira superioridade numérica e que vai formar o universo atual e nos constituir.

O resultado final dessa hipótese foi apresentado pela primeira vez pelo físico soviético Andrei Sakharov: um bilhão de fótons por núcleon e nenhuma antimatéria no universo atual. Daí o interesse de avançarmos até essa temperatura nessa 'descida aos infernos'. Lembremos, entretanto, o caráter ainda amplamente especulativo dessa teoria. Ao passar do bilhão de graus da nucleossíntese primordial às temperaturas de grandes unificações, passamos de uma física apoiada em dados de laboratório para extrapolações ainda muito frágeis.

Será possível recuar ainda mais? A 10^{32} K (temperatura de Planck) defrontamos o limite já mencionado, hoje insuperável: a inexistência de uma teoria quântica

da gravidade. A matéria cósmica encontra-se então num estado que diz respeito ao mesmo tempo à relatividade (extrema densidade de energia) e à física quântica (campos e partículas). Incapazes de calcular o comportamento da matéria quando essas condições se combinam, não podemos dizer o que se passou anteriormente. A temperatura era ainda mais alta? Ou, ao contrário, esse período teria sido precedido de outros mais frios, de duração indeterminada? Aqui a ciência se cala.

Que significa, nessas condições, a cronologia tradicional expressa, por exemplo, no título *Os três primeiros minutos do universo*, da obra de Steven Weinberg? O 'tempo zero' que ela implica é um artifício que só a comodidade justifica. Faz-se a hipótese de que as leis da física, como as conhecemos, são válidas em todos os momentos do passado. O cálculo mostra então que, nessas condições, a temperatura deve elevar-se indefinidamente para atingir, num dado momento, um valor infinito (divergir). Convencionou-se chamar esse instante de 'tempo zero', começando daí a cronologia. Ora, sabemos que as leis da física deixam de ser válidas antes desse tempo zero, o que lhe retira toda realidade científica.

A rigor, que podemos dizer? Que no passado o universo foi muito mais denso e muito mais quente. Que atingiu provavelmente temperaturas da ordem do bilhão de graus, e talvez de 10^{32} K. Aí cessa o discurso científico sobre o passado do univer-

so. Terá sido uma criação *ex nihilo* ou uma transformação a partir de um estado precedente? Essas questões, malgrado seu grande interesse, permanecem por ora sem resposta.

Concluo com algumas palavras sobre outro aspecto da história térmica do universo. Até poucos anos atrás, o enredo parecia simples: no ritmo da expansão, isto é, do aumento das distâncias entre os pontos do espaço, a temperatura baixaria regularmente, de modo uniforme. As teorias da unificação vieram complicar tudo isso. Prevê-se que a diferenciação das forças, em determinadas temperaturas, induz 'transições de fase', análogas à que ocorre quando a água líquida chega abaixo do ponto de congelamento. Essas transições de fase podem liberar calor. Se, ademais, a diferenciação tarda a se dar — desta vez em analogia com o fenômeno da 'superfusão' da água (estado líquido mantido acima do ponto de congelamento) —, a matéria cósmica pode ser submetida a fenômenos de 'inflação', isto é, de expansão extremamente rápida, acompanhada de um reaquecimento brutal.

Invocou-se a existência dessas fases inflacionárias para tentar explicar certos enigmas suscitados pelo modelo *Big Bang*: isotropia da radiação fóssil, planitude e longevidade do universo. Hoje estamos menos otimistas. Essas explicações encontram grandes dificuldades quantitativas, sobretudo no tocante ao espinhoso problema da origem das galáxias. Entretanto, mesmo que as fases de superfusão e de inflação não cumpram suas promessas, é difícil dispensá-las. Nascidas da junção da física e da astronomia, no âmbito da teoria do *Big Bang*, elas desempenham provavelmente um papel importante na história térmica do universo. Longe de decrescer de maneira gradual e uniforme, a temperatura cósmica reflete sem dúvida, numa série de digressões variadas, a física das energias decrescentes. Dessas peripécias terão restado, talvez, 'fósseis' na matéria atual. Quem sabe no mecanismo ainda misterioso da formação das galáxias?



SUGESTÕES PARA LEITURA

- GUTH, A. e STEINHARDT, P. 'The inflationary universe', *Scientific American*, maio 1984, n.º 5, p. 116.
- PACHECO, J.A. de FREITAS. 'Está a dinâmica do universo dominada por neutrinos?' Em L. Rocha Ramos (ed.), *Perspectivas da física teórica*, São Paulo, Instituto de Física da USP, 1987.
- REEVES, H. *Um pouco mais de azul — A evolução cósmica*, São Paulo, Martins Fontes, 1986.
- TURNER, M. e SCHRAMM, D.N. 'Cosmology and elementary particle physics', *Physics Today*, setembro 1979, p. 42.

A FINEP sempre esteve ao lado das universidades

A Universidade Federal de Viçosa é o melhor exemplo dessa união. Só no ano passado, a FINEP financiou mais de 60 diferentes projetos, pesquisas, estudos e eventos científicos na UFV. São trabalhos tão variados e importantes como o desenvolvimento de uma nova espécie de soja e o melhoramento genético de aves de corte.

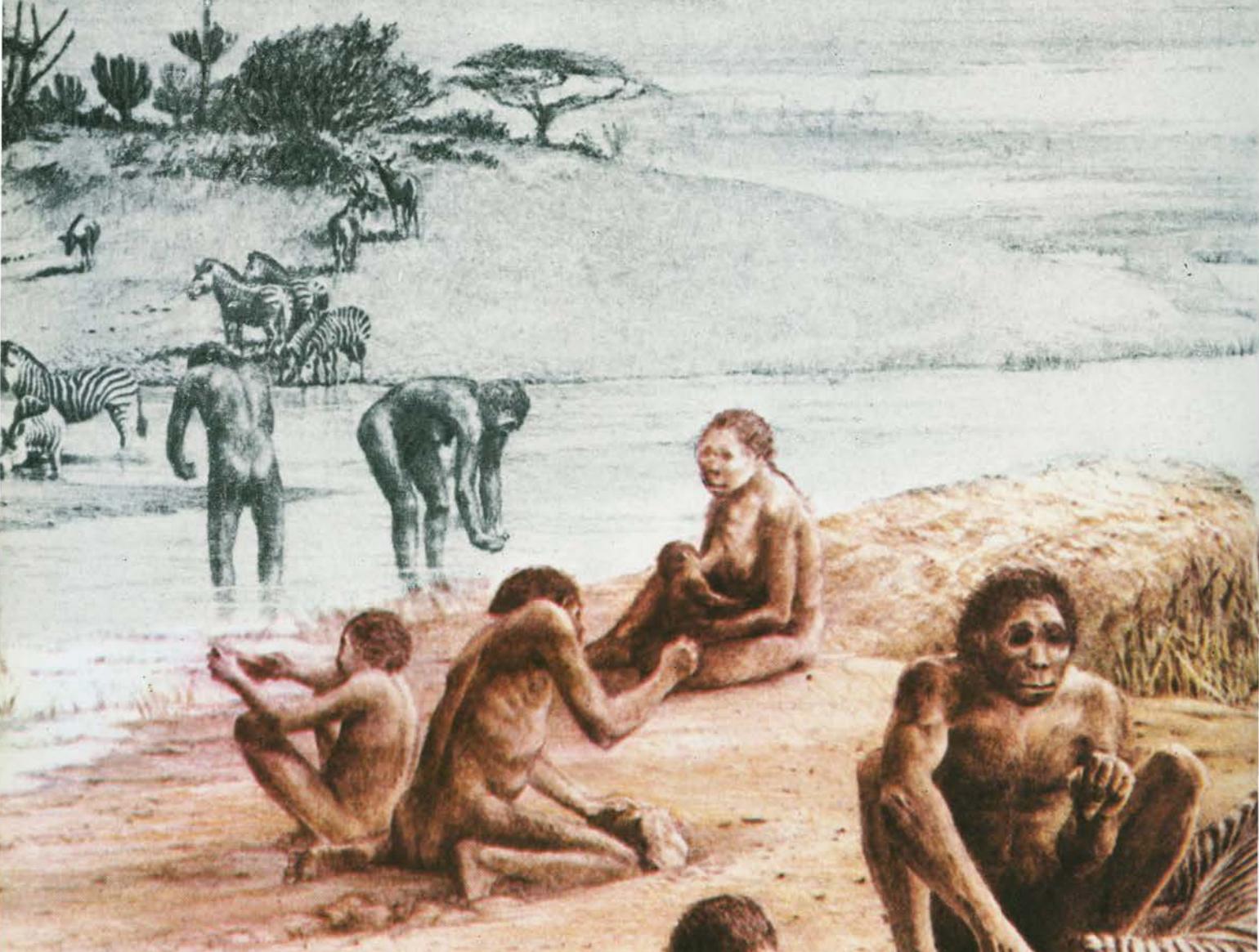
Apoiando a pesquisa nas universidades a FINEP não está fazendo mais do que a sua obrigação. Cumpre o seu papel de banco de fomento do desenvolvimento científico e tecnológico do país.



FINEP, 20 anos investindo no futuro

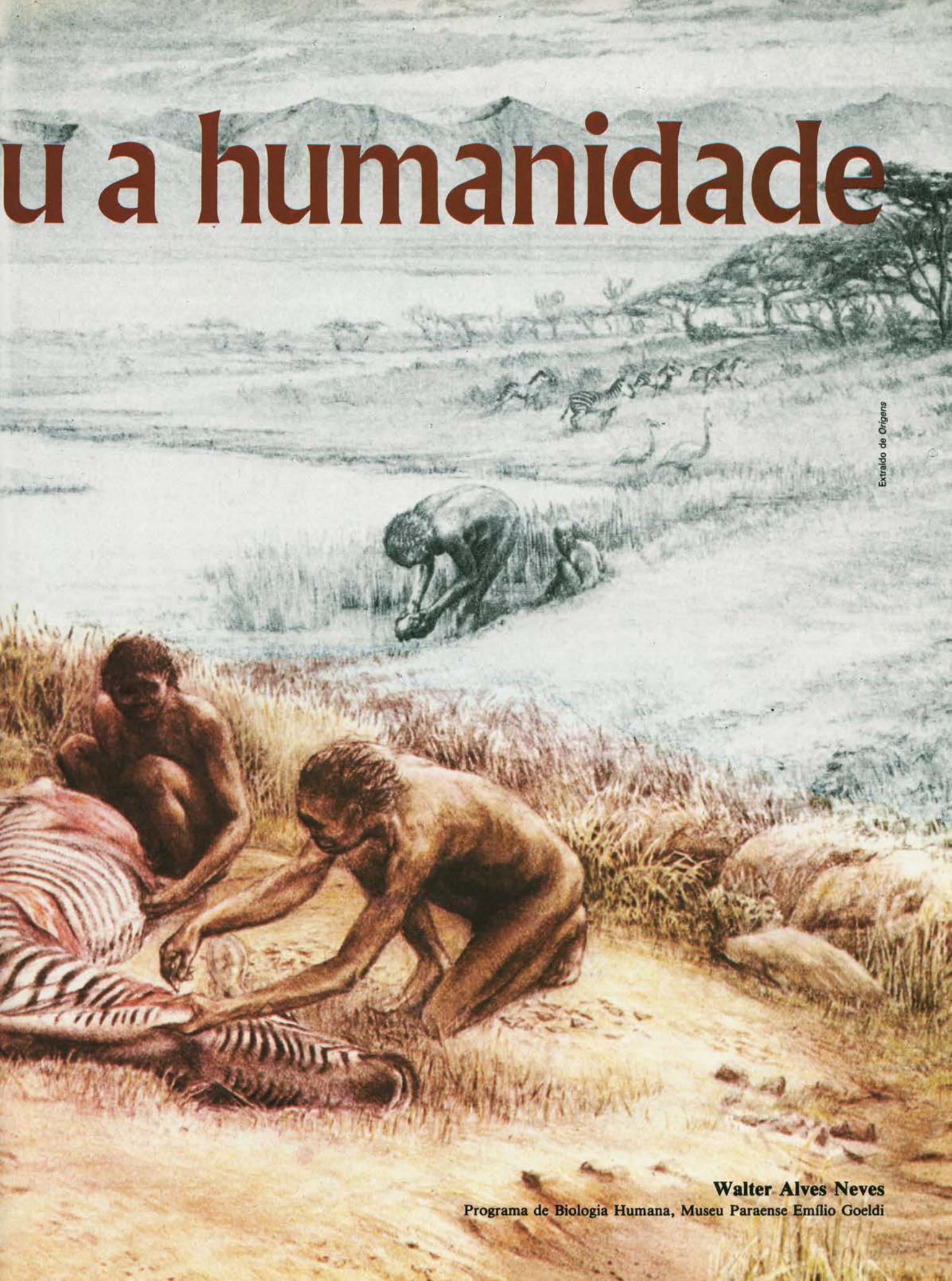
Financiadora de Estudos e Projetos
Ministério da Ciência e Tecnologia

Assim caminhamos



Há cerca de 40 mil anos, alguns homens e mulheres cruzaram o estreito de Bering e chegaram ao continente americano. Milhares de anos mais tarde, seus descendentes atingiram as regiões tropicais. Deu-se, então, um acontecimento épico: o Homo sapiens sapiens abateu com um dardo um macaco, que lhe serviu de refeição. Era o reencontro de duas linhagens evolutivas separadas por mais de 40 milhões de anos.

u a humanidade



Extrato de Origens

Walter Alves Neves

Programa de Biologia Humana, Museu Paraense Emílio Goeldi

Quando as placas da superfície da crosta terrestre (placas tectônicas) correspondentes à América e ao Velho Mundo se separaram por completo, há cerca de 55 milhões de anos, os primatas ainda estavam pouco representados no planeta. Afinal, havia apenas uns 20 milhões de anos que alguns mamíferos insetívoros tinham dado origem, por força da seleção natural, a pequenos animais com polegares oponíveis e unhas em vez de garras, que hoje chamamos de primatas. Os primeiros representantes dessa ordem zoológica, os prossímios, ainda conservavam muitas características dos insetívoros e tiveram seu apogeu durante o Eoceno, entre 53 e 57 milhões de anos atrás (figura 1).

Uma vez separados o Novo e o Velho Mundo, os primatas passaram a ter histórias evolutivas absolutamente independentes. Nas Américas, ficaram restritos ao ambiente arbóreo, a que se adaptaram a ponto de desenvolver uma cauda preênsil sobre a qual tinham admirável controle motor. No Velho Mundo, emergiu entre eles uma linha evolutiva que conquistou o estilo de vida terrestre e veio a dar origem à família dos hominídeos, em que se incluem o homem moderno e seus ancestrais fósseis imediatos. Trataremos aqui, especificamente, dos últimos cinco milhões de anos

dessa linha evolutiva, cuja característica mais proeminente é o desenvolvimento da postura bípede (figura 2).

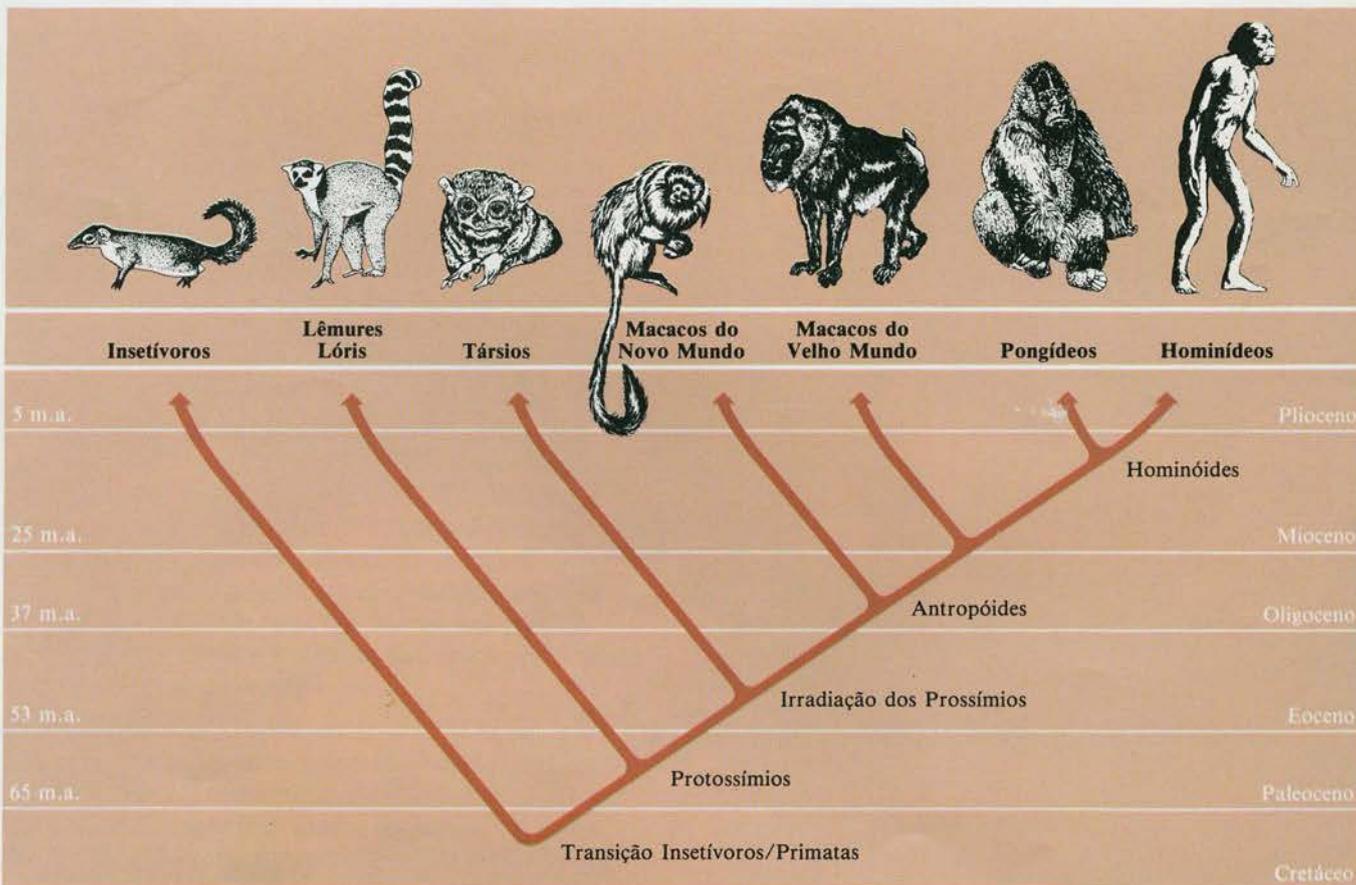
O clima do Velho Mundo tornou-se gradualmente mais seco nos últimos cinco milhões de anos. Com isto, a cobertura florestal ficou paulatinamente mais aberta, num processo que culminou no desaparecimento quase completo das florestas. Foi nessas condições ambientais que os hominídeos tiveram origem e evoluíram. Mas quais teriam sido as causas da seleção do andar ereto?

Na década de 1960, Sherwood Washburn, da Universidade de Berkeley (Califórnia, EUA), retomando uma idéia de Charles Darwin, sustentou que a postura bípede foi selecionada porque deixava as mãos livres para o fabrico de instrumentos. Hoje, porém, admite-se que o andar ereto foi conquistado muito antes da feitura de instrumentos. Fósseis encontrados na região de Hadar, na Etiópia, e pegadas fósseis descobertas em Laetoli, na Tanzânia, mostraram que, há cerca de quatro milhões de anos, primatas de porte mediano — pouco maiores que um chimpanzé — já se deslocavam pelas planícies africanas totalmente em pé. Por outro lado, tanto a fabricação sistemática

de utensílios quanto o aumento do volume cerebral só ocorreram a partir do início do Pleistoceno, por volta de dois milhões de anos atrás, quando o gênero *Homo* se diferenciou. Esses dados não apóiam o modelo de Darwin-Washburn; haverá outros modelos, mais plausíveis?

O primeiro modelo alternativo foi sugerido por Clifford Jolly, da Universidade de Nova York, no início da década de 1970. A postura ereta, segundo ele, foi selecionada por liberar as mãos para a coleta de pequenas sementes, parte importante da dieta dos primeiros hominídeos. Mas essa hipótese, fundada em observações minuciosas de duas espécies de babuínos, uma de floresta e outra de savana, foi logo descartada pela comunidade internacional: a dentição dos primeiros hominídeos (*Australopithecus afarensis*) não mostra qualquer especificidade para a mastigação de sementes; além disso, os próprios babuínos observados por Jolly colhem sementes sentados.

Um artigo publicado por Owen Lovejoy, da Universidade Estadual de Kent, Ohio, em 1981 foi o grande divisor de águas nessa questão. Seu modelo suscitou uma série de novas propostas, nem sempre bem diferenciadas. Todas abandonam a fabricação de instrumentos como causa primária da origem dos hominídeos, associando-a a



Adaptado de Introduction to Physical Anthropology

Fig. 1. Níveis e cronologia da evolução dos primatas. A história evolutiva dos primatas compreende o intervalo de 65 milhões de anos, durante os quais as principais características da ordem foram sendo fixadas e aprimoradas

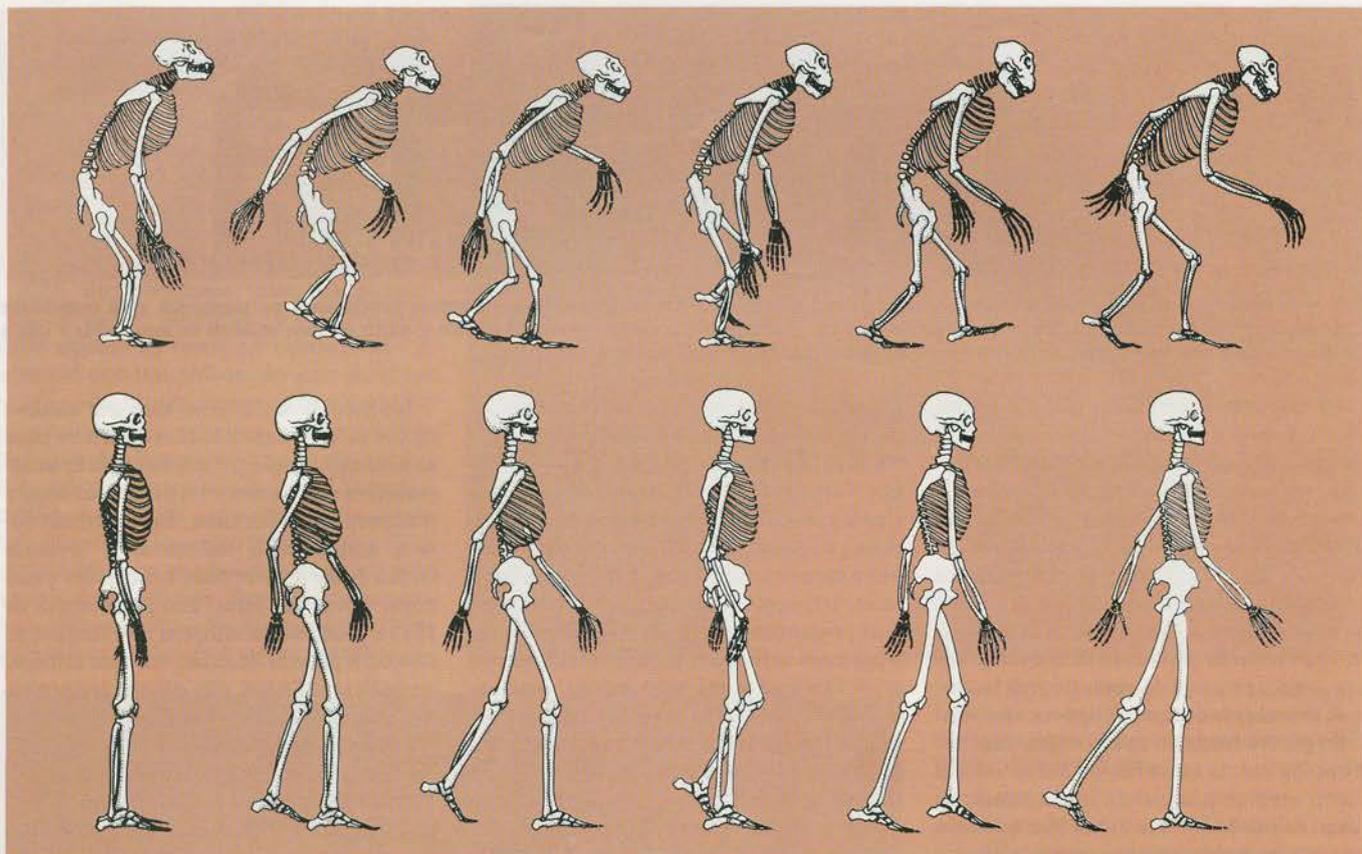


Fig. 2. A postura bípede, aquisição dos últimos cinco milhões de anos, tornou-se mais eficiente no homem (seqüência inferior) do que nos primatas como o chimpanzé (seqüência superior).

aspectos do comportamento sócio-sexual e a fatores demográficos. Têm ainda em comum a influência recebida das teorias sociobiológicas e dos estudos do comportamento do homem atual e dos pongídeos africanos (chimpanzé, gorila).

A fêmea humana foi caracterizada por Ellen Fisher, autora do livro *The sex contract*, como uma atleta sexual. Ao contrário das demais fêmeas primatas, que têm cio definido, ela pode ter relações sexuais em qualquer ocasião. A mulher é também das raras fêmeas capazes de manter relações sexuais durante a gravidez e a que mais rapidamente pode retomar a atividade sexual após o parto. Segundo Lovejoy, essa aptidão deve ter tido grande importância evolutiva nos primeiros passos da evolução dos homínídeos, representando uma estratégia capaz de fazer o macho investir na prole. Vejamos por quê.

Entre os chimpanzés morrem muitos filhotes quando as fêmeas precisam, ao mesmo tempo, carregá-los e explorar ambientes abertos em busca de comida. O fato de sua distribuição geográfica restringir-se a remanescentes de florestas úmidas da África equatorial indica que esses primatas não lograram explorar, de forma estável, os ambientes abertos (savanas). Nesse tipo de situação, atrair a atenção do pai para a prole pode significar uma ajuda considerável

à manutenção desta, pela possibilidade de dispensar a mãe das incursões em ambientes abertos. Para que esse investimento ocorra, no entanto, o macho tem que ter algum parentesco biológico com os filhotes. Como se diz em sociobiologia, os indivíduos buscam maximizar a passagem dos próprios genes para a próxima geração, não os de outro indivíduo.

É possível que, no Mioceno, entre 25 e cinco milhões de anos atrás, algumas fêmeas de driopithecíneos (o grupo a partir do qual surgiram os homínídeos) apresentassem maior capacidade de relacionamento sexual, sendo capazes de manter os machos perto de si por mais tempo. Poderiam, nesse caso, permanecer nas árvores e bosques mistos, enquanto os machos explorariam os territórios mais abertos e perigosos, retornando para junto delas com alimento para a prole. A necessidade de carregar alimentos com as mãos para dividi-los com parentes diretos é que teria tornado a postura bípede adaptativa, há cerca de cinco milhões de anos.

Embora dificilmente possam ser postos à prova pelo estudo de fósseis, esses modelos têm a vantagem de valorizar características básicas do reino animal, como a reprodução e a estratégia de obtenção de recursos, deixando um pouco de lado características específicas e comprovadamen-

te tardias da humanidade na construção de hipóteses referentes a eventos que teriam ocorrido no Plioceno, há cerca de cinco milhões de anos.

É difícil determinar que pressões seletivas específicas atuaram na transição entre o Plioceno e o Pleistoceno, com aceleração da dessecação do Velho Mundo, mas é certo que pelo menos duas novas linhagens de homínídeos surgiram por volta de 2,5 e dois milhões de anos atrás. Foi então que os primeiros homínídeos — os australopithecos —, surgidos há cerca de cinco milhões de anos, atingiram elevado grau de especialização alimentar, com o aparecimento, no sul e no leste da África, das espécies *Australopithecus robustus* e *A. boisei*. A dentição dessas espécies indica uma dieta vegetariana, com base em itens alimentares duros e resistentes.

Paralelamente, surgiu o primeiro homínídeo com cérebro significativamente maior que o dos demais grandes símios africanos: o *Homo habilis* (figura 3). Descoberto nas camadas mais antigas da garganta de Olduvai, na Tanzânia, no início da década de 1960, o *Homo habilis* é considerado hoje, com base em achados subsequentes ocorridos no rio Omo (Etiópia), no lago Turkana (Quênia) e na região de Hadar (Etiópia), a primeira espécie do gênero *Homo*.

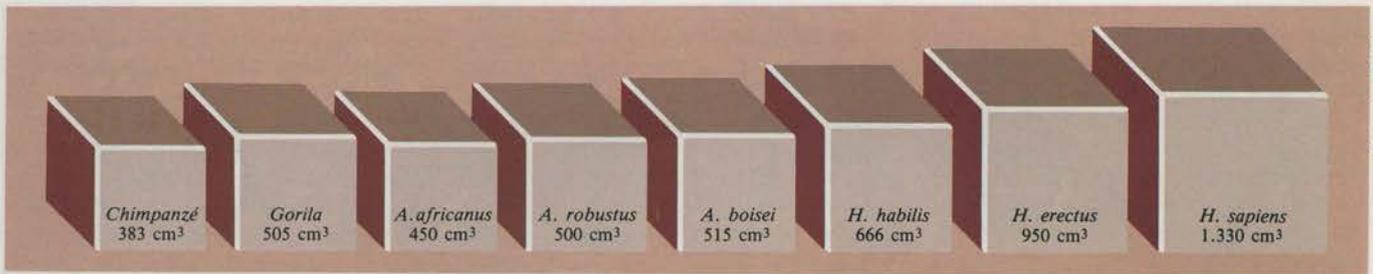


Fig. 3. Comparação da capacidade craniana de pongídeos e homínídeos. Os australopitecos, primeiros homínídeos, apresentavam uma capacidade craniana ainda muito pequena, comparável à dos pongídeos (chimpanzés e gorilas) atuais. Somente a partir de dois milhões de anos atrás é que a linhagem homínídea começou a apresentar uma expansão significativa do cérebro.

Alguns autores acreditam que a linhagem *Homo* surgiu diretamente dos *Australopithecus afarensis*, enquanto outros consideram que ela surgiu a partir do *A. africanus* (figura 4). É certo, no entanto, que foi nos níveis geológicos do *Homo habilis* que começou a ser exercida de forma sistemática a indústria da pedra lascada, na produção de instrumentos rudimentares: gumes obtidos por meio de percussão direta sobre seixos, com a retirada de umas poucas lascas.

A descoberta do mais antigo representante do gênero humano suscitou questões antropológicas de suma importância sobre o comportamento social da humanidade no início da sua história cultural. Até a década de 1960, as jazidas paleoantropológicas foram exploradas de forma imprudente, com muita ênfase em paleontologia e pouca em arqueologia. Chegou-se a explodir muitas delas para liberar ossos da matriz rochosa. Assim, não só se destruíam as possibilidades de investigação cronológica e ambiental, como se arruinava a distribuição espacial original dos vestígios arqueológicos.

A pesquisa empreendida na garganta de Olduvai, na Tanzânia, marcou grande avanço técnico e teórico na investigação de jazidas paleontológicas humanas. Ali, a partir das estruturas arqueológicas pacientemente evidenciadas por Mary Leakey, foi possível, por exemplo, sugerir que nossos ancestrais diretos já construíam algum tipo de abrigo, utilizando rochas como base para galhos ou hastes de ossos. O conceito de residência foi assim estendido para um passado de cerca de dois milhões de anos.

A partir do início da década de 1970, na região do lago Turkana — área explorada paleontologicamente por Richard Leakey, do Museu Nacional do Quênia —, Glynn Isaac aplicou as estratégias usadas por Mary Leakey em Olduvai de maneira ainda mais intensa. Suas pesquisas tinham por objetivo inicial testar duas hipóteses já antigas: a de que nossos ancestrais empregavam a caça como estratégia primordial de subsistência e a de que algum tipo de integração social cooperativa teria existido desde as nossas origens.

Isaac teve a felicidade de encontrar no lago Turkana muitos sítios arqueológicos,

alguns dos quais escavou sistematicamente. Encontrou ali associações positivas entre instrumentos de pedra e ossos de animal fragmentados. O exame dessas associações levou-o a concluir que os homínídeos plioleistocênicos, em vez de consumir a carne no local em que abatiam os animais, transportavam partes específicas de suas presas para outros locais, onde os instrumentos utilizados para o retalhamento eram fabricados ou, pelo menos, reavivados. Essa conclusão teve por base o fato de que nem todas as partes anatômicas dos animais consumidos estavam representadas nos sítios pesquisados, só aquelas com maior conteúdo de tecido muscular.

Dessas evidências Glynn Isaac inferiu ainda que os homínídeos plioleistocênicos (*Homo habilis*) que investigava retornavam com a caça a um ponto base, repartindo-a ali com sua unidade social (provavelmente muito parecida com o que hoje chamamos de bando). A reciprocidade e a repartição da comida seriam portanto traços ancestrais muito antigos.

No livro *Bones, ancient men and modern myths* (1981), Lewis Binford alertou para as alternativas que poderiam explicar as associações entre ossos e instrumentos encontrados no lago Turkana. Essas críticas foram amplamente discutidas e levaram Glynn Isaac a rever suas conclusões e elaborar novos modelos. Em publicações de 1983 e 1984, ele reconheceu que Binford tinha uma parcela de razão em suas críticas: revendo seus dados, não encontrara nenhuma prova direta da repartição de alimentos entre os homínídeos plioleistocênicos. As associações que encontrara entre ossos e instrumentos provavam apenas o comportamento de retornar a um ponto base para consumir *a posteriori* a carne coletada. Isto poderia se dar simplesmente para permitir a ingestão do alimento num local mais seguro, ou mesmo mais confortável, onde cada homínídeo consumiria o alimento que coletara, sem necessariamente reparti-lo com estranhos à sua unidade familiar.

Glynn Isaac e seus discípulos de Berkeley e Harvard puseram em xeque também

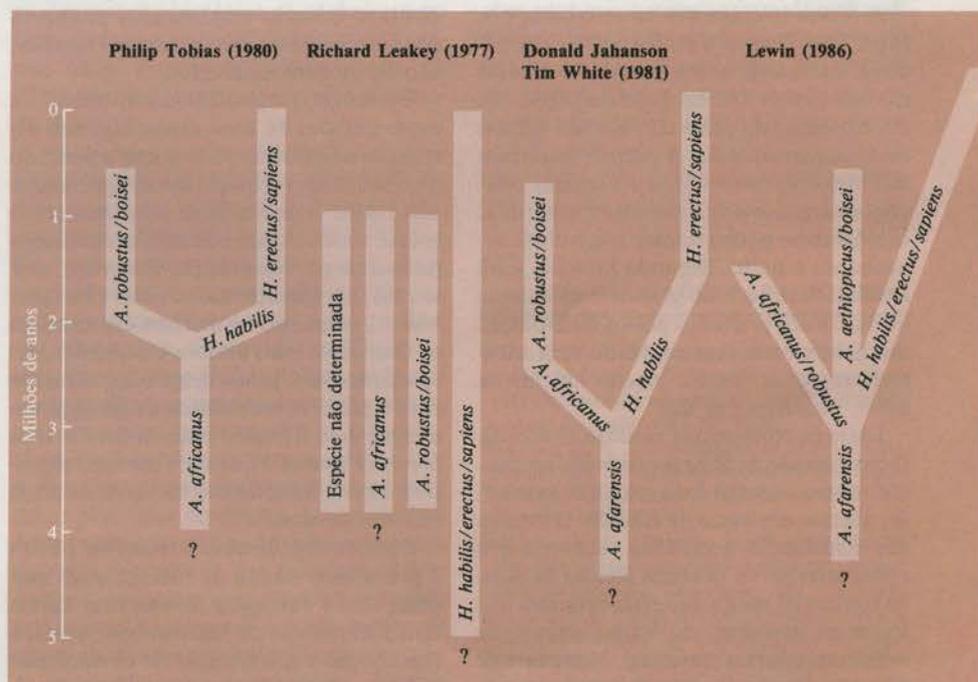


Fig. 4. Comparação entre as principais árvores filogenéticas propostas para os homínídeos.

a idéia do 'homem caçador'. A análise dos ossos presentes nos sítios escavados por Isaac (exame das marcas de descarnar e de mordidas) provou que aqueles hominídeos jamais dependeram da caça de grandes animais como fonte primordial de suprimento protéico. O que o padrão das marcas indicou foi que o *Homo habilis*, assim como as hienas e os urubus, exploravam restos de presas (carne) deixados pelos grandes carnívoros das savanas africanas.

Forte candidata a berço dos hominídeos e do gênero *Homo*, a África foi o continente onde surgiu o *Homo erectus*. Até meados da década de 1970, acreditava-se que ele surgira no Extremo Oriente. Hoje se sabe que a presença do *Homo erectus* na Ásia não ultrapassa um milhão de anos, ao passo que na África se encontraram restos

erectus, que certamente ali chegaram, vindos da África, já nesse estágio evolutivo.

O *Homo erectus* era um caçador que abatia presas grandes, o que implicava acentuada cooperação entre indivíduos e posterior repartição do alimento. Os sítios arqueológicos ligados a essa espécie são grandes, comparados com os do Pliopleistoceno, o que nos permite imaginar um estado social já em nível de bando, incluindo provavelmente uma regulação social rudimentar, mas tipicamente humana.

Pela primeira vez, hominídeos passaram a explorar cavernas como locais de assentamento sistemático (as cavernas do sul da África em que se encontraram restos de australopithecíneos — anteriores ao *Homo erectus* — eram, provavelmente, locais de deposição secundária de fósseis).

pedra de fino acabamento na África e na Europa, o surgimento do acheulense típico na Ásia foi muito tardio: manteve-se ali, por muitos milhares de anos, apenas uma indústria do tipo olduvaiense. Alguns autores propuseram, com base nesses dados, a hipótese de que o surgimento do *Homo erectus* no Sudeste Asiático teria ocorrido localmente, tendo ele mantido ali a indústria de seu predecessor, o *Homo habilis*. Geoffrey Pope, por outro lado, sugeriu que o atraso industrial lítico do *Homo erectus* no Oriente deveu-se à grande oferta de outras matérias-primas perecíveis, como o bambu, que podem ter substituído a rocha. Já Pierre Püech, do Museu do Homem de Paris, relacionou o atraso da indústria lítica acheulense no Oriente a aspectos da subsistência. Descobriu que, em Java, o

fotos cedidas pelo autor

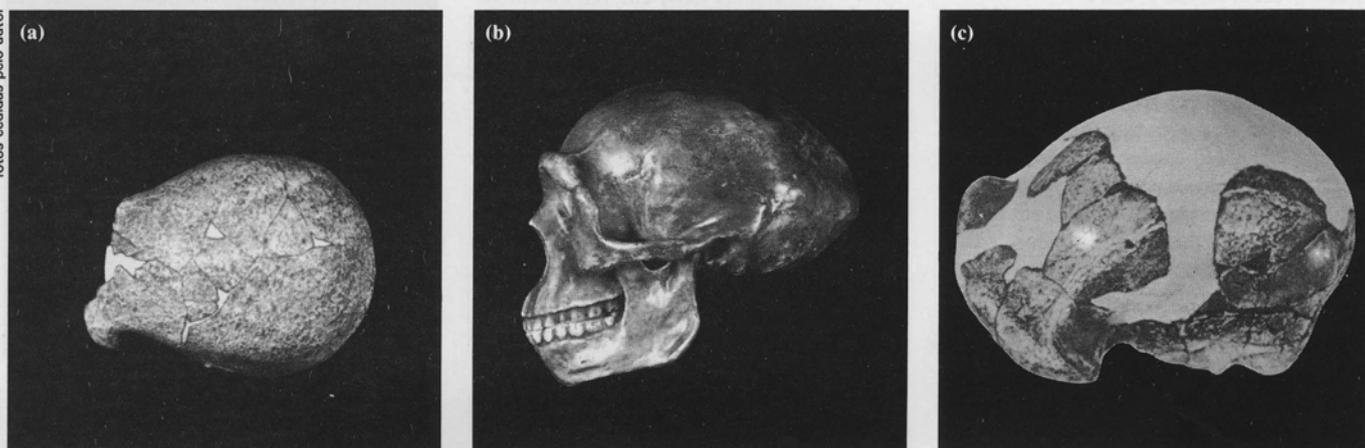


Fig. 5. Durante muito tempo, com base em descobertas feitas no início do século em Java (a) e na China (b), pensou-se que o *Homo erectus* tivera origem na Ásia. No início da década de 1970, contudo, descobertas feitas na garganta de Olduvai, na África (c), indicaram que, assim como seus antecessores, o *erectus* teve origem naquele continente.

seus em depósitos de 1,6 milhão de anos. As pesquisas feitas na garganta de Olduvai e no lago Turkana produziram dados elucidativos a esse respeito (figura 5).

Na literatura anterior a 1980, são comuns as hipóteses de que os hominídeos teriam saído da África ainda durante o estágio de *Homo habilis*. Ralph von Koenigswald sustentou por muito tempo que o *Homo erectus* teria evoluído no Sudeste Asiático a partir de formas mais primitivas, entre dois e um milhão de anos atrás. Em 1982, entretanto, Geoffrey Pope, à época na Universidade de Berkeley, mostrou que nenhum dos depósitos geológicos aos quais os fósseis orientais do *Homo erectus* estão associados ultrapassa 900 mil anos. Além disso, as poucas formas consideradas mais primitivas por Koenigswald tinham sofrido deformações por pressão das camadas geológicas ou por doenças durante a vida dos indivíduos, o que alterara significativamente sua morfologia original. Em resumo, as formas de hominídeos primitivos encontradas no Oriente podem ser classificadas como representantes do *Homo*

O fogo, mais uma conquista do *Homo erectus*, permitiu-lhe explorar ambientes subtropicais e temperados. É verdade que algumas descobertas feitas na África na década de 1970 causaram furor na imprensa internacional por sugerirem que o fogo era utilizado ainda durante o Pleistoceno Inferior. Estudos mais detalhados mostraram, contudo, não ser possível distinguir aquelas ocorrências do fogo natural ou espontâneo. Em contrapartida, descobertas feitas em Lantian, na China, comprovaram que, quando o homem entrou no Pleistoceno Médio, o fogo já sofrera algum grau de domesticação. Há cerca de 400 ou 500 mil anos, como o atestam as espessas camadas de fogueiras encontradas na caverna de Zududien, também na China, ele já era utilizado habitualmente.

A indústria lítica avançou muito com o *Homo erectus*, cujos machados apresentam grande refinamento tecnológico e até preocupação estética, traços que caracterizam o que os historiadores chamam de indústria acheulense. Mas, enquanto no Pleistoceno Médio já se produziam artefatos de

Homo erectus se alimentava muito de graminhas e vegetais de fácil coleta, tendo a caça desempenhado papel muito menos importante que em outras regiões. Dessa forma, o *Homo erectus* pode ter sobrevivido ali com um arsenal tecnológico mais simples. Estas são, contudo, hipóteses muito recentes, ainda por investigar.

Teria o *Homo erectus* vivido na Europa? Com exceção de alguns cientistas franceses e não mais que dois ou três paleoantropólogos da Europa Central, poucos se arriscariam hoje a classificar as formas humanas do Pleistoceno Médio europeu como *Homo erectus*.

O fato é que nenhuma datação indiscutivelmente aceita na Europa ultrapassa a barreira dos 500 mil anos e mesmo os fósseis de *Homo erectus* encontrados fora da Europa com menos de 400 mil anos já mostram sinais de transição entre *erectus* e *sapiens*. Algumas dessas formas transicionais apresentam um arredondamento da parte posterior do crânio, uma maior curvatura da testa e uma redução ou interrupção do

tórus supra-orbital, acima dos olhos, características ligadas ao *Homo sapiens*.

Na verdade, os remanescentes ósseos humanos do Pleistoceno Médio descobertos na Europa foram poucos. O único crânio completo é oriundo da caverna de Petralona, na Grécia, e afora esse material, a face do Homem de Tautavel, encontrada na França, é um dos poucos achados com grau satisfatório de integridade óssea. Acresce que a maioria dos fragmentos ósseos vem do período pré-científico da arqueologia, sendo quase impossível estabelecer suas datações absolutas. De qualquer forma, os poucos fósseis do Pleistoceno Médio europeu parecem indicar que o *Homo erectus* já sofrera pressões seletivas rumo à sua transformação em *sapiens* antes de chegar à Europa, talvez vindo do norte da África.

Por muito tempo, a pesquisa relacionada à origem do homem moderno (*Homo sapiens sapiens*) esteve estritamente ligada à Europa ocidental. Isto porque fartas evidências — como os remanescentes ósseos humanos encontrados na região da Dordogne, na França (inclusive o célebre Homem de Cro-Magnon), e as manifestações artísticas nas paredes das cavernas e em instrumentos de osso na mesma região — indicavam que, há cerca de 30 mil anos, a modernidade fora atingida ali.

Durante quatro décadas, o debate sobre a origem do homem moderno centrou-se na transição entre *Homo sapiens neanderthalensis* e o *Homo sapiens sapiens*, razão por que as discussões acabaram sempre girando em torno da Europa, onde muitos fósseis e formas neandertais tinham sido encontrados (figura 6).

O Homem de Neandertal, descrito originalmente pelo paleoantropólogo francês Marcellin Boule (1861-1942), acabou entrando para a história da paleoantropolo-

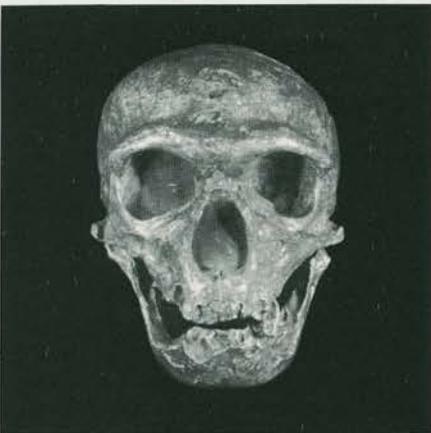


Fig. 6. *Homo sapiens neanderthalensis*, como entidade biológica, parece ter existido numa pequena faixa do Velho Mundo, entre a Europa ocidental e o Oriente Médio. Só nessa região geográfica os traços biológicos que definem o grupo aparecem de forma incontestável, como no 'velho' de La Chapelle-aux-Saints (acima).

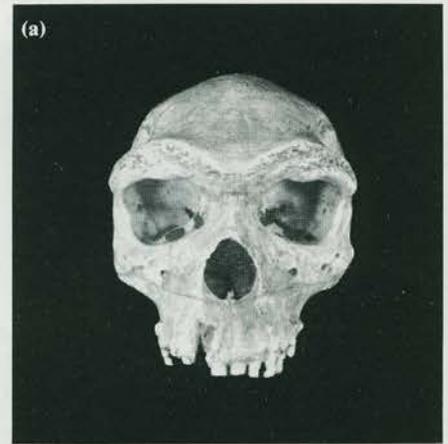
gia como o protótipo do homem das cavernas e nosso predecessor mais popular. Raras são as pessoas que nunca ouviram falar dos neandertais. Mas só a partir da década de 1970 o *Homo sapiens neanderthalensis* começou a ser bem interpretado.

Os primeiros conceitos a rever são os de 'neandertais clássicos' e 'neandertais generalizados'. Segundo se pensava até a década de 1970, os primeiros teriam se restringido à Europa ocidental e ao Oriente Próximo e os segundos englobariam formas similares aos 'clássicos', mas localizadas nos demais pontos do Velho Mundo e apresentando o que poderíamos chamar de adaptações regionais. Um exemplo de 'neandertal generalizado' seria o Homem da Rodésia, interpretado durante muito tempo como um neandertal tropical (figura 7).

Em 1979, A. P. Santa Luca, da Universidade de Harvard, fez um brilhante trabalho de taxonomia filogenética entre os neandertais e descobriu que os chamados 'generalizados' não devem ser considerados neandertais, sendo antes formas de transição entre *H. erectus* e *H. sapiens* ou variantes de *H. sapiens sapiens* (figura 8). A partir desse trabalho, poucos autores continuaram atribuindo uma distribuição universal aos neandertais. Erik Trinkaus, da Universidade do México e um dos maiores especialistas em neandertais, por exemplo, é categórico a esse respeito. Segundo

ele, não se pode pensar nos neandertais como estágio evolutivo universal do *Homo sapiens*. Devem ser vistos como população geograficamente limitada à Europa e ao Oriente Próximo e muito especializada morfologicamente para ter dado origem a qualquer forma de *sapiens sapiens*.

Fig. 7. Muitos fósseis humanos classificados como *Homo erectus* ou *Homo sapiens* passaram a ser considerados formas transicionais entre as duas espécies. O Homem da Rodésia (a) deixou de ser visto como um 'neandertal tropical' e passou a ser encarado como forma de transição generalizada. Steinheim (b) e Swanscombe (c) estão hoje entre os melhores exemplos de transição, mas já na vertente neandertalense.



A evolução da morfologia

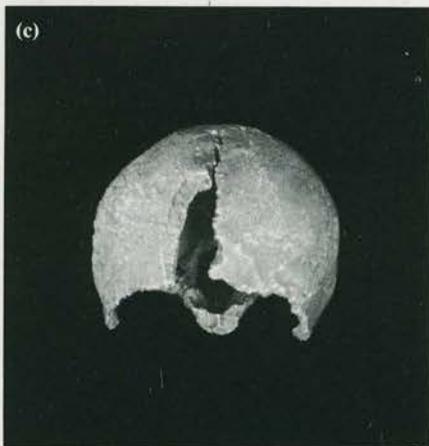
Ao contrário do que ocorre com as características genéticas determinadas por um só gene (como as variações de proteína encontradas no soro), pouco se conhece sobre os mecanismos que influenciam a evolução da morfologia dos mamíferos, em especial a do homem. Sabe-se que, ao contrário das características monogênicas, as morfológicas são muito influenciadas pelo meio ambiente. Mas, como o grau de participação dos genes na variação morfológica permanece desconhecido, as teorias e os modelos construídos pelos paleoantropólogos para explicar a diferenciação morfológica carecem de um embasamento genético-evolutivo apropriado.

Infelizmente, poucos grupos dedicam-se a desvendar os fatores que podem agir no 'tempo' e no 'modo' da evolução morfológica. A maioria dos bioantropólogos prefere continuar construindo hipóteses elegantes sobre a macroevolução humana a empreender, na natureza ou em laboratório, experimentos que propiciem modelos de controle adequados.

Três grupos, no entanto, vêm investigando, se não de forma integrada, pelo

menos com objetivos convergentes, a variabilidade morfológica humana, dentro dessa perspectiva. Robert Eckhardt, da Penn State University (EUA), está empenhado num ambicioso projeto de avaliação da velocidade de resposta da morfologia humana a extremos ambientais; mais especificamente, às condições de hipóxia (baixo teor de oxigênio) das terras altas peruanas. Nos últimos anos, ele publicou vários artigos em que mostra que pelo menos a morfologia torácica do homem evoluiu numa taxa muito rápida, inimaginável antes de sua pesquisa. É possível que as respostas adaptativas/genéticas da morfologia sejam muito mais rápidas do que se supunha.

Com uma perspectiva antropológica, Hector Pucciarelli, da Universidade de La Plata, dedica-se desde a década de 1970 a investigar a ação de fatores ambientais sobre a morfologia de roedores e primatas. Recentemente, concluiu que fatores nutricionais podem causar grande modificação da morfologia craniana de linhagens geneticamente homogêneas de camundongos. Evidentemente, essas modi-



Em resumo, a paleoantropologia perdeu muito tempo investigando os neandertais na busca de esclarecer nossa origem. Melhor teria sido empregar esse esforço numa pré-história própria dos neandertais, o que nos teria ensinado muito sobre o comportamento biológico e social desses *sapiens* especializados. As poucas pesquisas já realizadas sob esse ângulo revelaram aspectos muito interessantes do que poderíamos chamar de uma sociedade alternativa no Pleistoceno Superior.

Agora que se conhece o significado biológico correto do *Homo sapiens neanderthalensis*, os cientistas começam a discutir e a retomar idéias antigas para explicar as razões adaptativas de sua morfologia especializada. De todos os pontos de vista que o analisemos, o esqueleto dos neandertais demonstra ser uma estrutura extremamente reforçada, capaz de sustentar atividades cotidianas muito pesadas. O aparelho mastigador, sobretudo os dentes anteriores, certamente daria conta de triturar alimentos bastante rígidos. Os seios maxilares, desenvolvidos, permitiam o aquecimento de grandes quantidades de ar inaladas por narinas também muito grandes. Um arco supraciliar reforçado por vermiculação óssea protegia a parte frontal do cérebro. Barbeado e perfumado, porém, o *Homo sapiens neanderthalensis* passaria por mais um imigrante no metrô de São Paulo.

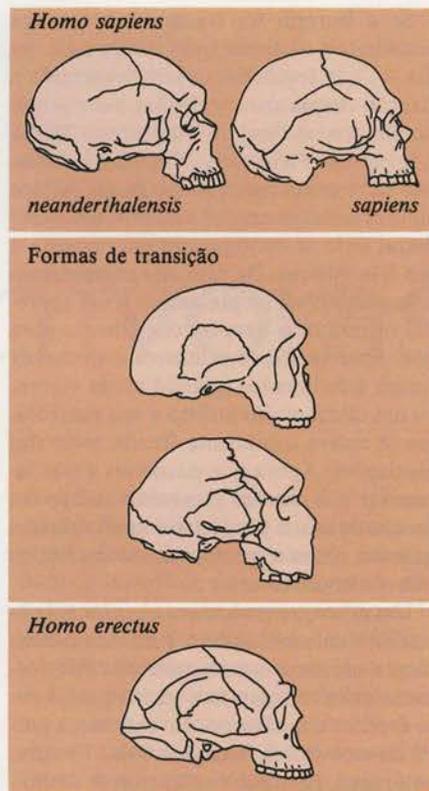


Fig. 8. Evolução humana no Pleistoceno Médio. O aparecimento do *Homo sapiens* foi precedido, em todo o Velho Mundo, pela presença de formas transitórias denominadas por alguns paleoantropólogos de *Homo sapiens* 'arcaico'.

ficações ocorrem no nível da plasticidade óssea, não do patrimônio genético. Entretanto, mesmo no nível fenotípico, as respostas a fatores ambientais parecem muito mais acentuadas do que se imaginava. Pucciarelli, que esteve ano passado no Brasil, deve retornar em 1989 para uma permanência mais longa, durante a qual desenvolverá pesquisas semelhantes no Museu Paraense Emílio Goeldi.

Pessoalmente, ocupo-me há alguns anos com esse ângulo dos estudos paleoantropológicos, ou seja, a formulação de hipóteses sobre a evolução morfológica no passado, sem um conhecimento detalhado do comportamento da morfologia diante do cotidiano e das variações ambientais e culturais entre as gerações. Estudos que fiz no início desta década com Ellen Wijsman, da Universidade de Stanford (EUA), e cujos resultados foram publicados em 1985, mostraram que características morfológicas não métricas humanas, supostamente controladas por fatores genéticos, comportam-se de forma muito estranha quando da hibridização de populações humanas distintas. Os resultados que obtivemos apontaram duas novas direções: ou esses traços morfoló-

gicos são muito pouco influenciados por fatores genéticos ou, em caso de mistura racial, ocorre o que os geneticistas chamam de 'sobredominância' ou 'efeito heterótico'. Isto porque a população híbrida, em vez de apresentar os traços com frequências intermediárias entre as populações parentais, inclina-se mais em direção a uma delas, só que de maneira ainda mais exacerbada do que a própria população parental. Fenômeno semelhante foi descrito por George Olivier, na França, com relação a características morfológicas métricas.

Grande parte da pesquisa que vem sendo e será desenvolvida pelo grupo que agora dirijo no Museu Paraense Emílio Goeldi (Programa de Biologia Humana) é dedicada a essa questão. Francisco Guedes da Fonseca, bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), está estudando, sob minha orientação, a ação do clima na morfologia do macaco *Allouata*; Hilton Pereira da Silva e eu recém-terminamos um trabalho em que a variabilidade morfológica de *Alouatta belzebul* foi comparada à variabilidade genética dos mesmos indivíduos, estudada pelo Departamento

de Genética da Universidade Federal do Pará (UFPA). Os resultados mostraram grande congruência entre os dois marcadores, opondo-se àqueles obtidos por mim e Wijsman em 1985. Com Ricardo Santoro, bolsista no CNPq, e colegas chilenos, estou investigando a ação do cotidiano no esqueleto humano em populações pré-históricas subatuais do deserto de Atacama, no Chile. Nesse projeto, a intenção é verificar a ação da diferenciação social — em termos de *status* e especialização ocupacional — sobre a morfologia dos indivíduos num mesmo período sócio-econômico e, por outro lado, a influência das modificações econômicas e artesanais ocorridas ao longo do tempo sobre a morfologia das pessoas. Os resultados do trabalho estão previstos para 1990.

Todos esses esforços são infimos diante de nossa ignorância dos fatores que determinam ou influenciam a variabilidade morfológica de nossa espécie. Como bioantropólogo, concordo com meus colegas Eckhardt e Pucciarelli: é preciso intensificar os estudos experimentais, naturais ou de laboratório, de modo a chegar a hipóteses mais bem fundamentadas sobre nossa evolução secular e milenar.

Se a Europa foi mesmo o berço dos neandertais — como tudo indica hoje em dia —, que condições teriam favorecido a fixação dessas características num grupo homínide no final do Pleistoceno Médio e início do Pleistoceno Superior? Ainda não há resposta para essa pergunta. Alguns autores insistem em que a morfologia neandertal teria se configurado em resposta a um frio intenso. De fato eles enfrentaram com sucesso várias glaciações e seu aparelho respiratório deve ter contribuído para isso. Entretanto, os primeiros neandertais foram selecionados quando ainda vigorava um clima muito ameno e sua morfologia já estava totalmente fixada antes das glaciações. Agora que passamos a nos interessar por eles em si mesmos, e não em função de nós, é possível que essa intrigante questão venha a ser respondida em futuro não muito distante.

Um mito que costumava circular pela literatura antropológica é o do desaparecimento abrupto dos neandertais. Até forças telúricas chegaram a ser invocadas para explicar o fenômeno. No entanto, a partir de escavações feitas em Saint Césaire, na França, Bernard Vandermeesch — eminente estudioso da questão da diversidade biológica e cultural no Pleistoceno Superior — mostrou que os neandertais não sucumbiram assim tão abruptamente. Uma camada datada de 30 mil anos revelou que esqueletos de morfologia tipicamente neandertal conviveram com uma indústria lítica geralmente associada ao *Homo sapiens sapiens*. O que se pode concluir é que as duas formas conviveram por algum período, tendo ocorrido entre elas, inclusive, certo grau de aculturação.

Em geral, no entanto, continua-se a aceitar que os neandertais não sobreviveram muito tempo ao contato com o *Homo sapiens sapiens*. A superioridade tecnológica destes, possivelmente sua capacidade de procriar com maior rapidez e o aquecimento progressivo do clima devem ter sido demais para aquela sociedade alternativa que ocupou parte significativa do Velho Mundo por mais de 100 mil anos.

Se a hipótese da origem do homem moderno a partir dos neandertais está totalmente descartada, onde e quando terá surgido o *Homo sapiens sapiens*? Não é fácil responder, por duas razões principais. Primeiro porque se perdeu tanto tempo buscando na Europa a origem do homem moderno que muito pouco se conhece sobre o processo evolutivo humano no Pleistoceno Superior em outras partes do mundo. Segundo porque, em princípio, todas as formas transicionais do Pleistoceno Médio e Superior poderiam ter dado origem à humanidade atual.

A África, entretanto, aparece novamente como o mais provável berço do homem

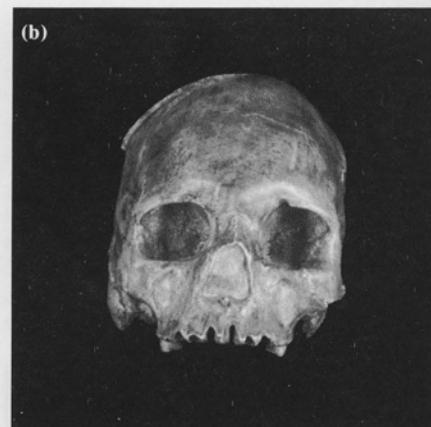


Fig. 9. Durante muito tempo pensou-se que o *Homo sapiens sapiens* tivera origem na Europa, em razão da modernidade das formas do Homem de Cro-Magnon (a), encontrado inicialmente na Dordonha, região da França. Atualmente, tudo parece indicar que a Europa esteve à margem do processo terminal de gracilização da nossa morfologia. A África e o Oriente estão mais cotados como berço do homem moderno, graças, por exemplo, à presença de formas totalmente modernas nas camadas superiores da gruta de Zukudien, na China (b).

moderno. Tal hipótese ganhou corpo depois que Philip Rightmire, da Universidade do Estado de Nova York, após anos de trabalho sobre variabilidade biológica de populações africanas, começou a se interessar por alguns achados fósseis daquele continente que, até o início da década de 1980, tinham sido estudados muito superficialmente. Após estudar a morfologia craniana dos fósseis sul-africanos de Border Cave e Florisbad e rever sua cronologia, Rightmire concluiu que há cerca de 100 mil anos formas de *sapiens sapiens* já se encontravam naquele continente.

Esses trabalhos morfológicos coincidiram com conclusões obtidas por bioquímicos das universidades norte-americanas de Berkeley e Stanford que vinham investigando a questão da origem do homem moderno por meio da variabilidade do ácido desoxirribonucléico (ADN) mitocondrial da humanidade atual.

O ADN é a molécula responsável pelo código genético. Geralmente é encontrada no núcleo das células, mais especificamente nos cromossomos. No entanto, podem também estar presentes nas mitocôndrias, que são organelas citoplasmáticas responsáveis pela produção de energia nas células. O ADN mitocondrial evolui dez vezes mais rapidamente que o nuclear, sendo por isso muito útil para estudos evolutivos que abrangam pequenos intervalos.

Utilizando esse tipo de variabilidade como relógio evolutivo, o grupo liderado por Luigi Luca Cavalli-Sforza e Doug Wallace, de Stanford, publicou em 1983 as seguintes conclusões: o padrão de variação encontrado no ADN dos grandes grupos étnicos atuais indica que o homem moderno apareceu há 100 e 120 mil anos, sendo que o ADN mitocondrial dos negros africanos é o que melhor se ajusta ao modelo do que se poderia chamar de ADN ancestral. Re-

centemente, esses resultados foram confirmados por outros grupos de pesquisadores.

Essa convergência de resultados alcançados por vias absolutamente independentes reforça a idéia de que a África foi a sede do processo final de emergência da humanidade atual, do qual a Europa se manteve à margem (figura 9). Os mecanismos seletivos que teriam agido ali entre o Pleistoceno Médio e o Superior e que poderiam ter selecionado a morfologia do *Homo sapiens sapiens* permanecem desconhecidos.

Tão logo o homem moderno surgiu na África, há cerca de 120 mil anos, a diversidade ambiental do planeta induziu o processo de diversificação genética e morfológica da nossa espécie. Por volta de 50 mil anos atrás, o *Homo sapiens sapiens* já tinha colonizado quase toda a Terra, chegando mesmo a regiões desérticas, geladas e periféricas, como a Austrália.

E, há cerca de 40 mil anos, alguns homens e mulheres cruzaram o estreito de Bering e chegaram ao continente americano. Mas esta é uma outra história, de que trataremos em outra oportunidade.



SUGESTÕES PARA LEITURA

- CAMPBELL, B.G. *Humankind emerging*. Boston, Little/Brown, 1985.
- ELDRIDGE, N. e TATTERSALL, I. *Os mitos da evolução humana*. Rio de Janeiro, Zahar, 1984.
- LEAKEY, R.E. *A evolução da humanidade*. São Paulo/Brasília, Melhoramentos/Universidade de Brasília, 1981.
- LEAKEY, R.E. e LEWIN, R. *Origens*. São Paulo/Brasília, Melhoramentos/Universidade de Brasília, 1980.
- SANTORO, R.A. e NEVES, W.A. *Evolução humana: guia bibliográfico 1980-1985*. Natal, Museu Câmara Cascudo, 1988.
- TRINKAUS, E. e HOWELLS, W.W. 'Neandertales', *Investigación y Ciencia*, vol. 41, 1980.



A OXITENO SABE QUE ESTA É

A MELHOR IMAGEM QUE VOCÊ FAZ DA QUÍMICA.

AINDA BEM.

A Oxiteno sabe que esta imagem não é bonita.

Ela não é estética, tampouco serviria como inspiração para uma obra de arte. Mas nem por isso, você ou qualquer outra pessoa deveria ignorar ou deplorar essa imagem. Ela salva sua vida todos os dias. Por isso, a química de uma forma genérica utiliza simbologias para que você tenha consciência de como aplicá-la corretamente.

Sem a química seria muito difícil vencer todos os problemas. Seria difícil alimentar o mundo, achar a cura para as doenças, proteger o homem e seu meio ambiente.

Para a Oxiteno, uma indústria petroquímica, a responsabilidade da ciência está em criar condições para que o homem

siga em frente, a passos firmes, na sua luta pelo bem-estar. E cada um tem seu papel.

O papel da Oxiteno é desenvolver e produzir as matérias-primas que servem às indústrias na produção de centenas de produtos. Um processo que exige alta tecnologia, dominada no Brasil pela Oxiteno. Exige responsabilidade, talento e profissionalismo. E essa é a melhor fórmula para se obter a qualidade.

Dessa qualidade dependem os milhões de dólares que o Brasil deixa de gastar em importação. Dependem dezenas de indústrias de outros países e centenas de indústrias nacionais. Dependem também milhões de pessoas no mundo inteiro, inclusive você e sua família.

Tudo isso é construído em

nome da petroquímica e da ciência. E não pode ser por mera falta de interesse, descuido ou negligência de alguns, que tudo isso seja esquecido.

A consciência das pessoas pode fazer a vida melhor.

E essa consciência está ao alcance de cada um de nós, quando usamos um carro, um trator, um produto químico ou um produto de origem petroquímica.

O uso correto e responsável não terá qualquer outro tipo de consequência senão aquela que o homem precisa: soluções para os seus problemas.

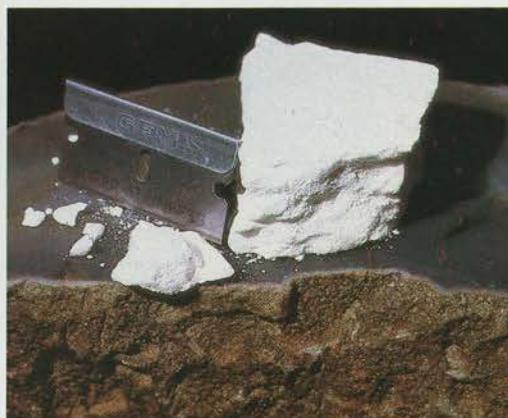
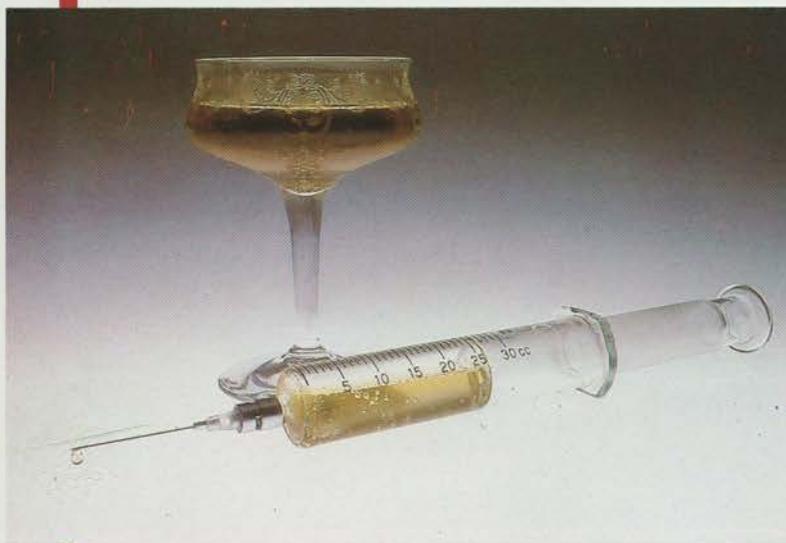
 **OXITENO**

**O maior risco não é viver com a química.
É viver sem ela.**

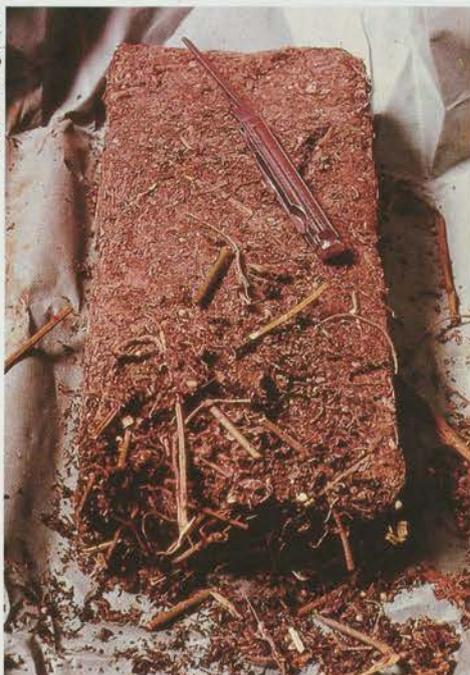
DROGAS: QUAL É O PROBLEMA?

Jandira Masur

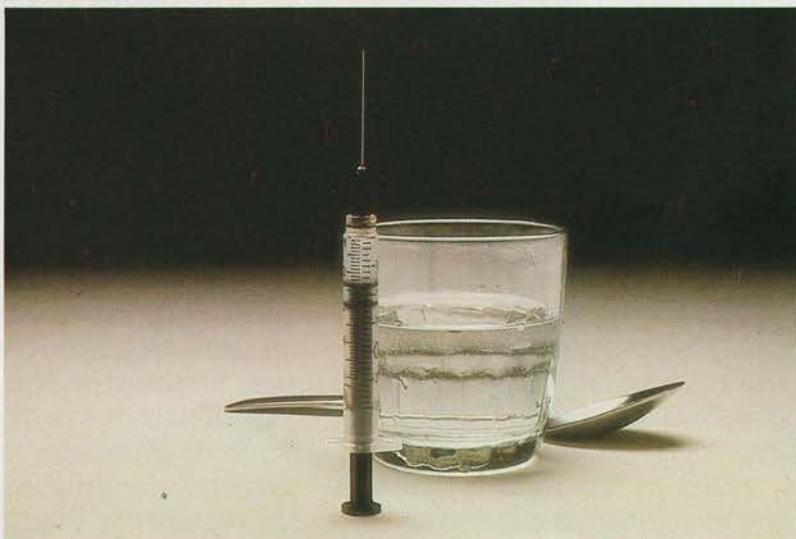
Departamento de Psicobiologia, Escola Paulista de Medicina



fotos The Image Bank



Uma comparação entre duas drogas legalizadas (tabaco e álcool) e três proibidas (cocaína, heroína e maconha) indica que nem sempre a lei considera os riscos reais que cada uma delas acarreta.



Drogas! Assunto diário nos meios de comunicação. Debates — enfocando desde a repressão ao tráfico, até possíveis abordagens educativas — tornaram-se lugar-comum. Motivando ainda mais as discussões, um fator complicador: o risco da transmissão de AIDS pelo uso de drogas injetáveis. Mais recentemente abriu-se um novo foco de discussão: não seria melhor descriminalizar o uso da maconha? Pela legislação brasileira atual, a posse de qualquer quantidade de maconha caracteriza o tráfico, que implica a prisão do portador, ou a dependência, que implica 'tratamento' compulsório. A figura do usuário ocasional não está prevista em lei. Ele deve necessariamente ser julgado por tráfico ou 'vício'. Com a descriminalização, o porte de até uma determinada quantidade de maconha não caracterizaria crime nem significaria sujeição compulsória ao tratamento.

A discussão, no entanto, não se restringe à descriminalização da maconha, mas se ampliou, em âmbito internacional, para a possível descriminalização de todas as drogas. Apesar de, num primeiro momento, a simples menção de descriminalização da maconha (como a Associação Brasileira de Psiquiatria defendeu em 1987) e, principalmente, a possibilidade da liberação de todas as drogas produzir um 'estado de susto', vale refletir sobre os motivos que levam tal possibilidade a ser aventada. Não é, como se poderia pensar, para permitir que as pessoas possam exercer com total liberdade a opção de usar drogas ou não. Esse discurso 'libertário' está presente, mas faz pouco eco. Os argumentos contra e a favor mais importantes são de outra natureza, baseando-se uns como outros em raciocínios lógicos, como mostra uma análise despojada de preconceitos.

Os argumentos a favor da liberação podem ser assim resumidos: A sociedade não se sente segura quanto ao sucesso das medidas repressivas atualmente em curso. Quer discutir novas fórmulas. A liberação não se constitui num bem em si, mas eventualmente num mal menor. A descriminalização, ou mesmo a liberação, não aumentaria o número de pessoas que fazem uso abusivo de drogas, pois as pessoas sabem o que mais lhes convém; o eventual aumento seria apenas aparente, conseqüente do maior número de pessoas que admitiria usar drogas e o faria mais abertamente. Uma das vantagens seria não ter de transgredir a lei, o que desacredita o sistema como um todo. Além disso, a ilegalidade coloca todas as drogas no mesmo plano, embora as conseqüências do seu uso sejam

muito diferentes. Com a liberação, o Estado poderia controlar o uso das drogas, limitando locais, horas de venda e idade dos consumidores. A ilegalidade, diante da venda livre e até incentivada de álcool e tabaco, cria uma dupla moral, prejudicial às propostas educativas. O dinheiro gasto no combate ao tráfico (cerca de 15% da dívida externa brasileira, só nos EUA) poderia ser usado em programas educativos e na reabilitação dos dependentes. Existem nas farmácias psicotrópicos de venda legal e às vezes até sem prescrição médica. Também não pode ser desconsiderado o fato de drogas psicoativas serem utilizadas — aparentemente sem problemas — por determinados grupos, como o culto do Santo Daimé. Mais importante: quem ganha com a ilegalidade são os traficantes, senhores de verdadeiros impérios econômicos, com importante influência política (como por exemplo a Máfia, que teve expressiva expansão durante a Lei Seca, que vigorou de 1919 a 1932 nos EUA).

Por sua vez, contrapõem-se outros argumentos: Liberar as drogas é resposta de desespero, não solução; não há evidências científicas de que a legalização não levaria ao aumento galopante do uso; aos atuais problemas decorrentes do álcool e do tabaco se somariam aqueles causados pelo consumo de drogas; os riscos são grandes para que se assumam tal decisão só para ver no que dá. A legalização equivale a um aval do Estado ao consumo. Se a maioria dos adultos sabe discriminar o que é bom ou mau, entre os jovens essa capacidade é bem menor. Dizer que o Estado poderia controlar o uso é um argumento irreal: pode ser possível em outros países, mas no Brasil o não-cumprimento das leis é regra. A utilização de drogas em 'cultos' ocorre entre número relativamente pequeno de pessoas, ligadas por determinados valores muito definidos, e se faz num cerimonial específico; é irreal querer extrapolar essa situação para toda a população. A dupla moral deve ser combatida com esforços mais concentrados em reduzir o uso de álcool e tabaco. Tirar dinheiro dos consumidores através de impostos para depois tratá-los é uma incoerência. Os psicotrópicos vendidos nas farmácias têm finalidade terapêutica. Com a droga liberada, seu controle sairia do domínio da marginalidade para o da indústria; com isso, todo um poder econômico, agora oficial, usaria a sua conhecida competência para ampliar o mercado consumidor.

Para melhor compreensão do assunto, faz falta, a nosso ver, uma visão compa-

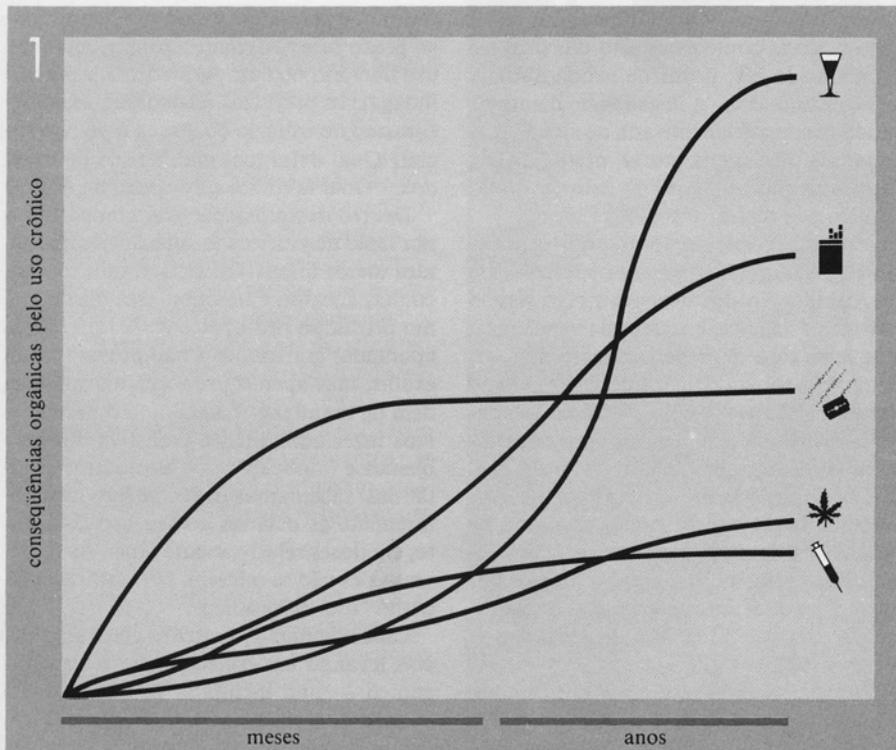
rativa dos prejuízos causados a curto e longo prazo pelas diferentes drogas, sejam de uso liberado ou não. Além disso, é preciso indagar: os prejuízos relacionam-se ao organismo do usuário ou ao seu convívio social? Qual delas tem maior risco de *overdose*? Qual favorece o contágio da AIDS?

Dentro dessa perspectiva, comparamos por meio de gráficos as substâncias que geram maior discussão: álcool, tabaco, maconha, cocaína e heroína, esta última como protótipo dos opiáceos. As diferenças apontadas graficamente não pretendem ser exatas, mas apenas proporcionar uma ordem de grandeza. Também não pretendemos fazer uma análise exaustiva dos problemas e implicações do uso dessas substâncias: salientamos os fenômenos mais comumente associados ao seu uso constante, em doses relativamente altas. As representações não se referem, portanto, ao chamado 'uso esporádico'.

Uma comparação entre as cinco substâncias levando em consideração o risco orgânico — não incluindo os associados à *overdose*, à via de administração e à síndrome de abstinência — (figura 1) mostra que o álcool é a droga cujo uso crônico leva a maior risco, englobando-se sob esse conceito tanto a probabilidade de ocorrência de problemas quanto o seu número e gravidade. Entre esses riscos figuram a gastrite (um dos distúrbios mais precoces), o aumento da pressão arterial, pancreatite, miocardite, hepatite e cirrose alcoólica, distúrbios neurológicos graves, alterações da memória e lesões do sistema nervoso central. No entanto, esses problemas levam um tempo relativamente longo para aparecer, quando comparados aos efeitos do uso crônico da cocaína e mesmo do tabaco.

O uso continuado da cocaína acarreta, após um período relativamente curto, da ordem de meses ou mesmo semanas, problemas como o emagrecimento profundo, debilitação geral do organismo, insônia, lesão grave da mucosa nasal (pelo efeito vasoconstrictor da droga) e maior suscetibilidade a convulsões. O tabaco também pode levar, mais rapidamente que o álcool porém mais lentamente que a cocaína, a problemas tais como distúrbios brônquicos (os mais precoces), aumento da probabilidade de câncer pulmonar e de infarto do miocárdio. O estabelecimento de um patamar mais elevado para o álcool, no critério de riscos, não deve ser entendido como se um câncer ou um infarto associados ao tabaco não sejam considerados condições das mais graves: esse critério engloba não só a gravidade da condição mas também o número

OPINIÃO



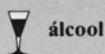
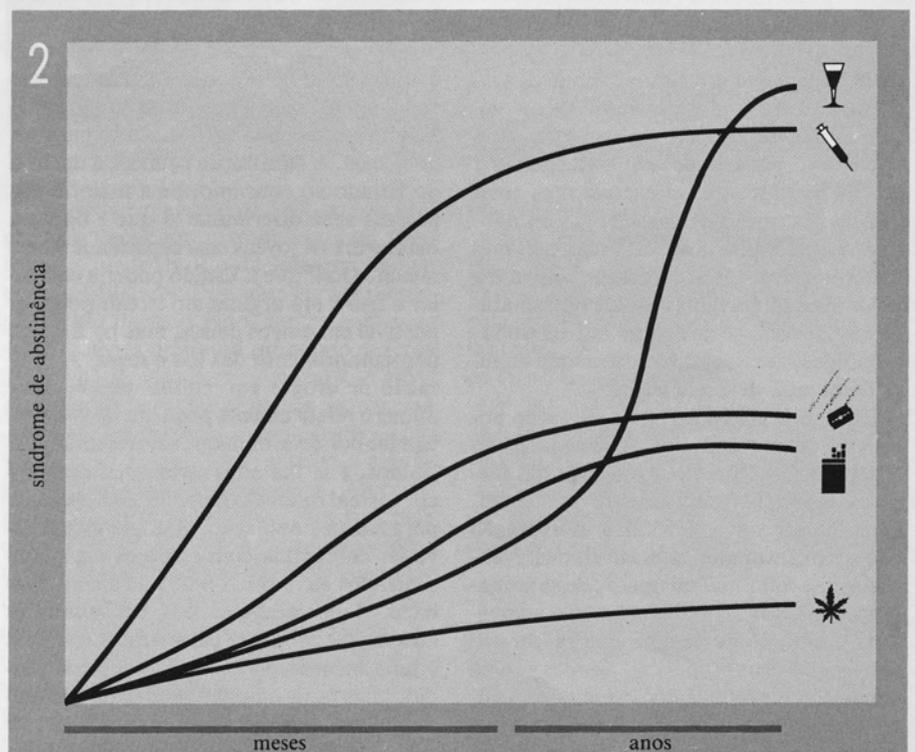
consumo. A síndrome de abstinência do álcool, que leva anos para se desenvolver, varia de formas mais leves (tremores das mãos, inquietação, insônia, irritabilidade) até o *delirium tremens*, que pode levar à morte. A da heroína se reveste do mesmo caráter de gravidade mas se manifesta em tempo muito menor. Após semanas de uso contínuo, a parada brusca da droga pode causar graves distúrbios gastrointestinais (cólicas intensas, diarréia, vômitos, desidratação), perda de peso, irritabilidade e mal-estar generalizado. A síndrome de abstinência do tabaco tem uma variação individual muito grande: há pessoas que fumaram diariamente dois a três maços de cigarros por vários anos e que pararam de fazê-lo sem problemas maiores que um forte desejo de fumar. Outros que fumaram da mesma forma, ou eventualmente até em menor quantidade e/ou por um tempo menor, sentiram, ao parar, irritabilidade, ansiedade, inquietação, dificuldade de concentração, dor de cabeça, insônia e aumento de apetite.

Em relação à cocaína, a parada abrupta pode provocar muito sono, cansaço, au-

de sistemas e funções afetados, a probabilidade de ocorrência e a proporcionalidade dos riscos entre as drogas examinadas.

Os problemas que a maconha acarreta aparecem de forma lenta e, comparativamente ao álcool, cocaína e tabaco, são de menor risco. Ela causa sobretudo prejuízo da memória para eventos recentes e alterações hormonais reversíveis (queda nos níveis de testosterona e diminuição da taxa de espermatozoides). Ainda é uma incógnita se pode aumentar, como o tabaco, a probabilidade de câncer pulmonar. Ao consumo crônico de heroína estão associados espasmos das vias biliares e constipação intestinal, complicações orgânicas que são, sem dúvida, bem menores se comparadas às causadas pelas quatro outras substâncias. A afirmação de que "boa saúde não é incompatível com o uso regular de opiáceos" está contida na sétima e mais recente edição do clássico livro-texto utilizado nos cursos de medicina *Bases farmacológicas da terapêutica*, de Goodman e Gilman's (Nova York, 1985).

Examinando as mesmas drogas sob o aspecto da síndrome de abstinência (figura 2) e considerando sua intensidade e gravidade, verificamos que a heroína e o álcool são as que determinam maior risco, sendo a síndrome de abstinência entendida como conjunto de sinais e sintomas característicos, que aparecem com a parada súbita do



álcool



tabaco



cocaína



maconha



heroína

mento de apetite e depressão. Como não determina distúrbios fisiológicos claramente observáveis, que exijam a retirada gradual da droga, existem dúvidas de que provoque realmente uma síndrome de abstinência. A interrupção do uso da maconha pode provocar em algumas pessoas manifestações de ansiedade, irritabilidade, diminuição do apetite e insônia. No entanto, a sintomatologia é de fraca intensidade e praticamente nenhuma gravidade. Ao invés de uma síndrome de abstinência real, que reflita o grau de adaptação do organismo à droga (neuroadaptação), essas manifestações podem traduzir apenas a somatização do desejo de continuar a usá-la.

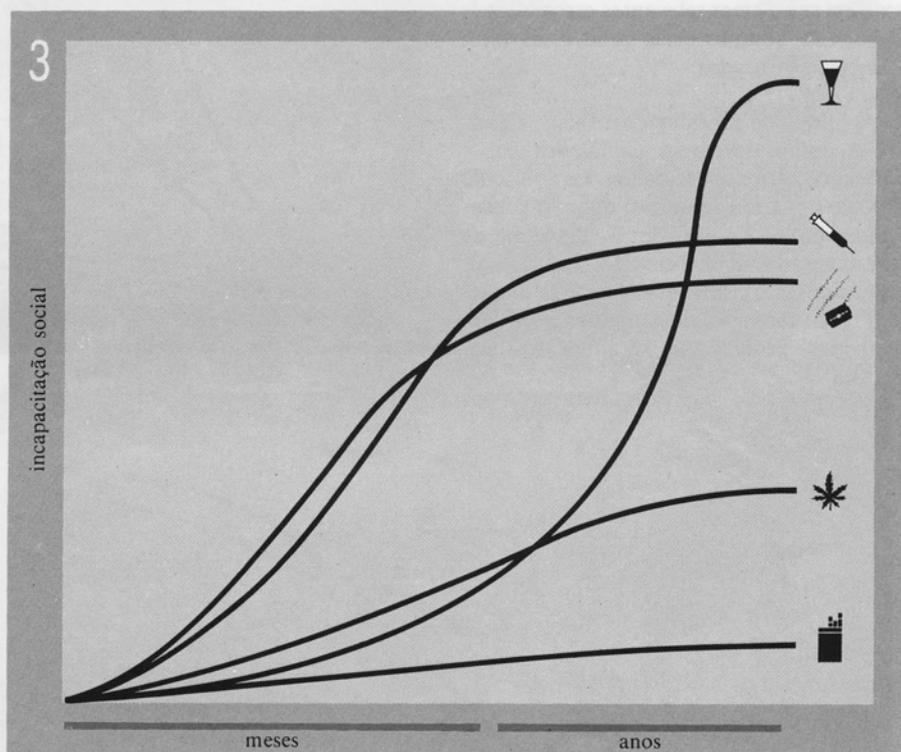
A incapacitação social — considerada por muitos a conseqüência mais grave do uso de drogas — reflete as dificuldades no relacionamento interpessoal, afetando as relações afetivas e profissionais. A incapacitação social constitui decorrência de alterações psicológicas causadas pela droga, bem como da própria dependência a que a droga leva. Vale lembrar que o conceito de dependência 'senso amplo' não se refere à síndrome de abstinência (característica da dependência física), mas ao quanto a droga 'penetra' na vida da pessoa; passa — a droga — a ser o valor maior, a prioridade primeira. Outros interesses e atividades que antes eram considerados importantes pelo indivíduo perdem seu lugar para a droga. A inserção social de uma pessoa para quem o uso de uma droga assume tal importância fica obviamente prejudicada.

Comparando-se as cinco substâncias em questão (figura 3), veremos que novamente o álcool se destaca na intensidade e gravidade da incapacitação que pode produzir. A embriaguez constante torna difícil exercer qualquer atividade profissional de forma conseqüente e leva também à deterioração das relações pessoais. Com o álcool, porém, essa incapacitação geralmente se manifesta bem mais tarde do que com o uso da heroína ou da cocaína. A busca de condições para ter acesso à droga — obter dinheiro, contactar o revendedor — passa a ser a preocupação dominante. A cocaína desencadeia sentimentos persecutórios, traduzidos num "enorme e indescritível medo, sem razão aparente", que pode levar a manifestações de violência. A situação da maconha é bem diferente. Embora haja pessoas que a utilizem com muita frequência, tornando difícil a coexistência de atividades produtivas, isso é muito mais raro do que no caso do álcool, cocaína e heroína. Em relação ao tabaco,

admite-se que, por mais que alguém fume, a sua inserção social não sofre prejuízo.

Uma dimensão muito importante quando se discute o uso de drogas é o problema da *overdose*, entendendo esta como situações onde o uso agudo produziu conseqüências graves, requerendo cuidados médicos e não raro levando à morte. Sob este aspecto, o risco é grande tanto para a heroína como para a cocaína (figura 4): ambas desencadeiam alterações profundas do sistema nervoso central que podem matar por depressão respiratória (heroína), con-

mais. O perigo de *overdose* pela maconha é muito baixo ou nenhum. Foram relatados casos de vários dias de alucinações quando por acidente foi ingerida uma grande quantidade de tetra-hidrocanabinol (THC), o princípio alucinógeno da maconha. Mas o risco de altas concentrações de maconha atingirem funções vitais é mínimo. Com o tabaco, também o risco de *overdose* é praticamente nulo. Isso, é claro, levando-se em conta a forma pela qual ele é utilizado. Sabe-se que a ingestão oral de um maço de cigarros poderia ser fatal.



vulsões, crises de hipertensão, hemorragia cerebral, ataque cardíaco (cocaína). Tais casos são cada vez mais frequentes nas unidades de terapia intensiva. A *overdose* de álcool seria o coma alcoólico, mas diante do número de pessoas que bebem, essa probabilidade é bem menor, exceto quando o álcool é associado a outras drogas.

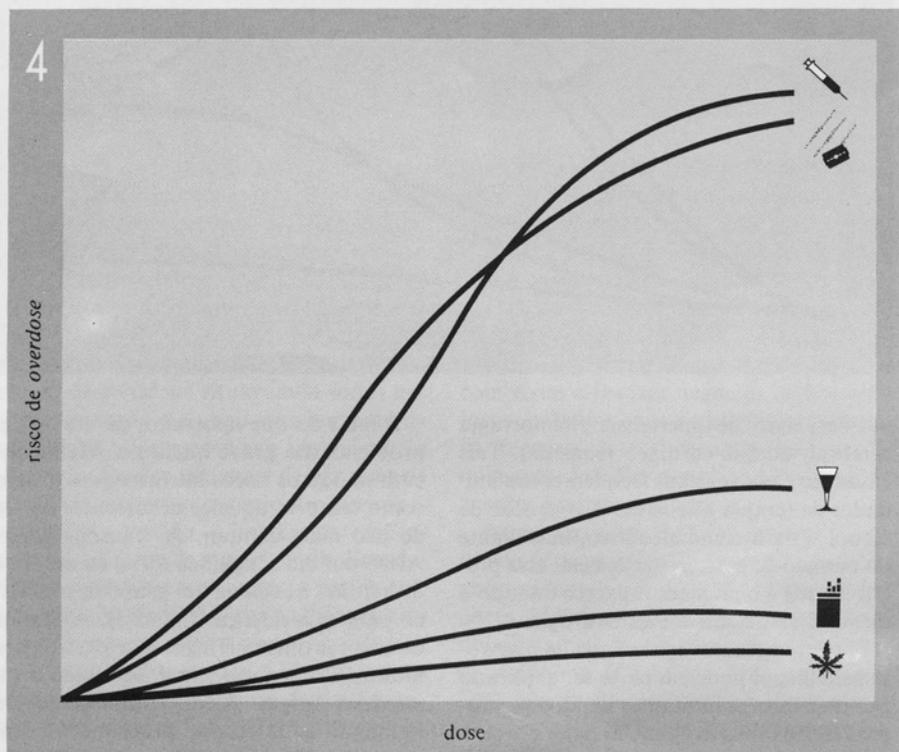
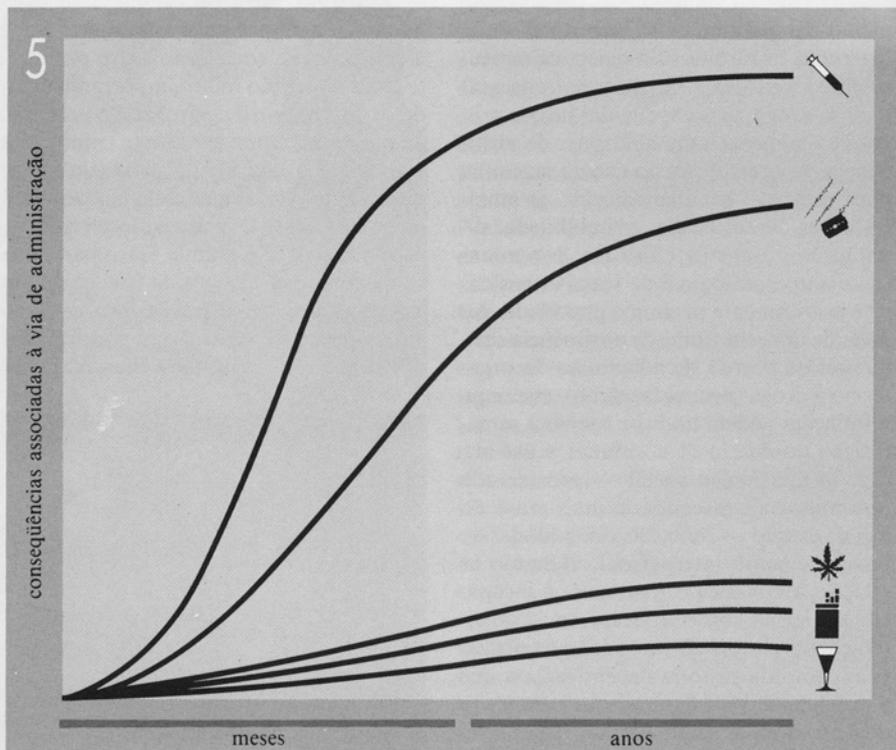
O relativamente menor risco de *overdose* pelo álcool pode em parte ser explicado por dois fatores limitantes ligados ao próprio efeito dessa droga. Um deles é a náusea, seguida por vômitos que frequentemente ocorrem quando alguém exagera na dose; com isso menos álcool é absorvido e uma concentração plasmática mais alta é evitada. O outro fator de 'proteção' é o sono produzido por altas doses de bebidas alcoólicas, impedindo que a pessoa beba

É mais do que oportuno, diante de um problema tão grave quanto a AIDS, discutir não só os riscos intrínsecos às drogas como também aqueles decorrentes da via de uso mais comum. A transmissão da AIDS por via sanguínea torna os usuários de heroína e cocaína um grupo de alto risco para essa doença (figura 5). A prática de compartilhar seringas faz parte, para muitos, do próprio ritual associado a essas duas drogas. Além desse aspecto, no momento da injeção, a preocupação com o contágio desaparece. O medo de ser flagrado pela polícia com uma seringa no bolso é, ainda, um dos fatores alegados pelos dependentes para não usar o material descartável. Mas ao lado do risco de AIDS e hepatite existe também, na administração de drogas injetáveis, a possibilidade de

OPINIÃO

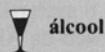
transmissão de inúmeros outros processos infecciosos (endocardite, septicemia, abscessos pulmonares, cerebrais e subcutâneos), embolias por corpos estranhos, bem como lesões neurológicas e musculoesqueléticas devidas às impurezas que o preparado pode conter. Os riscos ligados à administração endovenosa são maiores para a heroína do que para a cocaína. Isso porque a via mais comum do uso da heroína é a endovenosa, enquanto que com a cocaína a aspiração é bastante comum, principalmente nos primeiros tempos do seu uso. Quanto ao álcool, à maconha e ao tabaco, inexistem problemas relevantes associados às vias mais comuns pelas quais essas substâncias são usadas.

A título de considerações finais, alguns pontos devem ser assinalados. Entre eles, que vários aspectos ligados ao uso de drogas — como seu efeito quando consumidas durante a gravidez — deixaram de ser analisados aqui. Tentamos apenas mostrar a posição relativa de cada uma daquelas cinco substâncias diante dos riscos envolvidos, posição que se altera drastica-



mente segundo a dimensão considerada. O álcool, por exemplo, é droga de alto risco considerando-se os problemas orgânicos, a síndrome de abstinência e a incapacitação social que provoca. No entanto, é de menor risco do que a cocaína e a heroína, sob o aspecto de risco de *overdose*.

Outro ponto que merece destaque é o tempo de uso necessário para que as diferentes substâncias produzam problemas. Nas clínicas brasileiras que atendem dependentes, a idade média dos alcoólatras fica entre 35 e 40 anos, enquanto os dependentes de cocaína têm cerca de 18, 20 anos. Uma vez que o uso tanto do álcool como de outras drogas se inicia em geral na adolescência, é como se ele tivesse a 'vantagem' de dar um tempo maior para que se estabeleça (ou não) seu consumo sem problemas. Ao contrário, com a cocaína e a heroína este prazo é muito curto: antes que o indivíduo tenha possibilidade de 'pensar duas vezes', as conseqüências já aparecem. É claro que esta aparente vantagem do álcool pôde decorrer do fato de seu uso ser legalizado. Dentro desse raciocínio, a clandestinidade levaria à precocidade dos problemas. No entanto, deve ser lembrado que, ao menos no que se refere à inserção social, os dois pólos — o de maior e menor incapacitação — são produzidos pelas duas substâncias atualmente legalizadas, respectivamente o álcool e o tabaco.



álcool



tabaco



cocaína



maconha



heroína

Caderneta da Caixa

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL

Esta é a maior, melhor e mais segura caderneta de poupança do País.

NA TORRE DE MARFIM

OTTO RICHARD GOTTLIEB

O cientista que habita a torre de marfim, costuma-se dizer, é aquele que se isola dos problemas sociais. Este não é o caso de Otto R. Gottlieb. Seus mais de 40 anos dedicados à química não o fizeram esquecer problemas como a devastação das florestas, a crise populacional e a deterioração ambiental. Decididamente, o futuro do homem neste planeta é uma de suas grandes preocupações. No entanto, ele defende, sim, a torre de marfim. Só que a torre que preconiza é o lugar distante do imediatismo das pressões conjunturais. Para ele, a resolução das questões momentâneas cabe à tecnologia. Já o compromisso da ciência é com a descoberta de fatos inéditos que, correlacionados com fatos conhecidos, ajudem a entender o funcionamento da natureza. Descoberta que, num segundo momento, poderá reverter em influência prática para a sociedade. Por isso, acredita ele, o cientista e o tecnologista têm papéis diferentes. Mas Otto vê, ainda, outra função para a torre. Longe de se deixar enclausurar, ele a escala. “Do seu alto”, afirma, “se discernem as fronteiras do nosso conhecimento e, além delas, as áreas de ignorância”.

Entrevista concedida a Vera Rita da Costa (*Ciência Hoje*)

— *Como nasceu seu interesse pela química?*

— Considero a química uma herança de família. Meu avô paterno fabricava louça esmaltada na Tchecoslováquia e meu pai era químico da fábrica. Meu avô materno exportava café do Rio de Janeiro e de Vitória desde 1880. Tanto que no casamento de meus pais se dizia que na xícara se verteu o café. Fiz o primário na Tchecoslováquia, terminei o secundário na Inglaterra e me uni à família em 1939 no Rio de Janeiro, onde, desde 1936, minha mãe gerenciava a exportadora de café e meu pai fundara uma fábrica para a transformação química de óleos essenciais em matéria-prima para perfumaria.

Adaptei meu currículo escolar europeu ao brasileiro estudando dois anos no Colégio Universitário, na época o melhor 'curso complementar' de engenharia do Rio de Janeiro. O colégio foi extinto um ano depois de minha saída. Reorganização do secundário? Talvez. Mas o curso era bom demais, causando inveja aos educandários congêneres. Depois entrei na Escola Nacional de Química, no Rio de Janeiro. Em 1945, quando me formei em química industrial, a fábrica estava muito bem e meu pai insistiu para que eu fosse trabalhar com ele. Não queria muito, mas acabei indo e fiquei por dez anos. Lá eu fazia de tudo: comprava, vendia, projetava e executava reações químicas, por vezes até alimentava as caldeiras e virava garrafões.

— *Quando o senhor começou a pesquisar?*

— Fiz os primeiros trabalhos quando estava no quarto ano do curso de química. Eram sobre a composição da borracha da mangabeira, que parecia na época destinada a fortalecer os magros estoques de borracha de *Hevea* [seringueira], e a síntese do DDT, um inseticida pouco conhecido naquele tempo. Ambos foram publicados em 1945, com dois colegas de turma. Na fábrica, eu fazia pesquisa como um alento. Foi lá que inventei a titrimetria gasométrica, um método de análise inorgânica muito particular e diferente dos existentes, em que o ponto final da titulação é dado pelo início ou o fim do desprendimento de um gás. Cheguei a publicá-lo em revistas estrangeiras, mas não sei dizer se é ou foi usado alguma vez.

— *O senhor não pensou em seguir a carreira acadêmica?*

— Quando fiz os primeiros trabalhos sobre a borracha da mangabeira e o DDT, o professor Otto Rothe, da tecnologia orgânica, convidou-me para ser seu assistente, pressentindo minha vocação para o ensino. Mas eu vinha de uma experiência muito ruim: dando aula num cursinho pré-vestibular, senti pânico ao olhar para a turma. Decidi, nessa ocasião, que não era indicado para dar aulas e não aceitei o convite. Isso atrasou muito — quase 20 anos —, mas não impediu minha volta para a universidade.

Durante esses dez anos de trabalho na fábrica senti-me muito isolado. Resolvi, então, me aproximar da Associação Brasileira de Química, onde se reuniam periodicamente os químicos do Rio de Janeiro. Lá conheci Pérola Zaltzman, assistente de Walter Mors. Foi ela quem me falou da possibilidade de conseguir uma bolsa do CNPq para o Instituto de Química Agrícola [IQA], influenciando decisivamente em minha vida com esse palpite. Aliás, a Pérola foi em seguida fazer um estágio no National Institutes of Health [NIH], em Bethesda, nos Estados Unidos, e lá ficou, casando com Marshall Nirenberg, posteriormente agraciado com o prêmio Nobel pelo desvendamento do código genético. Pérola se tornou assim o brasileiro que mais perto chegou de um prêmio Nobel...

— *O que se pesquisava no Instituto de Química Agrícola quando o senhor lá ingressou, em 1955?*

— Nesse período, praticamente todo o instituto — exceto a seção de pedologia [disciplina que estuda os solos] — estava interessado na análise química das plantas brasileiras. Uma das primeiras tarefas que recebi referia-se a uma planta da Amazônia. Miranda Bastos, um dendrólogo [analista da composição de uma floresta], tinha visitado destilarias de pau-rosa e verificado que os cavacos residuais, mesmo depois de extraído o óleo essencial, queimavam muito bem. Imaginou então que, nas condições primitivas reinantes, nem todo o óleo era extraído. Analisei o material e verifiquei que o motivo da queima não era o óleo, mas outros materiais combustíveis que isolei e cuja estrutura determinei em parceria com os colegas Mauro Magalhães e Walter Mors. Como é poderosa a força do destino: o óleo essencial de pau-rosa era a matéria-prima mais importante da fábrica de meu pai e o subproduto do processo de extração desse óleo marcou minha estréia em investigação científica. Desde então, mesmo tendo ampliado um tanto o leque dos meus interesses, continuo estudando as plantas da Amazônia, seus extratos brutos, as substâncias que podem ser isoladas e a sua estrutura. Até hoje me parece incrível que o IQA tenha sido extinto.

— *E por que acabaram com essa instituição?*

— Se formos buscar a resposta oficial, ouviremos uma história sobre a modernização do Ministério da Agricultura, o que de fato ocorreu e levou, em última instância, à criação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária [Embrapa]. Mas isso é conversa! Nada impedia que a modernização se desse com a extinção de unidades fracas e a manutenção das fortes. Aconteceu, no entanto, que o instituto era famoso demais, reconhecidamente um dos pouquíssimos locais no país onde se fazia pesquisa química de alta qualidade, recebendo verbas e colaboradores internacionais. A inveja é uma arma mortífera, certa e que não perdoa.

Toda a ciência brasileira protestou, mas de nada adiantou. Não houve um mínimo de preocupação do governo em preservar a atividade de ótimo nível que se fazia no instituto. Até hoje sinto arrepio perante a insensatez de terem cortado as asas da pesquisa de produtos naturais no Brasil. Assistimos, pasmos e indefesos, à evasão de nosso material vegetal para os Estados Unidos, Alemanha, Japão e Suíça, países que não desconhecem que substâncias químicas vegetais, naturais ou sintetizadas, representam um negócio multibilionário. Imagine se o Brasil, em vez de anular um ramo florescente de investigação, tivesse investido nele, como fez a China. Aqui, a química de produtos naturais é hoje campo de treinamento de alunos de pós-graduação em busca de um título universitário.

— *O senhor ainda trabalhava no Instituto de Química Agrícola quando foi estagiar no Instituto Weizmann, em Israel. Como foi essa experiência?*

— Quando fechou a fábrica de meu pai, em 1959, fui efetivado no Instituto de Química Agrícola. Livre dos encargos da fábrica, pude me dedicar integralmente à pesquisa e julguei necessário voltar a estudar, principalmente a química orgânica moderna, que começava a se desenvolver no Brasil. Tudo mudou a partir da década de 1960 — a interpretação dos problemas, a maquinaria, os laboratórios. O Walter Mors tinha ido para os Estados Unidos trabalhar justamente com aquele que, mais do ▶

que qualquer outro, estava arquitetando essas transformações, o professor Carl Djerassi. Pouco depois, fui estagiar no Instituto Weizmann. Nessa época, acabara de ser introduzida uma nova ferramenta para o químico, o espectrômetro de ressonância magnética nuclear.

Durante um ano trabalhei nos princípios anticancerígenos de cucurbitáceas [a família das abóboras] e — uma experiência muito penosa para mim — consegui demonstrar, operando um aparelho histórico funcionando a 30 MHz, que cinco anos de trabalho do meu orientador, David Lavie, baseados na química orgânica clássica, tinham partido de uma hipótese falsa. Quando voltei para o Brasil, comecei a propagar a ressonância magnética nuclear e outros tipos de espectrometria. Fiz conferências, passei a dar aulas e publiquei dois livros didáticos sobre a aplicação de técnicas instrumentais à análise orgânica. Um sobre espectrometria de massa, prefaciado pelo professor Djerassi, já em segunda edição (modernizada por Raimundo Braz, Afrânio Craveiro e Wilson Alencar), e outro sobre espectrometria de ressonância magnética nuclear, prefaciado por Ricardo Ferreira. Não envergonhei Djerassi e Ferreira. Decorridos tantos anos, com tão fantásticos progressos nas duas áreas, as mensagens básicas dos meus livrinhos continuam válidas e, como descobri recentemente, há professores que continuam a usá-los!

— *Como se deu sua reaproximação com a universidade?*

— Na época da extinção do IQA, visitei o Instituto Oswaldo Cruz e a Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Rio de Janeiro, buscando identificar um lugar que fosse bom para o grupo com que trabalhava, mas o que me ofereciam representava um retrocesso nas perspectivas de pesquisa. Anos antes, Mauro Magalhães e eu havíamos tentado montar cursos práticos e teóricos em diversas instituições, principalmente no Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia e na Universidade Fe-

deral de Minas Gerais [UFMG]. O início da colaboração com a UFMG ocorreu exatamente no ano em que o Instituto de Química Agrícola estava acabando, compensando assim as frustrações com relação a esse órgão. Quando já não suportava a situação, Jacques Danon me veiculou uma proposta de trabalho na Universidade de Brasília.

— *A Universidade de Brasília [UnB] estava nascendo. Como foi participar desse processo?*

— Em 1962, a proposta de participar da implantação da UnB me pareceu um sonho. Pretendia-se criar uma universidade diferente, com ênfase em pesquisas e cursos de pós-graduação. Começamos a trabalhar num galpão absolutamente vazio. O prédio fora planejado para abrigar serviços gerais e uma oficina mecânica, de maneira que não oferecia nada além da estrutura de cimento. Reuni em Brasília profissionais que já haviam trabalhado comigo, do Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Fortaleza e Recife. Foram chamados para fazer pesquisa, assistir aulas de pós-graduação e depois — não antes — serem professores de graduação. Brasília não incorreria no erro de colocar neófitos para dar aula! Existiam outras vantagens: uma boa biblioteca, equipamentos e disponibilidade de técnicos de laboratório. Nossas universidades infelizmente desconsideraram os técnicos. Mas é fato que nunca se fez muito em ciência, e menos se faz hoje em dia, sem eles.

No começo de 1964, com pouco ainda a fazer na UnB, fui a mando do Darcy Ribeiro, que estava à frente do projeto, para as universidades de Sheffield (como professor visitante), Inglaterra e Indiana, nos Estados Unidos. Quando voltei, comecei efetivamente minha carreira universitária plena. Mudei para o *campus* de Brasília e dediquei-me ao ensino de pós-graduação e de graduação. O sonho acabou em 1965, como se sabe de maneira extremamente dramática.

PROFESSOR OTTO

Otto Richard Gottlieb tem sido muitas vezes identificado pelo conjunto 'ORG' de suas iniciais, o que significa, conforme ele mesmo conta a seus alunos, que nasceu para a química ORGânica. Eu proponho ampliarmos um pouco mais essa sigla, incluindo o 'I' de Richard, o que resulta ORIG de ORIGInalidade, pois é essa a característica marcante que permeia toda a sua obra, de *Titrimetria gasométrica a O papel do oxigênio em evolução fitoquímica em direção à diversidade*. E quanta coisa não há, entre esses extremos, com a sua marca registrada (ORIG): novas classes

de produtos naturais e a criação de um método científico de busca de princípios ativos em plantas — a quimiosistemática micromolecular.

Nada revela melhor essa feição do professor Otto do que traduzir a citação que consta do diploma que recebeu quando lhe foi recentemente conferido o título de Doutor Honoris Causa pela Universidade de Hamburgo: "A universidade visa a honrar o cientista e mestre reconhecido mundialmente e que, através de sua síntese interdisciplinar da química de plantas e da investigação em evolução botânica, abriu novos caminhos para a ciência."

O professor Otto tem hoje três livros e 505 trabalhos publicados, outros 15 no prelo e mais 20 em vários estádios de formulação. Com 102 teses diretamente orientadas por ele, disse-me uma vez que se fosse orientador de todos os 300 pós-graduandos do Instituto de Química da Universidade de São Paulo teria um projeto diferenciado para cada um. E eu sei muito bem que seria assim.

Seu grande desafio no momento é popularizar a ecologia bioquímica no Brasil. É seu objetivo maior que nas universidades se processe um estudo mais aprofundado do

funcionamento da natureza para que se possa fazer sua exploração racional. Duas coisas o preocupam profundamente: a ignorância do que significa preservação do meio ambiente e a destruição acelerada da Amazônia, que, no seu entender, como o incêndio em Alexandria, está queimando e destruindo a mais valiosa 'biblioteca' química do mundo antes que seja lida.

**Maria Auxiliadora
Coelho Kaplan**

Núcleo de Pesquisas de Produtos Naturais,
Universidade Federal do Rio de Janeiro

— *O senhor foi chamado pelo presidente Castelo Branco para discutir a crise na universidade...*

— Quando voltei do exterior, em meados de 1964, a universidade já havia sido 'depurada'. Mas isso não impediu uma continuada e rigorosa vigilância sobre os professores remanescentes. Assim mesmo vivemos um clima de excelente produtividade, graças à liderança do reitor Zeferino Vaz. Quando, porém, o clima ficou sombrio demais também para ele, que acabou se retirando, tudo deteriorou-se rapidamente. No final de 1965, oito professores foram dispensados por intervenção direta do governo. Uma carta solicitando apoio à comunidade científica internacional foi prontamente atendida e o embaixador americano Lincoln Gordon levou a Brasília um abaixo-assinado. Nesse mesmo dia, fui convocado ao Palácio do Planalto.

Inicialmente, a conversa foi satisfatória. Castelo Branco contou ter visitado minha cidade natal, Brno, e elogiou a conservação do campo de batalha napoleônico nas proximidades. Mas logo ele se exaltou e começou a gritar. Raramente presenciei alguém se alterar tanto como o presidente naquele dia. Ele via a atitude do embaixador americano como uma interferência estrangeira nos assuntos brasileiros. Para nós, era uma intervenção a favor da liberdade individual. Convocado possivelmente por ser considerado moderado e mesmo apolítico, tentei explicar o sentido da fraternidade científica internacional, mas não deu certo. Poucos dias depois a universidade acabou.

— *Após esse episódio, o senhor pediu demissão...*

— Os professores tencionaram protestar contra a demissão dos oito colegas com uma greve. O assunto foi ventilado numa reunião clandestina — a UnB estava sob ocupação militar e as reuniões tinham sido proibidas. Eu disse que não entraria em greve. Trabalhava porque queria e gostava, se a universidade não me desse condições, iria para outro lugar. No dia seguinte, em questão de minutos, praticamente todos os professores do Instituto de Ciências Exatas assinaram uma lista de demissão, o que demonstra o idealismo da categoria no Brasil. Ganhava-se 20% a mais do que se pagava na Universidade de São Paulo, assim mesmo fomos embora espontaneamente. Nenhum de nós ignorava, além disso, que essa atitude de protesto poderia comprometer nossa readmissão por outras instituições oficiais, o que não aconteceu. Pensando além dos benefícios próprios, deixamos para trás o mais satisfatório, descontraído e construtivo ambiente profissional que já encontrei. Em Brasília, o que hoje é raríssimo, havia um espírito universitário em busca permanente de renovação, professores escolhidos a dedo entre os melhores do país e um avançado sistema como regimento.

— *O senhor manteve, em Brasília, seu interesse pelas plantas brasileiras. Como é trabalhar com a química de produtos naturais?*

— Manoel da Frota Moreira, anos a fio diretor científico do CNPq, costumava sorrir ao me ver percorrer semanalmente, após 1965, o triângulo Minas Gerais [UFMG], Rio de Janeiro [UFRRJ], São Paulo [USP], com excursões mais esporádicas à Universidade Federal de Pernambuco e ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Mas eu tinha um segredo que possibilitava essa atuação: um único e apaixonante tipo de trabalho — a química de produtos naturais. É uma atividade que não permite individualismos, nem dá resultados imediatos. Muitas pessoas pensam que deveríamos dominar todo o processo, da coleta de uma planta à sua utilização farmacológica ou outra. No



foto Ralph Machado

No Laboratório de Análise Instrumental do Instituto de Química da Universidade de São Paulo, operando um espectrômetro.

entanto, não é possível fazer tudo com o mesmo nível de excelência. Ao químico de produtos naturais interessa a fabulosa diversidade das substâncias vegetais com respeito à sua beleza tridimensional e suas variadas transformações. Temos um fantástico mundo brasileiro a explorar. Quem executará essa tarefa se esmorecermos e virarmos botânicos, químicos de síntese, tecnólogos ou farmacólogos? Fomos nós que criamos a base de toda a química orgânica brasileira moderna, com suas múltiplas ramificações.

— *Como foi a sua experiência na Universidade Federal de Minas Gerais?*

— Foi o maior grupo que tive a alegria de gerar. Como antes na UnB e concomitantemente na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, ali consegui implantar pesquisa e disciplinas teóricas em química orgânica, e foi onde despertei vocações duradouras com maior intensidade. O desfecho da colaboração com a UFMG ilustra bem uma faceta geral da minha atuação acadêmica no Brasil. O CNPq tinha atribuído nível de excelência, o que equivale dizer apoio financeiro, ao mestrado em química orgânica, mas como os trabalhos e cursos iam muito bem, solicitou-se reconhecimento do doutorado. Negaram o pedido com a justificativa de não incentivar o que diziam ser um 'feudo de Gottlieb'. O evento merece dois comentários. Primeiro: esse é o fim de todo pioneiro. Chega o momento em que a continuação de seus préstimos dificulta o progresso ulterior. Segundo: sucesso em universidade brasileira não é garantia de continuidade de apoio. ▶

PERFIL

— *E a experiência no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA)?*

— Os primeiros contatos com o INPA surgiram durante uma excursão para coletar plantas em 1960. Organizamos um curso de atualização em química de produtos naturais, ajudamos no aperfeiçoamento do laboratório e começamos a auxiliar nas pesquisas. O plano era tornar o INPA auto-suficiente, capaz de processar uma planta da coleta até a obtenção das substâncias puras, coisa que acontece atualmente. Durante vários anos, trabalhamos na maior felicidade. As plantas eram preparadas e tratadas até o ponto mais elaborado possível para a época e remetidas para os nossos laboratórios no sul. A Amazônia lucrou em conhecimentos de sua flora e nossos colaboradores assinaram uma centena de belas publicações. Como programado, o INPA ficou progressivamente dono da técnica toda. Mas ocorreu que bruscamente retiraram a instituição de nossa tutela, deixando-nos numa situação gravíssima na Universidade Rural, sem matéria-prima amazônica para o estudo de nossos pós-graduandos. Fui vencendo essa dificuldade por meio de várias vias: o estudo das plantas de outras regiões do país; a colaboração com o professor Klaus Kubitzki, profundo conhecedor da biologia das nossas lauráceas [família dos louros] e entusiástico coletor de plantas na Amazônia; a admissão de Hipólito Paulino, genial estudioso da interação miristicáceas [família da noz-moscada]-tucanos e a adoção de vários campos alternativos de estudo, como ecologia bioquímica, quimiosistemática (incluindo metodologia de busca racional de princípios ativos de plantas) e nomenclatura química.

— *Como é o sistema de nomenclatura orgânica elaborado pelo senhor, com a finalidade de ampliar o conhecimento da química?*

— Quem isola e descreve um grande número de substâncias naturais de estruturas habitualmente complexas vê-se às voltas com o verdadeiro bicho-de-sete-cabeças da química orgânica, a nomenclatura. As regras são tão variadas e complicadas que nem a consulta a um livro garante uma formulação correta. Mesmo assim, dar nome aos bois é indispensável. Sem nomear uma substância não se pode comunicar nada a ninguém. Com Maria Auxiliadora Kaplan, colaboradora de muitos anos, elaborei um novo sistema de nomenclatura em que uma estrutura tridimensional orgânica é figurada como uma forma geométrica composta de nodos (representando os átomos) e ligações. A natureza química e a posição relativa dos nodos são descritas por um sistema numérico. Não há necessidade de memorizar termos empíricos e basta conhecer rudimentos de química para poder aplicar o sistema mesmo à estrutura mais complexa imaginável.

— *Como se deu seu ingresso na Universidade de São Paulo e que linhas de pesquisa tem desenvolvido desde então?*

— Quando o Instituto de Química se instalou na Cidade Universitária, em 1967, os professores julgaram que as linhas de pesquisa deveriam ser enriquecidas com a química de produtos naturais. Fui convidado para uma palestra — ‘Os jacarandás: 400 anos de carpintaria, quatro anos de química’ — e, em seguida, um almoço com os grandes professores, que (só depois entendi) me inquiriram sobre minhas concepções acadêmicas. Passei pelos dois testes, talvez os mais importantes de minha vida profissional, e Paschoal Senise me chamou para montar o laboratório. Com a reforma da USP, o laboratório foi incorporado e em 1976 fiz o concurso de professor titular.

O trabalho em São Paulo é diferente. Aqui tudo converge, inclusive administração, secretaria, funcionalismo, para ajudar o professor em suas tarefas, que integram ensino e pesquisa como parte orgânica de sua vida. Além disso, no Instituto de Química perdura a convicção de que é através do desenvolvimento científico básico próprio, mais do que através da adaptação de tecnologias alheias, que nascerá o Brasil futuro. Com Massayoshi Yoshida, que assumiu o lugar de chefe de laboratório depois de Raimundo Braz, e nossos pós-graduandos, desenvolvemos fitoquímica tradicional ainda referente a lauráceas e miristicáceas. Conseguimos ampliar os conhecimentos químicos a respeito de várias classes novas de substâncias por nós descobertas, principalmente as neolignanas, recentemente assinaladas como poderosos inibidores do mediador de doenças inflamatórias. Boris Vargaftig, do Instituto Pasteur de Paris, conseguiu confirmar o fato submetendo nossos produtos a testes específicos.

— *O senhor tem se dedicado, nos últimos anos, à campanha contra a devastação da floresta amazônica...*

— Essa história de extinção não é brincadeira. O número de espécies sob risco não é pequeno e a maior parte está na Amazônia. Se, como se diz, são conhecidas apenas 15% das espécies de animais, plantas e fungos, muitos, entre os 85% restantes, desaparecerão antes mesmo de serem catalogados. Para piorar a situação, somos um país carente de botânicos, ecólogos e micólogos [estudiosos dos fungos] capazes de executar a tarefa.

Há uma incompreensão universal sobre a importância transcendental do biólogo. A finalidade do estudo dos organismos vivos não se limita à exploração da natureza. Acredito que no futuro o conhecimento maior sobre os produtos naturais permitirá enfrentar problemas básicos de sobrevivência, como a pobreza, a densidade populacional e as doenças. Não estaremos vivos sem os fármacos, cuja fabricação depende de produtos naturais, diretamente ou como modelos de derivados sintéticos. Onde buscar novas substâncias, ou, mais precisamente, novos modelos moleculares para a idealização e a obtenção de substâncias sintéticas? A resposta parece evidente: nas florestas das regiões



Otto Gottlieb com Klaus Kubitzki (curador do herbáreo do Instituto de Botânica da Universidade de Hamburgo), em 1986.

neotropicais. No entanto, estamos destruindo esse reservatório sem ao menos estudá-lo adequadamente. Conhecemos espantosamente pouco sobre a composição química da Amazônia — bem menos de 1% das espécies descritas morfológicamente o foi quimicamente. Uma única espécie pode conter centenas ou talvez milhares de produtos naturais. Como o cientista não tem — ou tem pouca — influência na velocidade do desmatamento, cabe, pelo menos, apressar o trabalho de análise química das plantas das regiões ameaçadas. Esse, para mim, é o esforço social mais significativo dos químicos nesse fim de século. A pesquisa em adaptação de processos de síntese química a problemas industriais [a chamada química fina] também é tarefa atual, nobre. Mas a investigação básica em síntese orgânica, campo para o qual se passaram recentemente muitos dos nossos profissionais, é mero exercício didático. Será mais bem realizada no século vindouro e pode esperar. A fitoquímica não pode.

— *Que conseqüências poderá ter o desmatamento sobre a fitoquímica da Amazônia?*

— O alto padrão de nossa sociedade tecnológica é baseado numa provisão crescente de substâncias químicas. Nesse sentido, a Amazônia é um fabuloso baú. Infelizmente, são magras as esperanças para a sua exploração mais profícua. A explosão demográfica e a pobreza progressiva da população, aliadas à necessidade de aplicações financeiras de companhias internacionais, estimulam a invasão maciça da 'terra prometida'. Projetos de ocupação racional são demagógicos. É impossível interferir racionalmente em sistemas ou fenômenos quaisquer sem o conhecimento de seus mecanismos de coerência.

As duas formas da assim chamada exploração racional praticadas hoje — o reflorestamento espontâneo de terras anteriormente utilizadas e a preservação de pequenas áreas em meio a vastos territórios ocupados por empreendimentos industriais — não dão conta de conservar os tesouros químicos da Amazônia. Na recolonização de uma área, as plantas encontrarão fatores ambientais diferentes com respeito à fertilidade, umidade e iluminação. Estamos estudando o efeito dessas variáveis e já sabemos que, sem dependência de sua posição filogenética, plantas em solo pobre são mais ricas em fenóis e plantas em ambientes úmidos mais ricas em substâncias fungitóxicas. A preservação da vegetação em reservas também não é garantia da constância química das plantas, pois as modificações operadas por vento e poeira nas margens artificialmente criadas se espalham gradativamente para o interior da floresta, mesmo sem nova intervenção humana. De modo que não é só a extinção de espécies, da qual tanto se fala, que constitui perigo. É preciso estudar também as conseqüências químicas de nossa política preservacionista.

— *O senhor desenvolveu as bases de uma nova disciplina científica, a sistemática bioquímica. Como surgiu e que princípios a norteiam?*

— Tive uma aluna, Ceres Gomes, muito talentosa, mas, pelo menos naquela fase de sua vida, com pouca paciência para o trabalho em laboratório. Desenvolvi para ela umas idéias teóricas sobre a química de produtos naturais. A vulcânica energia emprestada pela moça à execução dessas idéias permitiu prever a possibilidade da transformação da sistemática bioquímica, de uma arte que era, numa disciplina científica com princípios fundamentais e metodologia geral. Tradicionalmente, as plantas são classificadas de acordo com suas características morfológicas. Te-

mos tentado correlacioná-las a características moleculares. Desde o início da botânica científica, procurou-se comparar morfologia e moléculas, mas frente à ausência de métodos para correlação quantitativa dessas características (ambas expressões do fenótipo), os resultados eram necessariamente descritivos. Recentemente, dados morfológicos começaram a ser quantificados em índices de avanço evolutivo, permitindo sua comparação com nossos índices de mesmo tipo baseados na estrutura dos produtos naturais. Assim, conseguimos mostrar, por exemplo, que coníferas [pinheiros] e plantas floríferas são desenvolvimentos paralelos, tendo suas origens, respectivamente, em samambaias primitivas e avançadas.

— *Qual a reação dos botânicos ante a introdução de dados químicos como critério para a classificação?*

— Levei pela primeira vez o tópico a um congresso internacional (em Hamburgo) em 1976. A reação foi estimulante. O grande teórico Vernon Heywood, que acabara de lecionar sobre a pequena probabilidade da correlação biologia/química, proclamou nossos conceitos como o primeiro passo positivo em direção a esse *desideratum* taxonômico. Acredito que da integração entre dados químicos e morfológicos resultará um sistema com respostas para os enigmas ecológicos atuais. Minha convicção se baseia em nossas descobertas recentes acerca de gradientes químicos obtidos através da análise comparativa dos constituintes de alguns grupos angiospérmicos [plantas com flores]. Já que as diversificações químicas conhecidas são graduais, e conseqüentemente racionalizáveis, espera-se poder incluir na correlação outros grupos quimicamente desconhecidos. Assim surgiria pelo menos uma hipótese sobre os limites da variabilidade química desses grupos e uma sugestão sobre a ocorrência provável de substâncias desejadas.

Quanto aos botânicos, sua primeira reação revela medo. Se fosse apenas pela falta de base em química, tal obstáculo seria vencido com facilidade. O problema é mais sério. O biólogo é treinado na observação — quase sempre visual — de fenômenos naturais ao nível de organismo; o químico na experimentação — quase sempre por instrumento — ao nível molecular. Unir essas duas tendências num esforço interdisciplinar coordenado é difícil, mas é preciso que se tente.

Hoje, a questão básica já não é mais se podemos produzir alimentos, fármacos, energia, produtos em quantidade suficiente, mas quais as conseqüências ambientais disso. Na velocidade vertiginosa da destruição da biosfera, da atmosfera e até da estratosfera, cujas composições químicas afetam os organismos em geral e a humanidade em particular, dentro de algumas dezenas de anos custará uma inconcebível fortuna a pesquisa básica visando a uma extensão do período remanescente do homem no planeta. O drama não consiste tanto na capacidade do homem de alterar o ambiente, mas no desejo de alterá-lo antes de entender com precisão os fatores que governam a estrutura e o funcionamento desse meio. Por isso assistimos hoje à criação de grupos de estudos ecológicos, formados no Brasil principalmente por botânicos e zoólogos preocupados com a observação da interação de organismos em seus ambientes naturais. Tal observação só leva à compreensão do fenômeno se sua causa é baseada em comportamento ou forma. Mas a causa é mais freqüentemente baseada em química, e o biólogo que carece de conhecimento nessa área não irá longe em ecologia. Portanto, engrenar biologia e química é uma medida de defesa das gerações futuras. ■

Estou cursando o segundo grau e pretendo estudar biologia. Gostaria de receber de Ciência Hoje informações precisas sobre o microscópio eletrônico: o que é, como surgiu, quais as suas aplicações. E no Brasil, quantos microscópios eletrônicos existem?

Ilde Nascimento, Santa Maria (RS)

Essa é uma área muito interessante, que nos permite concretizar a aproximação entre a ciência básica e a tecnologia. Mas antes de chegar às aplicações, vamos situar o microscópio eletrônico (ME) dentro da história da própria microscopia.

Os primeiros microscópios de luz, ou microscópios ópticos (MO), surgiram no século XVII, principalmente com o holandês Anton van Leeuwenhoek (1632-1723) e o inglês Robert Hooke (1635-1703). Leeuwenhoek construía microscópios com uma única lente, que chegavam a aumentos de mais de 200 vezes. Devido às dificuldades de posicionamento do objeto, construía uma nova lente para observar cada objeto. Assim, deixou mais de uma centena de aparelhos desse tipo. Hooke construiu seu microscópio com duas lentes (microscópio composto) — a objetiva e a ocular. Foi ele quem descreveu pela primeira vez inúmeros detalhes da estrutura de insetos e, mais ainda, foi ele quem, observando aparas de cortiça, assinalou pela primeira vez a célula. Podemos imaginar a potencialidade dessa invenção para a época. Entretanto, já no fim do século XIX estava definido o limite de resolução do aparelho. Segundo o físico alemão Ernst Abbe (1840-1905), esse limite dependia principalmente do comprimento de onda (λ) da luz com que se observa o objeto. O MO não pode ver pontos do objeto mais próximos do que 0,2 micrometro ($1 \mu\text{m} = 10^{-3} \text{mm}$), ou seja, seu aumento máximo está em torno de mil vezes. (Não muito mais do que Leeuwenhoek conseguia!)

O conhecimento dos fenômenos ondulatórios permite-nos saber que a imagem de um ponto luminoso obtida através de uma lente é formada por um círculo central luminoso cercado de anéis claros, com intensidades decrescentes (difração). Quando buscamos aumentos baixos, não observamos essa figura, mas é ela que determina o limite de aumento para cada diâmetro da lente e para cada cor da luz de iluminação. Quanto maior λ , mais crítica é a situação. Daí concluirmos que já atingimos o aumento máximo permitido pelo MO, pois as aberrações (distorções) das

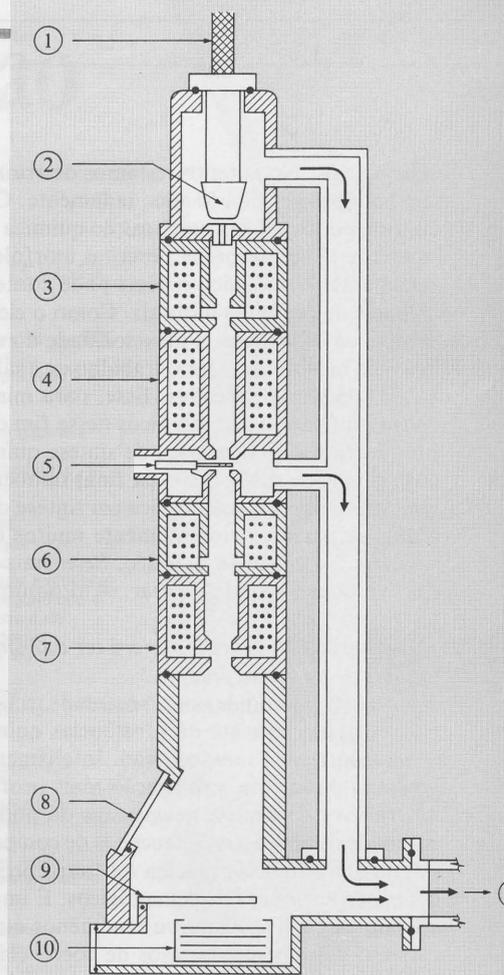
lentes já foram suficientemente bem corrigidas, mas o nosso olho infelizmente não vê a luz com λ menor que o violeta. É então que entramos no novo universo que o ME pôde proporcionar.

No início do século XX, o físico francês Louis De Broglie (1892-1987) propôs que partículas quânticas, como o elétron, têm associadas a si ondas cujos comprimentos variam com o inverso da velocidade. Para elétrons acelerados, por exemplo, por um potencial de 50 quilovolts (um $\text{kV} = \text{mil volts}$), λ é aproximadamente dez mil vezes menor do que o da luz verde. Portanto, o efeito da difração para elétrons seria extremamente menor do que para a luz. Esta é a razão teórica da capacidade de aumento do ME.

Os primeiros instrumentos que utilizaram as propriedades ondulatórias dos elétrons não foram construídos para a obtenção de imagens mas para estudos teóricos, como por exemplo o estudo da difração eletrônica por filmes cristalinos. A obtenção de imagens veio associada ao desenvolvimento de lentes apropriadas, das técnicas de preparo do material e das bombas de vácuo. Na década de 1930, Ernst Ruska (1906-1988), na Alemanha, construiu o que foi considerado como o primeiro ME. Hoje em dia o ME pode chegar a aumentos acima de um milhão de vezes (mil vezes mais que o MO), mas nas primeiras tentativas as imagens eram muito inferiores às do MO, em qualidade e aumento.

O ME consiste basicamente em:

- canhão eletrônico com a fonte de elétrons (filamento aquecido), que podem ser acelerados em potenciais em geral de 20 até 100 kV.
- sistema elétrico para suprir as tensões e correntes do aparelho.
- lentes magnéticas, que são bobinas (fios enrolados) para produzir um campo magnético atuante sobre os elétrons, tendo um efeito semelhante ao de uma lente comum para a luz.
- sistema de bombas para produzir alto vácuo (pressão de cerca de 10^{-6} atmosferas) e permitir que os elétrons migrem pelo tubo do aparelho, além de evitar a combus-



- 1- Cabo de alta tensão
- 2- Canhão eletrônico
- 3- Lente projetora
- 4- Lente objetiva
- 5- Objeto
- 6- Lente intermediária
- 7- Lente projetora
- 8- Janela de vidro
- 9- Tela fluorescente
- 10- Chapas fotográficas
- 11- Para as bombas de vácuo

Fig. 1. Esquema do microscópio eletrônico de transmissão (MET).

tão do filamento pelo oxigênio do ar.

- tela fluorescente para produzir uma imagem final visível, quando atingida pelos elétrons.

O microscópio acima descrito é chamado microscópio eletrônico de transmissão (MET), pois o que se observa é a projeção de uma fatia muito fina do material (como no MO, embora muito mais fina) (figura 1). Mais recentemente, na década de 1960, surgiu o chamado microscópio eletrônico de varredura (MEV), cuja aplicação está na observação da superfície dos materiais. Nesse aparelho, a superfície do material é varrida ponto a ponto por um feixe de elétrons muito colimado, ao mes-

mo tempo em que a tela de um monitor (como a de uma televisão) é varrida por outro feixe em sincronia com o primeiro. O feixe que varre a superfície em estudo produz uma corrente de elétrons que são arrancados dela, os chamados elétrons secundários. Estes são atraídos, por uma diferença de potencial, para um detector especial. O tubo desse aparelho também está submetido a alto vácuo, e por isso forma-se uma corrente de elétrons da superfície do material para o detector. A corrente varia para cada ponto da superfície, em consequência de sua topografia. A imagem aparece na tela do monitor, pois a intensidade de cada ponto nessa tela é modulada pela corrente de elétrons secundários correspondente.

O preparo de amostras, particularmente as biológicas, é fundamental para obtenção de boas imagens. Para o MET, a amostra deve ser fixada com reagente específico, lavada, desidratada (a água é substituída por acetona) e imersa numa resina epóxi que endurece após ficar 48 horas numa estufa a 60°C. Aí então ela é cortada em fatias finíssimas (espessura de 0,05 µm), corada com sais de metais pesados, como urânio e chumbo, e só depois disso observada no MET.

No caso do MEV, como desejamos uma superfície bem preservada e que produza uma boa corrente de elétrons secundários

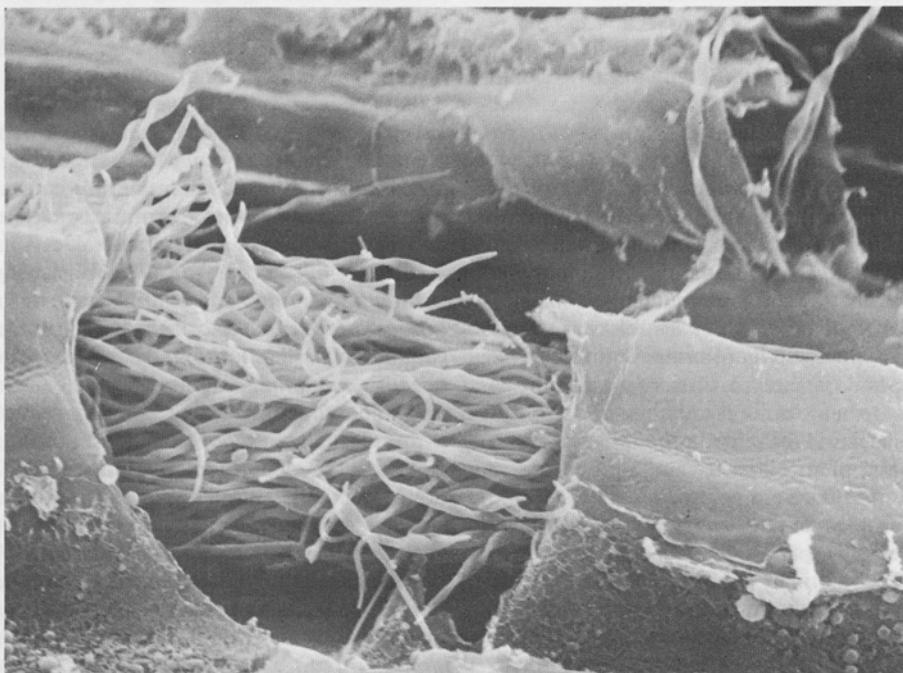


Fig. 2. Imagem obtida em MEV de um floema de dendezeiro infectado por uma infinidade de *Phytoomonas*, protozoários que impedem o fluxo do alimento na planta, fazendo-a definharem rapidamente. Aumento: 6.100 x.



Fig. 3. Perfis dos mesmos protozoários em região equivalente da planta, obtidos por MET, que permite o estudo de suas estruturas internas. Aumento: 21.300 x.

para obtenção de uma boa imagem, o material é fixado como na forma anterior, mas a desidratação é feita por um método (ponto crítico do CO₂ — dióxido de carbono) que praticamente não deforma o material. Após essa desidratação, a amostra é coberta com fina camada de ouro, por método especial (*sputtering*). Depois disso ela está pronta para observação no MEV.

Os microscópios eletrônicos têm atualmente grande aplicação na pesquisa biológica, na ciência dos materiais e na meta-

lurgia, bem como em indústrias como a têxtil (controle de qualidade das fibras) ou a microeletrônica (observação dos *chips* de computadores). Recentemente os MEs têm sido equipados com sistemas que congregam várias análises simultâneas além da observação da imagem. É o caso, por exemplo, da microanálise de raios X, que pode identificar elementos químicos presentes numa amostra, pelos raios X emitidos quando ela é bombardeada pelos elétrons. As amostras do solo lunar já foram estudadas por meio dessa técnica.

No Brasil temos algumas dezenas de MEs, muitos dedicados à pesquisa biológica. Uma área que tem sido bastante auxiliada pelos MEs é a protozoologia, especialmente no estudo de protozoários patogênicos tanto para os animais quanto para as plantas, como as *Phytoomonas* (figuras 2 e 3), em que as imagens obtidas por MEV e MET se complementam. Essa complementaridade estende-se a materiais diversos, sempre havendo necessidade de uma técnica específica de preparo do material antes que ele chegue ao ME.

A microscopia eletrônica tem se desenvolvido muito nos últimos anos, culminando com a criação do chamado microscópio de tunelamento quântico, cujos autores, Gerd Binnig e Heinrich Rohrer, do Zurich Research Laboratory (IBM), dividiram com Ruska o Prêmio Nobel de Física de 1986 (ver *Ciência Hoje*, nº 28, p. 16).

Marcos Farina de Souza

Laboratório de Ultra-estrutura Celular, Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho, Universidade Federal do Rio de Janeiro

REPRODUÇÃO DO DOURADO EM CATIVEIRO

Cinco décadas depois de ter sido desenvolvida pelo zoólogo brasileiro Rodolfo von Ihering (1883-1939), a tecnologia da indução de desova de peixes foi empregada com êxito no dourado *Salminus maxillosus*. A pesquisa, realizada em Minas Gerais, permitiu, após três anos de estudos da técnica da hipofiseação, completar o ciclo de reprodução do dourado em cativeiro. Isso ocorreu em dezembro de 1987, quando se produziram dois mil alevinos de 1,1 milhão de óvulos liberados por três das quatro fêmeas usadas na desova. O trabalho esteve a cargo de técnicos da Estação de Pesquisas e Desenvolvimento Ambiental de Volta Grande, que a Companhia Energética de Minas Gerais (Cemig) mantém à margem direita do rio Grande, no Triângulo Mineiro.

Foi essa dificuldade que levou à captura de exemplares jovens da espécie, a serem criados em tanques especiais de reprodução. Os peixes, cujo tamanho não ultrapassava 35 cm, receberam um tratamento especial: eram alimentados sempre pela mesma pessoa, recebendo uma dieta em que uma ração balanceada, produzida especialmente para *S. maxillosus* pela bióloga Norma Dulce de Campos Barbosa, se alternava com peixes vivos. Para condicioná-los ao manuseio, a comida era dada em horários fixos e oferecida sempre no mesmo recipiente.

Periodicamente, passava-se uma rede fina nos tanques (picarés — malha 12 mm entre nós) para contato humano, o que permitia aferir os dados biométricos dos peixes, em seguida armazenados em banco de dados. Após dois meses de adestramento, os peixes já saltavam fora d'água para apanhar o alimento das mãos do responsável pelo tratamento. Em 1986, já menos agressivos, foram transferidos dos tanques especiais de alvenaria para outros de terra batida, com 2.000 m², onde passaram a apresentar crescimento mais acelerado e maior facilidade de manuseio.

A primeira desova do dourado ocorreu depois que três fêmeas e três machos receberam tríplice aplicação de extrato bruto de hipófise de carpa. No entanto, a dose de hormônio aplicada nos machos revelou-se excessiva, ocasionando baixo índice de fecundação. Na segunda desova, obtida cinco dias mais tarde, três das quatro fêmeas trabalhadas responderam positivamente: liberaram um número estimado de 1,1 milhão de óvulos de coloração esverdeada e aspecto uniforme. Os três machos, após o tratamento, liberaram esperma aparentemente mais diluído que os das outras espécies já trabalhadas na estação (curimbatá, piaú, piapara, tambaqui e pacu-caranha), mas em volume (entre 30 e 40 ml) considerado altíssimo se comparado ao das demais espécies testadas pela equipe.

Para atingir o ciclo completo de reprodução do dourado, os técnicos aplicaram nas fêmeas e nos machos dosagens crescentes de hipófise por quilo de peixe, observando um intervalo de quatro dias entre a primeira e a segunda dose e de 12 horas en-

tre a segunda e a terceira. Oito horas após a aplicação da última dose, efetuou-se a extrusão dos gametas e, em seguida, a fertilização a seco. Os ovos foram incubados em aquários de dois mil litros, com aeração constante, e a eclosão das larvas teve início cerca de 15 horas depois.

Bem distintas das larvas das demais espécies, as do dourado apresentavam saco vitelínico de cor marrom e dentes cônicos nos maxilares 18 horas após a eclosão. Seis dias depois o fenômeno do canibalismo, próprio da espécie, reduziu a cerca de dois mil exemplares a população inicial. “Mesmo tendo sido feita reprodução paralela de piapara com o fim de evitar o canibalismo, o dourado mostrou preferência pela sua espécie”, observa o oceanólogo da equipe, Evoy Zaniboni Filho.

Essencialmente piscívoro, *S. maxillosus* encontra-se distribuído em toda a bacia do Prata, a que pertence o rio Grande, e é considerado excelente para a pesca esportiva e profissional. Por ser uma espécie reófila (de água corrente) e de grande porte, só os tributários mais volumosos possibilitam sua migração reprodutiva. No reservatório de Volta Grande, segundo Campos Torquato, tudo indica que o dourado não procria. Basta dizer que a equipe de ictiologia, trabalhando de novembro de 1985 a outubro de 1986, colheu amostras mensais em pontos espalhados por todo o reservatório, utilizando redes de diferentes malhas, sem no entanto capturar um só dourado entre 4.602 exemplares de 47 espécies.

Embora considerando relativamente pequeno o aproveitamento atual da reprodução obtida em dezembro passado, o coordenador da equipe de Volta Grande é otimista quanto à utilização de técnicas mais avançadas para o repovoamento da espécie. Segundo ele, embora a utilização do dourado no fomento à piscicultura intensiva seja aparentemente inviável, dados os custos de produção e a voracidade da espécie, a Cemig estimula trabalhos voltados para a reposição da fauna de peixes prejudicada pela construção de barragens.

Marise Muniz
Ciência Hoje, Belo Horizonte



Foto Eustáquio Soares

Vista parcial da Estação de Volta Grande.

O método Ihering — que consiste em transformar a hipófise (glândula localizada na base do cérebro) de peixes num extrato cuja injeção em machos e fêmeas provoca a liberação do esperma e o amadurecimento e expulsão dos óvulos — foi aperfeiçoado pelos técnicos de Volta Grande após várias tentativas frustradas: “Até 1980 não conseguíamos sequer manusear o dourado; a maioria dos peixes morria durante a seleção dos reprodutores”, conta o biólogo Vasco Campos Torquato, coordenador da equipe.

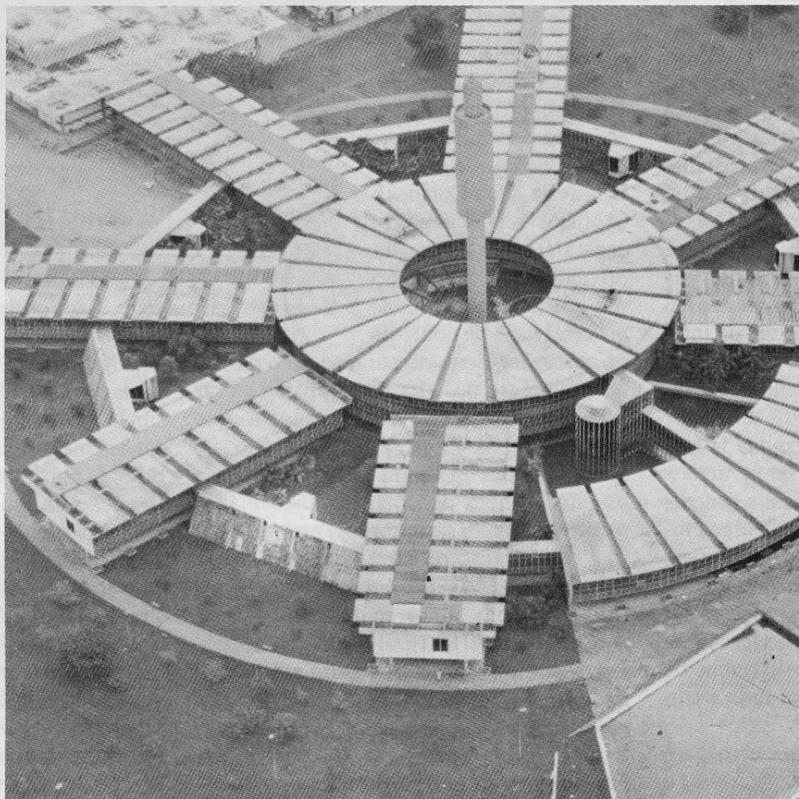
O PETRÓLEO SÓ É NOSSO QUANDO A TECNOLOGIA TAMBÉM É.

O desenvolvimento tecnológico é fundamental para o progresso de uma indústria.

E uma empresa industrial só conquista autonomia efetiva quando consegue dominar e desenvolver a tecnologia que utiliza.

Daí a importância do CENPES - Centro de Pesquisa e Desenvolvimento Leopoldo A. Miguez de Mello.

O CENPES é o principal pólo de desenvolvimento de tecnologia da Petrobrás. Nele realizam-se pesquisas de novos processos e produtos, adequados às características do mercado e das nossas matérias-primas. Realizam-se também projetos de engenharia básica, que são o primeiro passo para a implantação de instalações



industriais.

A pesquisa e a engenharia básica integram-se, assim, no esforço constante de aprimorar a tecnologia, o que assegura à Petrobrás uma posição competitiva em relação às empresas do mesmo gênero.

A área de atuação do CENPES inclui também o aperfeiçoamento

do pessoal técnico de nível superior, além de proporcionar serviços de informação técnica e propriedade industrial (marcas e patentes).

A partir de 1973, o CENPES passou a funcionar em modernas instalações na Cidade Universitária (Ilha do Fundão), no campus da Universidade Federal do

já domina cerca de 50 tecnologias fundamentais para a Petrobrás. É, no seu constante esforço de inovação, está sempre se valendo da colaboração de outras companhias, instituições científicas e universidades.

Nesses 22 anos de atividades, o CENPES contribuiu decisivamente para que a Petrobrás se tornasse uma empresa tecnologicamente forte, ocupando um lugar de destaque entre as mais avançadas companhias de petróleo.

Rio de Janeiro. É um conjunto de 16 prédios e construções auxiliares, que totalizam cerca de 44.000 m² de área construída e onde se aloja a maior parte de seus quase 1600 empregados, dos quais 760 são portadores de títulos universitários.

Como resultado de sua intensa atividade, o CENPES



...TANTO BATE ATÉ QUE FURA

Pistas interditadas, estruturas comprometidas, pontes e viadutos ameaçados. Uma situação crítica e de alto risco para os milhares de cariocas que transitam de um ponto a outro da cidade. O insistente inimigo que o Rio de Janeiro enfrenta há anos tem o poder de um super-herói e é invisível à distância: a corrosão. Ela ocorre tanto em pequenas peças — implantes ortopédicos —, como em componentes de foguetes e naves espaciais. É através da interação com um meio dado, líquido ou gasoso, que o material sólido vai sendo destruído e o forte cede aos caprichos do fraco.

Hoje em dia já estão cadastradas 54 formas de corrosão, que podem ser caracterizadas em duas grandes famílias: a generalizada e a localizada. A primeira ataca indistintamente qualquer parte da superfície do material, enquanto a localizada danifica a peça em pequenos pontos, estrago suficiente para fragilizá-la e ocasionar a quebra naquele local. Alguns miligramas de aço perdidos podem prejudicar uma estrutura de dez toneladas.

A maioria dos processos de corrosão é de natureza eletroquímica. A atmosfera, a água, o solo e os produtos químicos são os mais frequentes meios corrosivos. Todo cuidado é pouco quando se trata de corrosão atmosférica em locais onde a umidade relativa alcança valores superiores a 80%, como é o caso do Rio de Janeiro. Não só os fatores climáticos intervêm nesse tipo de corrosão. A natureza e o teor dos poluentes atmosféricos também interferem no processo. Fenômenos como o da chuva ácida, comum em regiões de grande concentração industrial, vêm sendo motivo de discussão (ver 'Acidez na chuva', em *Ciência Hoje*, n.º 34).

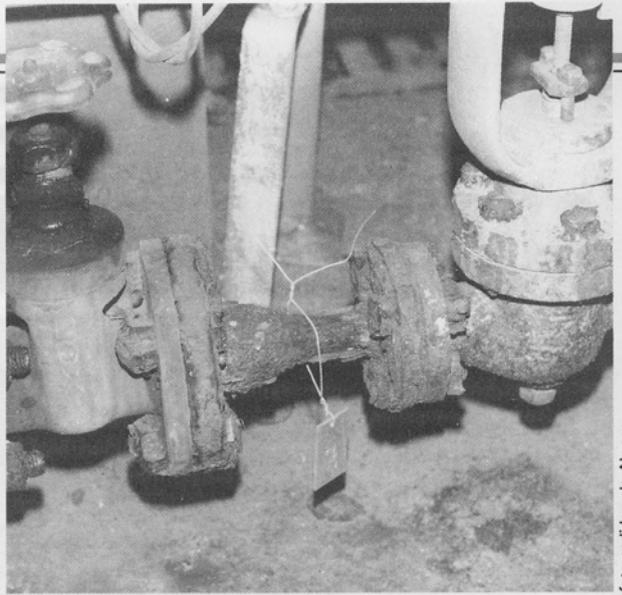
Impurezas contidas na água, tais como sais e gases dissolvidos, são determinantes para a aceleração do processo de corrosão em estruturas metálicas, equipamentos e tubulações. A temperatura e o pH da água também devem ser considerados como fatores intervenientes, assim como matéria orgânica, bactérias, algas e fungos que se encontram no meio. No mundo subterrâneo, o pH do solo, umidade, porosidade, condutividade elétrica e presença de sais e bactérias funcionam como agentes de corrosão das estruturas enterradas.

— O conhecimento desses parâmetros é indispensável ao profissional — comenta Leonardo Uller, presidente da Associação Brasileira de Corrosão (Abraco) — para que proceda à escolha adequada do material, incluindo no seu projeto as medidas preventivas e de controle da corrosão. Essa, no entanto, não parece ser uma regra para todos os projetos brasileiros. O estado do elevador do Joá — que liga a Barra da Tijuca a São Conrado —, em reparações há alguns meses, prova que os oito milhões de dólares (aproximadamente 1,5 bilhão de cruzados) previstos para a recuperação da obra poderiam ter sido poupados se o projeto original tivesse sido feito com maior cuidado.

Segundo Luiz Roberto de Miranda, professor do programa de metalurgia da Coordenação de Programas de Pós-Graduação em Engenharia (Coppe) da UFRJ, essa não tem sido uma preocupação das universidades. Ele considera o ensino de corrosão catastrófico, pois não está inserido nos currículos das escolas de engenharia, com raras exceções.

Já em novembro de 1985, com o desabamento do viaduto Faria—Timbó, que liga a avenida Brasil à avenida dos Democráticos, Miranda alertava para a necessidade de se fazer um levantamento das condições das demais estruturas da cidade do Rio de Janeiro, principalmente as que tinham mais de 20 anos. Constatou-se na época que o vão central do viaduto estava com os vergalhões completamente corroídos pela ferrugem e o concreto apresentava manchas de umidade, algumas com coloração ferruginosa. Acidentes como esse só serão evitados com uma monitoragem na infra-estrutura, obras de reforço, reinjeção de concreto, substituição de placas ou mesmo incluindo formas de prevenção contra a corrosão para as futuras obras.

São várias as medidas que podem ser tomadas para evitar a corrosão. Em primeiro lugar, deve ser feita uma seleção criteriosa dos materiais usados. Revestimentos metálicos, inorgânicos e orgânicos — tin-



A corrosão generalizada ataca qualquer parte do material.

tas, vernizes etc. —, funcionam como uma camada que isola o meio do material. Assim também a proteção eletroquímica — catódica e anódica — e o emprego de inibidores contribuem para uma maior preservação da matéria exposta.

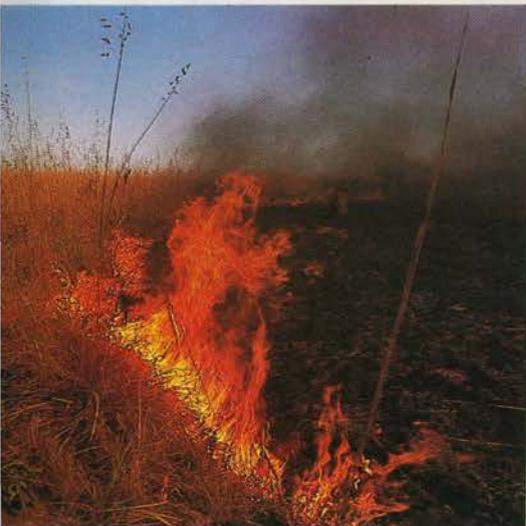
As informações levantadas durante a seleção de materiais dependem de uma série de fatores inerentes ao tipo de meio corrosivo a que o material será submetido e ao tipo de aplicação desejada, se para fins decorativos, estruturais ou para a fabricação de componentes de um equipamento ou planta industrial. Uma resposta óbvia, do ponto de vista puramente técnico, é a utilização de materiais mais resistentes. No entanto, a resistência à corrosão não é a única propriedade a ser considerada — ressalta o presidente da Abraco. A seleção final deve ter como base um compromisso entre outras especificações técnicas, como a resistência mecânica e a soldabilidade.

Grandes somas de dinheiro são gastas por ano para solucionar os problemas causados pela corrosão. Nos países mais desenvolvidos os custos variam de 3 a 4% do Produto Nacional Bruto (PNB). Recente avaliação nos Estados Unidos indicou que em 1985 os gastos com a corrosão foram da ordem de 165 bilhões de dólares. Cifras tão elevadas, assim como os riscos a que a população se submete, vêm preocupando a comunidade científica. Com a intenção de abrir um novo espaço para essa discussão, foi escolhido o tema 'Novos materiais para proteção contra corrosão em aços de baixa liga' para o prêmio Jovem Cientista 88. O objetivo do prêmio é incentivar, entre os jovens, a pesquisa científica e tecnológica no Brasil.

Alicia Ivanissevich
Ciência Hoje, Rio de Janeiro

A AGONIA DE UM PARQUE

O Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF) espera que até o final deste ano possa contar com uma avaliação dos impactos ambientais causados pelo incêndio que, entre os dias 31 de julho e 4 de agosto passados, queimou 65% do Parque Nacional das Emas, aproximadamente 80 mil hectares, segundo estimativa do próprio IBDF. Para apresentar conclusões sobre as causas do incêndio, num prazo de 60 dias, constituiu-se no início de agosto uma comissão de inquérito sob a responsabilidade da Delegacia Regional do IBDF em Goiânia. Paralelamente, uma comissão técnica — sem prazo fixo para concluir seus trabalhos e composta por representantes do IBDF, da Secretaria de Meio Ambiente de Goiás, da Universidade Federal de Goiás e da Universidade Católica de Goiás — foi encarregada de fazer um levantamento dos prejuízos ecológicos.

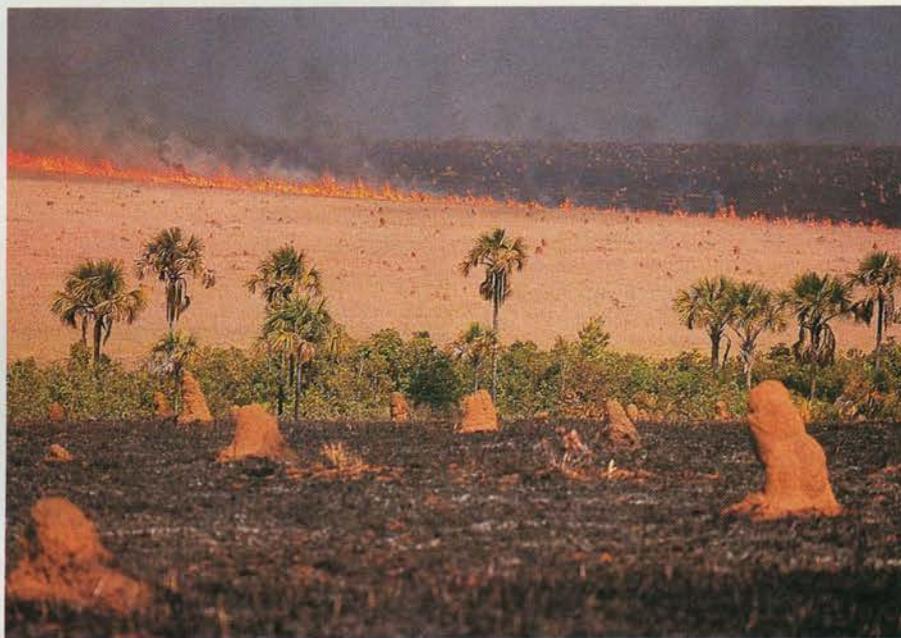


Sem um parecer técnico, o IBDF diz que não tem como caracterizar, oficialmente, os danos que o fogo causa ao parque, embora o delegado regional, João Raimundo Costa Filho, tenha declarado à imprensa que o Parque das Emas levará cinco anos para se recuperar do que chamou de “segundo maior desastre ecológico do Brasil”. Na sua opinião, o maior acidente ecológico ocorrido no país foi outro incêndio, no mesmo Parque Nacional das Emas, em 1983. Ou seja: mal a área reservada se recuperava de uma catástrofe, já era novamente arrasada por outra. Opiniões como a de Costa Filho, no entanto, são pouco

consideradas por especialistas, que acusam os delegados regionais do IBDF e os diretores dos parques nacionais de pouco visitarem as unidades de conservação e de mantê-las em situação de abandono, não observando sequer precauções mínimas como, no caso de Emas, a realização correta de aceiros (faixas limpas de capim e queimadas, onde o fogo não se propaga).

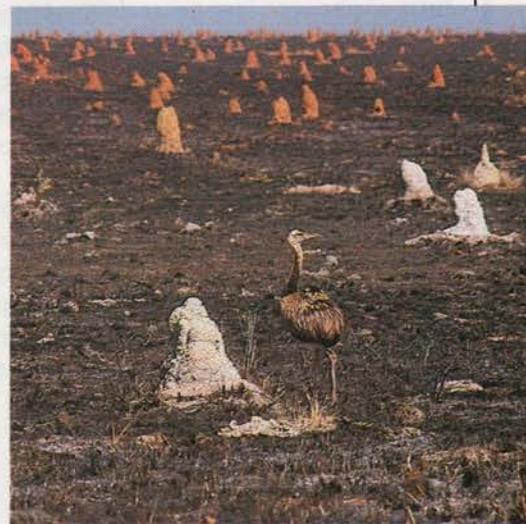
Maria Tereza Jorge de Pádua, presidente da Fundação Pró-Natureza (Funatura) e ex-diretora de parques do IBDF, acredita que os dois grandes incêndios ocorridos no

O biólogo Eduardo Kunze Bastos, também da Funatura e ex-funcionário do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, foi um dos técnicos que, em 1978, participaram da elaboração do Plano de Manejo do Parque Nacional das Emas, ao lado de um especialista internacional no assunto, o alemão Goetz Schuerholz, ecólogo especialista em vida silvestre e consultor do World Wildlife Fund (WWF), que passou três meses no Brasil com vistas a atender a um contrato com o IBDF, para propor medidas específicas em relação ao ▶



Em pouco mais de 45 dias foram incendiados o Parque Nacional das Emas, o de Itatiaia, a serra do Caparaó e as chamadas devoraram e devoram boa parte do Pará, Amazonas e Rondônia. À esquerda, a linha de fogo avançado sobre a vegetação seca; acima, o início da destruição da vereda do Buriti Torto (ambos no Parque das Emas). À direita, a ema (*Rhea americana*) procurando comida, onde já foi seu santuário ecológico.

Parque das Emas poderiam ter sido evitados simplesmente se tivesse sido posto em prática o Plano de Manejo que ela deixou pronto em 1982, ao demitir-se do órgão. Esse plano recomenda, entre outros cuidados, a abertura de uma malha de aceiros. A execução do projeto permitiria até o manejo pelo fogo de algumas áreas, para o rebrotamento de gramíneas, sem o risco de acidentes.



fotos Luiz Claudio Marigo

parque. Impresso em 1981, o Plano de Manejo de Emas jamais foi executado.

— É por atitudes como essas que os peritos estrangeiros se referem aos parques nacionais brasileiros como *paper parks*, ou seja, parques que existem apenas no papel — afirma Kunze Bastos. Doutor em biogeografia pela Universidade de Saarland (Alemanha Federal), Kunze aponta um agravante a mais para os perigos de fogo em parques como o das Emas: a falta de alternativas para fuga dos animais em situações de pânico. Por estar inteiramente rodeado de fazendas, o Parque das Emas foi cercado com arame farpado. Trata-se de um mal necessário, se considerada a situação fundiária, mas de uma prisão para os animais que, ao tentar fugir dos grandes incêndios, não encontram saída e se ferem nas farpas. Sem a cerca, no entanto, o gado invadiria o parque.

O IBDF nega que o Parque das Emas não tenha saído do papel e informa que há um aceiro ao longo do perímetro da área reservada, numa extensão de 650 quilômetros, cuja largura varia de quatro a 12 metros. Não tem como negar, porém, a precariedade da fiscalização: são apenas quatro funcionários para uma área de 131 mil hectares. Na opinião da presidente da Funatura, aceiros de quatro a 12 metros de largura, numa região como a de Emas, são inúteis. Maria Tereza Jorge de Pádua, que é engenheira agrônoma com especialização em vida silvestre pela Universidade de Michigan, diz que somente aceiros de 60 a 80 metros de largura poderiam deter o fogo numa área onde venta muito, como é o caso do Parque das Emas.

Tudo indica que Maria Tereza tem razão, pois reconhecidamente o próprio IBDF admite que o fogo que se alastrou pelos cerrados teve origem numa das queimadas em fazendas, freqüentes nos meses de seca. Os aceiros periféricos não foram, portanto, eficazes para evitar a propagação do incêndio para dentro da área. A vantagem de uma rede interna de aceiros é que mesmo com o fogo adentrando o parque ele esbarraria neles. Sempre ressaltando que o fogo no cerrado é uma questão polêmica em termos ecológicos, Maria Tereza — que durante 18 anos trabalhou no Departamento de Parques do IBDF — arrisca-se a falar em prejuízos ecológicos causados pelos incêndios no Parque das Emas. Na sua opinião, não é necessário esperar relatórios para saber que incêndios dessas proporções provocam mudanças na vegetação e redução da população faunística. Ela assinala

ADEUS AOS VAGA-LUMES

“O capítulo da Constituição que versa sobre a defesa da fauna e da flora não inclui o cerrado, onde se desenvolvem a agropecuária e monoculturas extensivas. O que sobrou dos cerrados no país são o Parque Nacional das Madeiras e o Parque Nacional das Emas, que encerram 0,1% da área de cerrado que o Brasil outrora possuía. Há espécies em extinção no cerrado e há também grandes animais, cuja ecologia ainda é desconhecida.” Quem faz essas declarações e essas reclamações é Etelvino José Henriques Bechara, atualmente professor adjunto do Departamento de Bioquímica do Instituto de Química da Universidade de São Paulo e presidente da Sociedade Brasileira de Química.

A primeira das sete visitas de Bechara ao Parque Nacional das Emas, em 1982, foi por conta de um projeto de pesquisa sobre bioluminescência de vaga-lumes. O vaga-lume *Pyrearinus termitilluminans*, que ele foi estudar, só existe naquela região. Suas larvas se desenvolvem em cupinzeiros, também ocupados por outros animais (aracnídeos e escorpionídeos, entre outros). Os cupinzeiros se tornam luminescentes com a presença das larvas. Este, segundo Bechara, é um espetáculo

que só se pode apreciar em poucos lugares no mundo. No Brasil ele fica cada vez mais restrito ao Parque Nacional das Emas, já que o plantio de soja na região prejudica o crescimento dos cupinzeiros (ver ‘Cupinzeiros luminescentes’, em *Ciência Hoje*, nº 16, p. 92).

— Quando o parque foi criado, em 1961, pelo presidente Juscelino Kubitschek, abrangia as nascentes dos afluentes dos rios Formoso e Jacuba, que atravessam suas terras ao norte e ao sul, respectivamente — conta Bechara. — Eram terras devolutas da União. Mas em 1972 o general Médici baixou decreto-lei redefinindo a área e excluindo dela alguns daqueles afluentes. A situação atual é muito grave: há nascentes de rios nas plantações de soja vizinhas, o que traz agrotóxicos e poluição para dentro do parque. Era comum encontrar sacos e latas de agrotóxicos no interior da reserva.

— O que mais me escandalizava — continua — é que as plantações iam até a cerca do parque. Alguns terrenos vizinhos eram arados, provocando erosão. Outro problema são os caçadores clandestinos. Eu mesmo cheguei a perseguir de carro alguns caçadores que estavam car-

que algumas áreas do parque são hoje campo limpo, quando no passado eram cerrados. E exemplifica com o trecho situado entre a ponte do rio Formoso e o interior da reserva. O desaparecimento de árvores frutíferas tem como conseqüência a redução de alimentos para os animais que delas dependem.

Teoricamente, o fogo controlado traria benefícios, em termos de alimentação, para algumas espécies, como as emas que dão nome ao parque, as codornas, perdizes e veados. O mesmo não se poderia dizer em relação aos tamanduás, porcos-do-mato e queixadas. As discussões a respeito das vantagens e desvantagens ecológicas do fogo e de manejos com ou sem fogo parecem ociosas, quando, na realidade, a maior parte das unidades de preservação existentes no país não tem planos de manejo de qualquer tipo por falta de recursos. “Mais do que isso” — afirma Maria Tereza —, “falta uma política que considere a conserva-

ção da natureza tão importante quanto a de qualquer outro setor, a exemplo da eletricidade e das telecomunicações”.

De fato, o grande drama do IBDF é a falta de recursos financeiros e humanos. Mesmo nos tempos áureos da instituição, as verbas mais polpudas iam para o reflorestamento, beneficiando indústrias privadas que recebiam também incentivos fiscais, embora geralmente reflorestassem com eucalipto, o que é sabidamente desaconselhável do ponto de vista ecológico. Agora, nem uma coisa nem outra, já que o IBDF foi incluído na política de cortes promovida pela ‘operação desmonte’. O próprio secretário-geral do IBDF, engenheiro florestal José Carlos Carvalho, reconhece que atualmente uma operação de salvamento do Parque Nacional das Emas teria que, necessariamente, contar com o apoio da população e das associações ambientalistas, pois se ficar apenas por conta de um órgão cada vez mais desprestigiado

regando um veado morto por eles. Esses caçadores fazem queimadas clandestinas dentro do parque para provocar o surgimento de brotos e assim pegar os animais atraídos pela vegetação nova. Desta forma, ocorre a predação de uma flora e de uma fauna riquíssimas, praticamente sem estudo.

— Os caçadores clandestinos — diz Bechara — são médicos, advogados, juizes, fazendeiros vizinhos, gente de influência política. O diretor do parque uma vez me mostrou uma carta, que não sei se ele mostraria à imprensa, sobre um caso em que os funcionários do parque apreenderam uma arma e o IBDF mandou devolvê-la.

Ele elogia o Plano de Manejo encomendado pelo IBDF: “Prescreve medidas corretíssimas, só que não é seguido”, e acrescenta:

— O parque tem 131 mil hectares, cuidados por apenas quatro pessoas jogadas às traças, sem material de primeiros socorros, sem soros antiofídicos para as muitas espécies de cobras que lá existem, sem transporte para os seus filhos irem à escola, sem nenhuma infra-estrutura. A meu ver, três medidas são imprescindíveis: reconquistar a área original, retirando as plantações dos afluentes do Formoso e do Jacuba; contratar e treinar ade-

quadamente mais funcionários; criar infra-estrutura de proteção contra o fogo.

Diz Bechara que a ecologia do cerrado inclui o fogo (“há muita gramínea no parque, é natural que haja incêndios”), só que se leva muito tempo para recuperá-lo. Ele afirma que para o manejo do fogo é necessário que o IBDF providencie a compra de uma motoniveladora (para manter limpos os 682 km de aceiros), um carro-pipa e um trator.

— Para proteção contra incêndios provocados e agrotóxicos, teria que ser criada uma zona tampão de dois quilômetros a contar da cerca, onde o plantio não seria permitido. Há também 30 quilômetros de cerca margeados por estradas. Essa área tem que ter telas profundas, para prevenir a fuga e a morte dos animais pelos carros.

Em dezembro de 1986 Bechara mandou uma carta ao presidente da República — um documento que chamou de ‘SOS Parque das Emas’ —, acompanhada de fotografias e pedindo medidas urgentes. Não recebeu resposta. Mandou outra, em 1987, “apelando para o espírito poético do presidente”, que também ficou sem resposta. Tempos depois, já este ano, recebeu uma carta do IBDF com todo o material que mandara ao presidente. O IBDF dizia que concordava com tu-

do, lamentava a situação mas não tinha recursos para melhorá-la.

— Fiquei frustrado e decidi usar a reunião anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) para fazer minhas denúncias em defesa do parque. Em julho a Sociedade Brasileira de Química aprovou moção acusando a Presidência da República de omissão com relação ao parque e responsabilizando-a pelos males que este viesse a sofrer. Essa moção foi aprovada pela assembléia geral da SBPC. E nessa ocasião fundamos a Associação em Defesa do Parque Nacional das Emas, que se propõe a estudar, divulgar e proteger o parque.

O deputado Fábio Feldman, que participou da criação da associação, acha que a proteção deve ser dada através de associações específicas para cada parque, e não de uma geral, para todos eles. Como consequência da criação da associação e, logo em seguida, do incêndio no parque, surgiram vários grupos de defesa, até mesmo em escolas secundárias paulistas. Essas associações vão entrar na justiça com uma ação civil pública contra o IBDF, responsabilizando-o pela situação do Parque Nacional das Emas.

Fernando Ferreira,
Ciência Hoje, São Paulo

em termos de orçamento, como é o caso, os resultados serão desastrosos.

Informa José Carlos Carvalho que nos últimos cinco anos o IBDF perdeu em torno de dois mil funcionários, passando de um quadro de 5.500 empregados para 3.500. Para o ano de 1988, o instituto contou com um orçamento de oito bilhões de cruzados, dos quais a metade foi aplicada em manutenção e custeio. Dos quatro bilhões restantes, dois foram destinados aos parques, o que dá menos de 200 cruzados de investimento por hectare, e constitui uma situação insustentável.

Entende o secretário-geral do IBDF que os governos criaram uma rede de parques nacionais em virtude das pressões da opinião pública, cada vez mais sensibilizada para a questão ambiental, mas não chegaram a prover as condições reais de implantação dessas unidades de conservação.

— O correto seria que o decreto de criação de um parque já definisse de antemão

a alocação garantida de recursos humanos e financeiros, bem como a sua regularização fundiária — afirma José Carlos Carvalho, ao mesmo tempo em que manifesta a esperança de que, à medida que a própria população cobre ao governo a implantação efetiva dos parques, esse quadro mude de figura. Ele vê como indicadores de uma nova fase de pressões populares o surgimento de numerosas entidades civis que lutam pela conservação do meio ambiente e o fato de que a Constituinte, independentemente de tendências político-partidárias, dedicou uma atenção sem precedentes à preservação da natureza.

Como admite José Carlos Carvalho, já é tempo de o IBDF revisar seu papel de gestor de incentivos fiscais e passar a gerenciar o patrimônio ecológico, tomando a iniciativa de acabar com o confronto inócuo que tem caracterizado a oposição entre órgãos públicos e movimentos ambientalistas. Ele entende que a participação volun-

tária das associações ecológicas pode ter um papel muito importante numa das linhas de ação do IBDF, que é a educação ambiental, e observa:

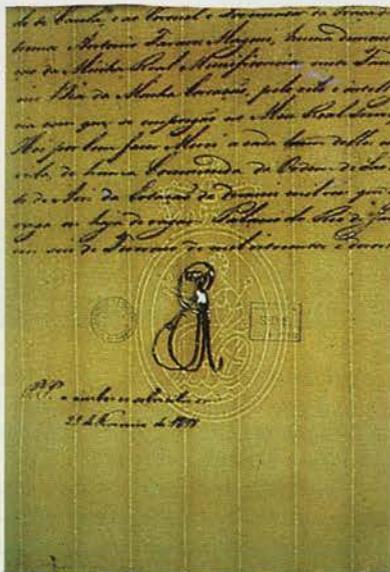
— Quase todos os relatórios sobre incêndios em parques indicam que eles têm começado em áreas vizinhas. Há, portanto, todo um trabalho a ser feito junto às comunidades, paralelamente à implantação de um sistema de prevenção e controle de incêndios. Os próprios fazendeiros poderiam compartilhar com os parques os aceiros perimétricos, se compreendessem que os parques não são do IBDF mas da sociedade, e que o IBDF é apenas o órgão gestor. Esta seria também uma forma de se combater o fogo na sua origem. Se não for assim, pouco adianta aplicar mais recursos na aquisição de equipamentos contra incêndios.

Luiz Martins
Ciência Hoje, Brasília

PAPÉIS QUEBRADIÇOS AMEAÇAM MEMÓRIA NACIONAL

O mau estado de preservação muitas vezes dificulta e até torna impossível o acesso aos documentos históricos. Um recente levantamento sobre as condições de conservação do acervo do Arquivo Nacional detectou mais de 500 mil documentos em adiantado processo de deterioração. O principal problema desses documentos é a acidez que ataca a celulose, deixando os papéis escurecidos e quebradiços. A acidez pode ser interna (originária do processo de fabricação) e externa (adquirida pela ação de microorganismos, poluentes e tintas, entre outros materiais).

fotos Ingrid Beck

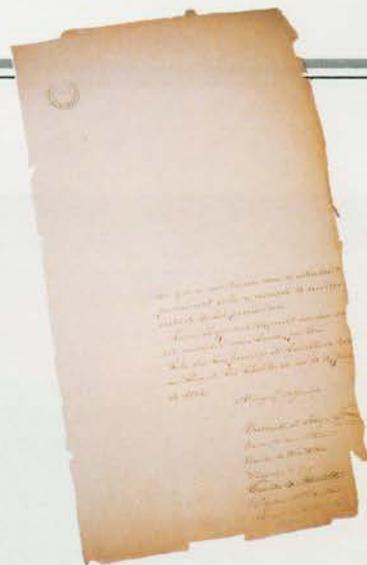


Papel manufacturado de alta durabilidade, com danos causados pela acidez da tinta. A fotografia subiluminada mostra a marca-d'água.

Diferentes dos papéis antigos, confeccionados até a metade do século XIX com técnicas quase artesanais e fibras nobres, como algodão e linho, os papéis de escrita modernos são obtidos a partir de fibras de madeira. A purificação da celulose de madeira requer processos químicos agressivos, resultando em papéis de baixa resistência e, o que é pior, encolados com produtos ácidos. Por essas razões, os papéis modernos são pouco duráveis desde sua produção.

Em regiões tropicais, onde costuma ser significativa a umidade do ar, as reações físico-químicas ocorrem com maior intensidade, acentuando a acidez já presente nos papéis e acelerando sua deterioração. Nas áreas urbanas e industriais, os ácidos nitrosos e sulfurosos existentes na atmosfera precipitam-se sobre estes materiais, propiciando novas reações nocivas. As poeiras, vistas em geral com certa benevolência, são, na verdade, depósitos de poluentes químicos e de esporos de microorganismos. Como a poeira é higroscópica (isto é, tem grande afinidade pelo vapor de água), atrai para si a umidade, possibilitando as reações químicas e o desenvolvimento de colônias de microorganismos que, em seu processo de crescimento, desenvolvem também diversos ácidos que agrirem a celulose.

Desde sua fabricação, portanto, o papel passa por um curso gradual de acidificação, cujo limite é o rompimento das cadeias de moléculas da celulose — fenômeno que se apresenta pelo aspecto escurecido e quebradiço. Como o processo é irreversível, os conservadores vêm-se na contingência de exercer uma ação imediata a fim de evitar a perda total dos documentos.



Papel moderno com sintomas de grande acidez e conseqüente fragmentação.

O tratamento mais recomendado para o controle da acidez nos papéis realiza-se por meio de imersão em soluções levemente alcalinas, de cálcio ou de magnésio. O banho retira uma série de impurezas e componentes químicos nocivos que contribuem para a acidificação. O papel lavado ganha uma tênue reserva alcalina (pH 7,5), ficando protegido contra as agressões do ambiente, além de contar com maior flexibilidade pela formação de novas pontes de hidrogênio entre a estrutura da celulose. Ao final, é feita uma encolagem com produto inócuo, de modo a controlar a higroscopia e garantir maior resistência física.

As condições de durabilidade conferidas aos documentos assim tratados dependem de um rigoroso controle dos processos empregados, bem como da qualidade dos materiais utilizados (papéis, adesivos etc). A necessidade de importação da maioria des-



Grupo de documentos modernos (em torno de 1930) já em estado quebradiço.

ses produtos, uma vez que não há no país similares satisfatórios, dificulta e retarda a restauração de nossos acervos documentais.

Perdas ou fragmentações ocorridas no suporte são reconstituídas por diferentes técnicas, manuais ou mecânicas, de acordo com o problema apresentado. Contudo, nem mesmo a restauração do suporte do documento, nos casos de fragmentação, é capaz de recuperar a perda da escrita. Por isso a reparação de um documento, quando necessária, não deve tardar.

Enquanto observamos documentos modernos em franco processo de deterioração, outros têm resistido centenas de anos por possuírem papéis de melhor qualidade. A conservação em condições ambientais adequadas garante a longevidade. Para aumentar o tempo de vida dos documentos já produzidos com papéis de má qualidade, arquivos e bibliotecas devem adotar uma série de medidas profiláticas.

Como forma preventiva para a preservação dos acervos em papel, faz-se necessário, antes de tudo, o controle da umida-



Papel manufaturado de alta durabilidade em estado quebradiço, apresentando forte acidez por ação de tintas, umidade e microorganismos.

de excessiva do ar. São aconselháveis, em termos internacionais, índices estáveis de 50 a 55% de umidade relativa e de 20 a 25°C de temperatura. Estes índices não podem sofrer oscilações bruscas. Em regiões muito úmidas, o controle no interior dos edifícios só pode ser feito por meio de máquinas próprias, sendo que a grande dificuldade é a extração da umidade em níveis

aceitáveis. Os prédios que abrigam arquivos e bibliotecas devem situar-se em locais secos, distantes do mar e dos rios, e também de áreas industriais e de intenso tráfego. Caso contrário, recomenda-se o uso de filtros especiais para o controle da poluição externa.

As embalagens e materiais empregados para guarda e proteção de documentos devem ser de substância inócua. Objetos metálicos, adesivos e papéis ácidos transferem por contato elementos químicos nocivos.

Para a preservação do nosso acervo documental, é necessária uma consciência maior dos governantes quanto ao uso de papéis de qualidade nos documentos que produzem. Os fabricantes de papel brasileiros, atualmente em posição de liderança internacional, possuem tecnologia para a realização de uma linha de papéis de melhor nível para documentos e livros. Disso depende em grande parte a preservação da memória cultural brasileira.

Ingrid Beck

Arquivo Nacional



Colaboração desse veado.

Ecologia é coisa de veadinhos. E de macaquinhos, de antinhas, de papagaiozinhos, de ararazinhas e também de manacás, pau-ferros, palmeiras, xaxins e toda a fauna e flora que habita nossas matas e que pede o direito de sobreviver. Mas que a devastação está fazendo desaparecer. Veja o caso da Mata Atlântica, por exemplo, essa maravilhosa massa de verde que acompanha o litoral brasileiro de Porto Alegre a Natal. Mais de 90% dessa mata já foi destruída e o restante corre o risco de desaparecer até o ano 2000, se não tomarmos providências agora. Juntando suas forças ao S.O.S. Mata Atlântica, um grupo de idealistas que não se deixa intimidar por dificuldades, xingamentos e ameaças, você pode conscientizar as autoridades sobre a importância da Mata Atlântica e adotar ações concretas para evitar sua destruição. Inscreva-se pelos telefones (011) 887.1195 e 887.0559 e dê sua contribuição depositando o que desejar na conta nº 00090-0, agência 0183 do Banco Itaú. Senão, daqui a pouco, ficaremos sem os veadinhos, sem o verde, sem o azul, sem o amarelo. Av. Brig. Luiz Antônio, 4442 - 01402 - São Paulo - SP. FUNDAÇÃO S.O.S. MATA ATLÂNTICA

ARQUEÓLOGOS EM AÇÃO NA BAHIA

Foi a partir da descoberta de numerosas e variadas manifestações de arte rupestre nas regiões semi-áridas, há pouco mais de dez anos, que a arqueologia brasileira começou a merecer consideração no exterior. Até então as datas conhecidas eram inferiores a 10000 a.C. e os dados anteriormente obtidos, ainda elaborados de forma exploratória, referiam-se exclusivamente a culturas e tradições regionais de populações caçadoras, coletoras ou agricultoras. Os arqueólogos mantinham-se no nível da discussão interna, especulando sobre construções em que nada de novo se acrescentava ao já firmado nos Estados Unidos e na Europa a respeito da cronologia e das condições de povoamento do Novo Mundo.

Desde aquelas descobertas começaram a ser mencionadas nas revistas internacionais especializadas datas muito antigas para o Nordeste brasileiro, o que se contrapõe à teoria do povoamento americano através do estreito de Bering, tradicionalmente aceita pela sólida comunidade científica norte-americana e também em parte pela européia. Dois projetos, especialmente, pleiteiam cronologias longas: o de São Raimundo Nonato, no Piauí, levado a cabo por uma equipe franco-brasileira, e o de Central, na Bahia, com uma equipe basicamente brasileira, mas reforçada por pesquisadores norte-americanos e franceses.

Em ambos os projetos busca-se mostrar a associação do homem com espécies de grandes animais extintos ao fim da última era glacial e pleiteia-se para o Brasil tropical uma evolução semelhante à das demais áreas americanas, com caçadores de megafauna. Até agora a evolução do Brasil tropical era considerada singular, com caçadores generalizados de caça média a pequena. O projeto desenvolvido no Piauí tem datas obtidas com carbono-14 de até 39000 a.C. e extrapolações até de 53000 ou 58000 a.C. para o primeiro povoamento encontrado. O outro grupo divulgou datas entre 20200 e 293000 a.C. para o povoamento na Bahia. Ambas as datações situam o Nordeste brasileiro como mais antigo que o resto da América, sob o ponto de vista do povoamento, pois nem o caminho por onde os primeiros habitantes do continente teriam passado (segundo a teoria tradicional) nem as áreas vizinhas àquela região apresentam por enquanto dados e datas similares.

Projetos arqueológicos espalham-se hoje por quase todo o território brasileiro. As últimas áreas a serem incorporadas são o Mato Grosso do Sul, o Mato Grosso, Rondônia e Roraima. Alguns estados nordestinos, como Ceará, Alagoas e Sergipe, ainda não têm projetos estruturados. No projeto Piauí foram estudados, em longos anos de pesquisa, mais de 250 abrigos pintados e a possibilidade de estabelecer rapidamente datas pleistocênicas é bem mais concreta que na Bahia, onde os projetos, mais re-

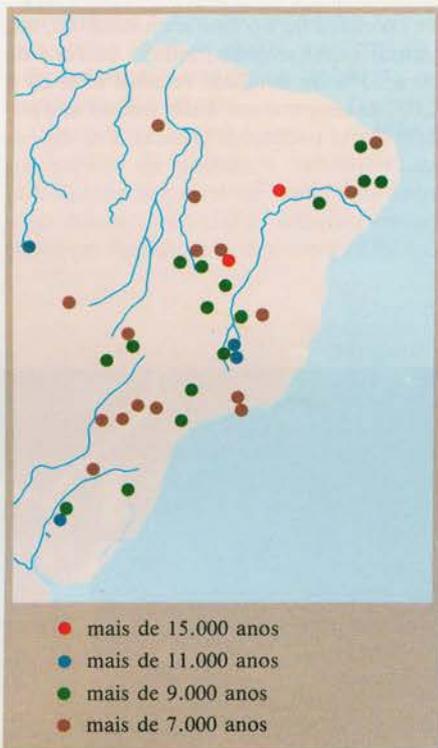
Quando começamos o projeto, nada se sabia sobre a vasta área que abrange o leste de Goiás e o sudeste da Bahia, entre os meridianos de 44 e 46° de longitude oeste de Greenwich e os paralelos de 13 e 14° de latitude sul. Desde 1972 havíamos estudado adaptações humanas pré-históricas aos cerrados e matos do sul e centro de Goiás e estávamos curiosos por investigar se as campinas altas à beira da caatinga teriam sido ocupadas nas mesmas épocas e por igual tipo de população.

Os limites entre Goiás e Bahia, área do atual projeto, são formados por chapadas altas, conhecidas como serra Geral ou Espigão Mestre, que para o lado goiano são escarpadas, e para o lado baiano declinam suavemente em direção ao rio São Francisco. Os municípios percorridos na Bahia (Correntina, Coribe, Santana dos Brejos e Santa Maria da Vitória) são regados por diversos rios que nascem nos altos chapadões e se reúnem no rio Corrente, um dos principais afluentes da margem esquerda do São Francisco.

Não existem na região grutas, cavernas ou abrigos que pudessem atrair o homem para longas permanências. Em consequência, encontramos um número regular de sítios arqueológicos a céu aberto, quase todos de caçadores nômades, geralmente do IX ao VI milênios a.C. Esses caçadores acampavam nas proximidades dos rios e dos afloramentos de sílex ou arenito silicificado, única fonte local de matéria-prima para seus instrumentos lascados.

Nas suas cotas mais baixas, os rios alcançam formações calcárias da série Bambuí. São solos bons mas grandes filtradores de água, e nas suas bordas semi-áridas começam a desenvolver-se as caatingas, bastante altas e densas, com frutas e caça abundantes. Na serra do Ramalho e suas proximidades existem numerosas grutas calcárias com sumidouros que levam a rios subterrâneos. Oferecem bom refúgio e convidam a acampar em anos sucessivos. A maior parte dos sítios por nós localizados estão em abrigos ou grutas com disponibilidade de águas subterrâneas ou perto de rios. São freqüentes as ocupações desde pelo menos 7000 a.C. até há alguns séculos. Encontramos camadas arqueológicas às vezes espessas e paredes recobertas de pinturas em vários estilos.

Ao classificar os materiais recuperados nos diversos sítios, relacionando-os com as



Áreas arqueológicas com datas acima de sete mil anos ou mais são comuns no Brasil.

centes, se desenvolvem em ritmo menos intenso. Trabalhos de campo foram realizados na serra Geral entre 1981 e 1985. As informações e materiais ali coletados desde então vêm sendo analisados. A equipe, interdisciplinar, reúne arqueólogos, geógrafos e biólogos do Instituto Anchieta de Pesquisas/Unisinos e do Instituto Goiano de Pré-História e Antropologia/Universidade Católica de Goiás, sob o patrocínio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, da Secretaria do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional e da Smithsonian Institution.

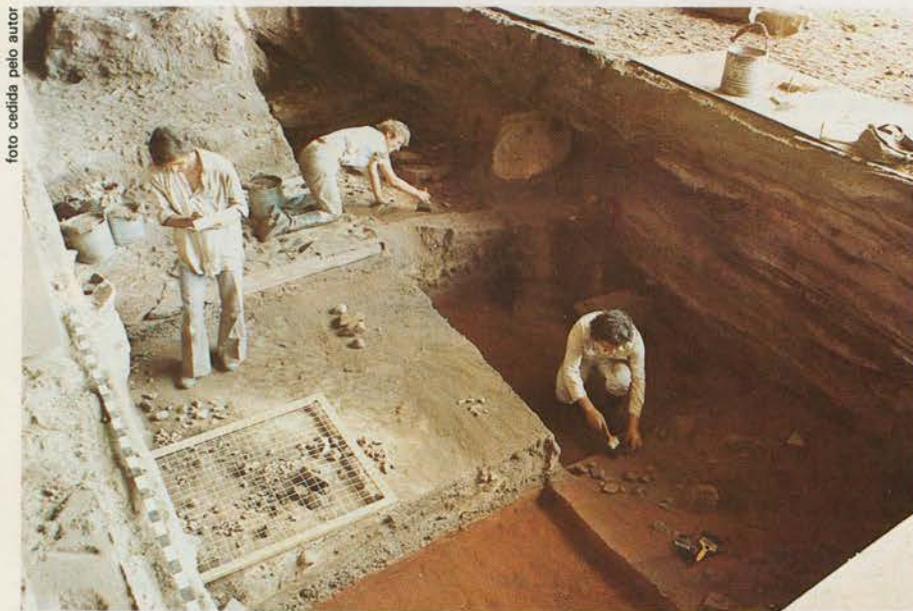


foto cedida pelo autor

À medida que os arqueólogos vão aprofundando as escavações, aparecem as sucessivas camadas de cinzas dos acampamentos indígenas que ocuparam a área em épocas remotas.

tradições de áreas já estudadas, verificamos que não se trata propriamente de culturas novas, mas de novas formas de adaptação. As mais recentes datam de cerca de 1000 d.C. e pertencem às tradições Tupi-guarani e Una, talvez descendentes de populações caçadoras. Recuando na história, segue-se um período desconhecido quanto à ocupação humana no local, datável de cerca de 4000 a.C. até o início da era cristã. A erosão verificada nas camadas normalmente secas dos abrigos durante período posterior a 4800 a.C. parece atestar que por cerca de dois mil anos a região recebeu maior quantidade de chuva e calor. Desta forma, os abrigos mostram que foram outrora menos secos e a vegetação mais densa.

De 5000 a 7000 a.C. temos novamente populações humanas nos mesmos abrigos, comendo moluscos e caça. Mas não só nos abrigos calcários: também na beira dos rios e no cerrado de solos arenosos. Acampavam junto aos afloramentos de sílex e arenito silicificado. Seus artefatos, lascados em pedra, são muito peculiares e os identificamos com um horizonte cultural que se estende por todo o cerrado a partir de 9000 a.C. e que os arqueólogos denominam 'tradição Itaparica'. Nas áreas de mais intensa pesquisa (sudoeste de Goiás), esses habitantes foram identificados como caçadores que se alimentavam de toda espécie de animal que encontravam: veados, capivaras, pacas, macacos, tatus, tartarugas ou pequenos peixes fluviais, mas não de moluscos

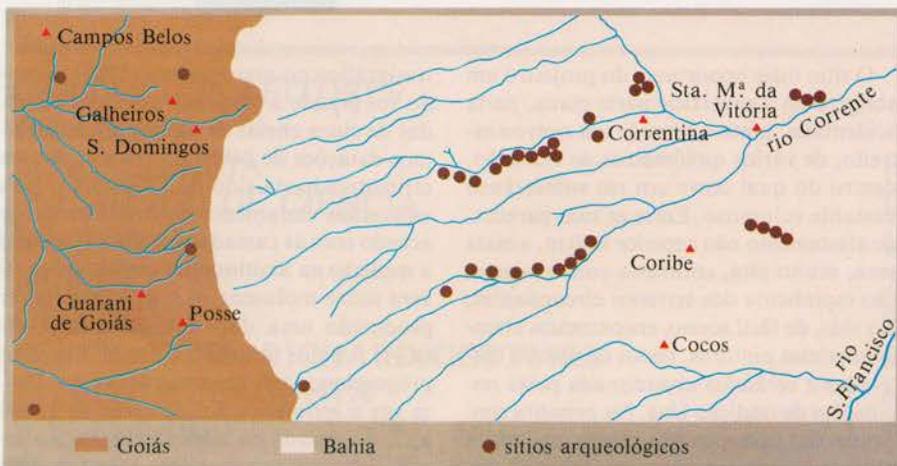
terrestres. Nos cerrados da serra Geral podemos supor uma dieta semelhante, ao passo que nas grutas calcárias os habitantes pré-históricos comiam também — e talvez até predominantemente — esses moluscos.

Num dos sítios mais característicos, à margem esquerda do rio Pratudão, afluente do Formoso, encontramos uma imensa área de mineração pré-histórica de arenito silicificado muito fino, de cor branca, com espessas camadas de refugo, no qual todo o processo de produção pôde ser reconstituído: blocos com cinquenta ou mais centímetros de diâmetro eram destacados de uma espessa laje, transportados para a chapada que a cobria e ali retalhados. Em cen-

tenas de círculos com 150 a 200 cm de diâmetro, que marcam os locais de retalhamento, encontravam-se na posição original as lascas e os artefatos refugados na produção, bem como os núcleos de pedra imprestáveis. Como esse era predominantemente um sítio de produção de instrumentos, a maior parte dos artefatos deve ter sido levada daí para acampamentos de caça, pesca ou coleta, na beira do rio ou do cerrado, onde é difícil encontrá-los.

Até aqui falamos de artefatos de pedra e restos de comida. Nada dissemos sobre esqueletos humanos, porque nos cortes experimentais do solo, realizados em sítios a céu aberto e nas grutas e abrigos rochosos, eles não aparecem. Não é fácil encontrar esqueletos humanos, nem mesmo os mais recentes, e com isso uma das questões básicas da pré-história fica prejudicada. Na primeira ocupação do planalto, solidamente documentada a partir de 9000 a.C., raríssimos restos esqueléticos humanos foram registrados, e ainda assim em péssimas condições. Só a partir de cerca de 6000 a.C. eles se tornam mais freqüentes, talvez porque só então se tenha generalizado o costume de enterrar os mortos.

Outro dado importante são os sinais gravados e pintados nas rochas. Junto aos sítios a céu aberto, no médio rio Correntina, encontramos pequenos sinais riscados em lajedos que agora estão submersos. Os mais característicos são semelhantes a pisadas de aves, e não sabemos se vêm dos caçadores antigos ou de populações mais recentes. Nos abrigos e grutas calcárias localizamos sobretudo pinturas feitas com pigmentos minerais, que cobrem os espaços aplanados ao alcance da mão e tam-



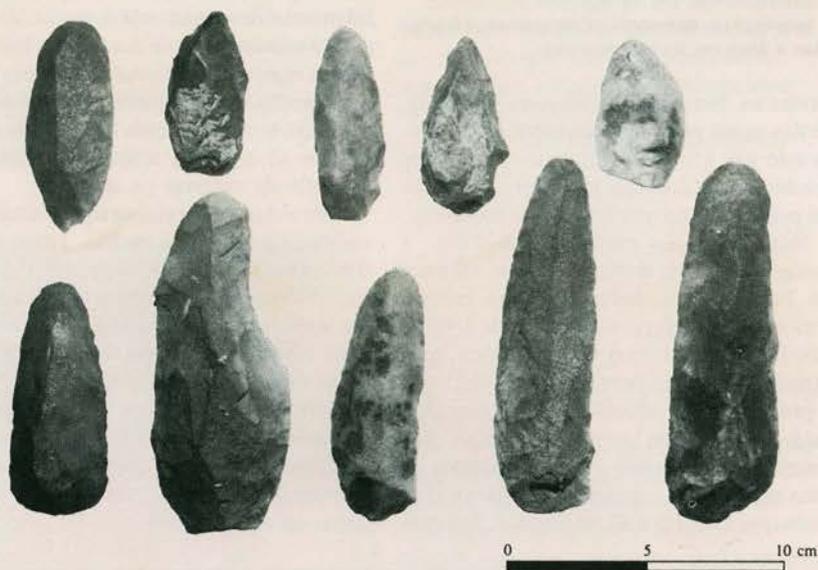
A maioria dos sítios pesquisados na Bahia situa-se ao longo dos afluentes do rio Corrente.

bém pontos hoje quase inatingíveis. As mais antigas são figuras geométricas ou estilizadas, raramente realistas, em ricas combinações de colorido preto, vermelho, laranja e às vezes branco. Essa forma de pintar — chamada variedade Januária/Montalvânia, da tradição São Francisco — ocorre com grande esplendor e boa conservação no norte de Minas Gerais, donde o seu nome. Por cima dessas pinturas policromas, populações mais recentes produziram um terrível emaranhado de rabiscos finos, aparentemente em carvão vegetal. No meio desses grafitos desordenados às vezes encontram-se curiosas composições de diminutas figuras humanas. Este tipo de grafito também se expande até o norte de Minas Gerais, em grutas que apresentam a mesma cerâmica e abrigaram populações que usavam o mesmo cultivo.



Acima, pinturas rupestres da tradição Nordeste, em pigmento mineral, encontradas em abrigos e grutas calcárias perto do rio Correntina. Ao lado, artefatos em pedra lascada, da tradição Itaparica, com 8.500-11.000 anos.

foto cedida pelo autor

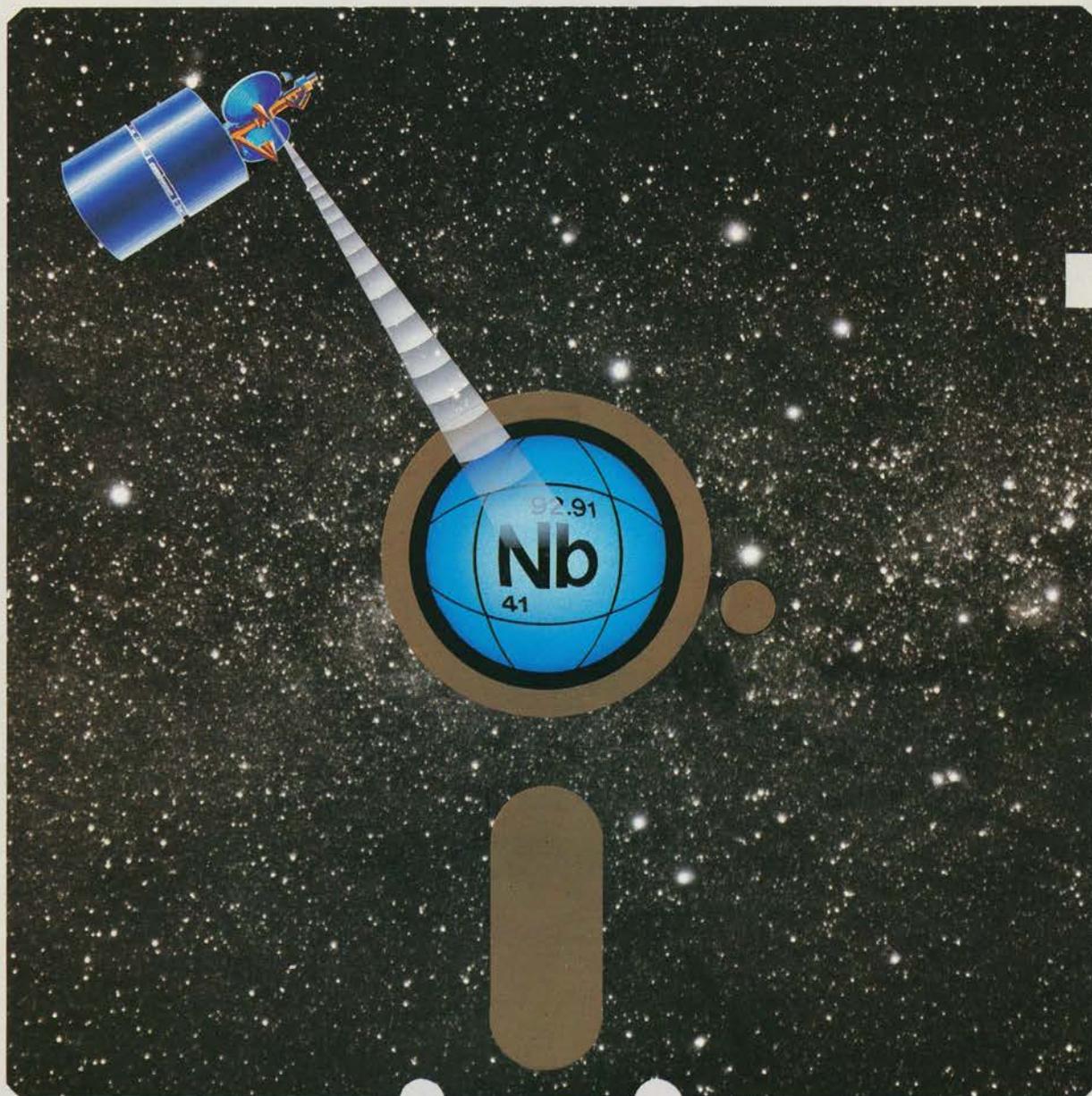


O sítio mais importante do projeto é um abrigo com a superfície parte plana, parte acidentada, junto à boca de um *canyon* estreito, de vários quilômetros de extensão, dentro do qual corre um rio subterrâneo bastante volumoso. Entre as suas paredes, de afastamento não superior a 50 m, a mata seca, muito alta, contrasta com a vegetação espinhenta dos terrenos circundantes. No sítio, de fácil acesso, encontramos abundantíssimas pinturas, restos de plantas cultivadas e cerâmica abandonada pelas populações de tradição Una. Na primeira sondagem das camadas não muito profundas obtivemos uma data de quase 7000 a.C. Esse achado nos levou a um novo corte es-

tratigráfico no ano seguinte (1982), quando foi grande a surpresa: em duas camadas de cinza cheias de moluscos conseguimos datações de 24650 ± 570 a.C. Nossa estimativa havia sido de 12000 a.C., pois estávamos claramente no Pleistoceno, de acordo com as camadas geológicas. Como a medição na Smithsonian Institution se fizera sobre moluscos — o que poderia ter produzido uma data excessivamente alta —, fizemos um novo corte, maior, que proporcionou três amostras de carvão. Desta vez a estimativa foi de cerca de 13000 a.C. A resposta do laboratório, logo a seguir, não nos surpreendeu: 14050 ± 290 ; 16620 ± 130 ; 19140 ± 420 a.C.

Isso significa que já temos comprovada essa idade para a ocupação do abrigo? Não. Primeiro temos que provar que as camadas de cinza e os restos de carvão não podem ser de incêndios fortuitos e espontâneos, muito frequentes na caatinga por cima de rochas expostas. Se encontrarmos artefatos humanos inequívocos, claramente associados às cinzas, que não tenham rolado ou sido transportados para dentro dessas camadas mais antigas, teremos maior probabilidade de chegar à certeza. Na verdade, o que existe são umas poucas lascas muito simples, parecendo produto humano, em meio a milhares de pequenos fragmentos e tabletinhas caídos do teto, e algumas cascas de caramujos, quebrados à semelhança das que o homem abriu para comer o conteúdo. Nenhum osso humano. É realmente pouco. Talvez fazendo uma escavação ampla nesse abrigo intacto encontremos as evidências necessárias. Mesmo supondo que consigamos uma série de testemunhos consistentes para essas datas, sempre estaremos pisando em terreno movediço. É que essas datas já são maiores do que as do esquema cuidadosamente elaborado para o povoamento das diversas partes do continente americano e que, para a nossa área, não superam os 12 mil anos.

Pedro Ignácio Schmitz
Instituto Anchieta de Pesquisas,
Programa Arqueológico de Goiás



O Centro de Informação Técnica do Nióbio - CITEN - coloca à disposição da comunidade o conhecimento disponível sobre a ciência e a tecnologia do nióbio.

- Seus meios :
- Disseminação seletiva da informação
 - Biblioteca dedicada à ciência e tecnologia do nióbio
 - Acesso "on-line" a bases de dados nacionais e internacionais



COMPANHIA BRASILEIRA DE METALURGIA E MINERAÇÃO

Sede:
Córrego da Mata, s/nº
Caixa Postal, 8
38180 - Araxá - MG.
Fone: (034) 661.5544
Telex: (341) 204 CBMM BR

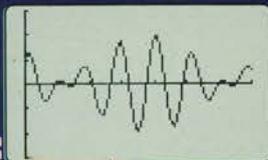
Escritórios:
Av. Presid. Juscelino Kubitschek, 1703
Caixa Postal, 19140
04543 - São Paulo - SP.
Fone: (011) 814.0022
Telex: (11) 83683 CBMM BR

Rua Guajajaras, 40 6º andar sl. 4
30180 - Belo Horizonte - MG.
Fone: (031) 226.2811 e 226.2120
Telex: (39) 1896 CBMM BR

No exterior
Düsseldorf - Alemanha
Pittsburgh - EUA
Tóquio - Japão

GÊNIO CIENTÍFICO. PRECISÃO EM GRÁFICOS.

Programa de 4.006 passos e 82 funções científicas embutidas.



Análise ondulatória

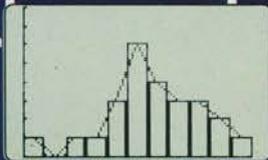
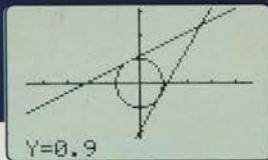
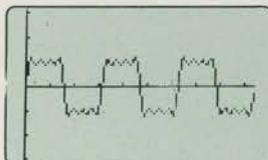


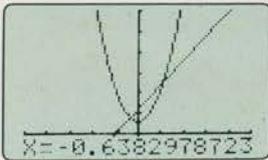
Gráfico estatístico



Pontos de tangência
 $Y=0.9$



Onda composta



Ponto de interseção
 $X=-0.6382978723$

A nova FX-7500G proporciona fortes recursos gráficos - traçado de curvas, rastreamento, plotagem, traçado de linhas, ampliação e redução, composição de gráficos estatísticos e gravação.

- para a representação dos dados e fórmulas científicas que você tem na cabeça. São 82 funções científicas que lhe emprestam ampla capacidade de resolver problemas ao toque de uma só tecla.

Uma programação de alta potência em 4.006 passos significa versatilidade máxima, podendo-se até incluir gráficos nos programas para acelerar a compreensão em dezenas de especialidades científicas. Outras calculadoras da Casio também estão dotadas de potente estrutura para resolver problemas difíceis instantaneamente.



FX-7500G



FX-61F

PROJETO ESPECIAL PARA CÁLCULOS ELETROELETRÔNICOS

- 27 fórmulas eletroeletrônicas embutidas
- 74 funções científicas
- Visor grande para mantissa de 10 dígitos mais expoente de 2 dígitos.



FX-5000F

128 FÓRMULAS CIENTÍFICAS

- 128 fórmulas científicas embutidas
- 92 funções científicas
- Memória de fórmulas capaz de armazenar até 12 fórmulas de seu uso particular
- Visor grande com 2 linhas para leitura num relance.



FX-795P

COMPUTADOR DE BOLSO
Sua biblioteca de consulta rápida para problemas de matemática.

- Operações com matrizes
- Cálculos com números complexos
- Soluções numéricas de equações
- Integração numérica
- Cálculos binários/decimais/hexadecimais
- Ampla memória de 16 Kbytes